COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS,

AVEC LE CONCOURS
DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE.



TOME DEUX-CENT-TRENTE-QUATRIÈME.

JANVIER — JUIN 1952.



PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,
Quai des Grands-Augustins, 55.

1952

ÉTAT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

AU 1er JANVIER 1932

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

Section Ire. — *Géométrie*.

MM.

HADAMARD (*Jacques*-Salomon), G. O. ✻.
BOREL (Félix-Edouard-Justin-*Émile*), G. C. ✻, ♅, Ɪ.
JULIA (*Gaston*-Maurice), G. O. ✻, ♅.
MONTEL (*Paul*-Antoine), C. ✻.
DENJOY (*Arnaud*), O. ✻.
....

Section II. — *Mécanique*.

VILLAT (*Henri*-René-Pierre), O. ✻.
CAQUOT (*Albert*-Irénée), G. C. ✻, ♅.
PÉRÈS (*Joseph*-Jean-Camille), O. ✻.
VESSIOT (*Ernest*-Paulin-Joseph), C. ✻.
BEGHIN (*Henri*), C. ✻.
ROY (Paul-Mary-Ferdinand-*Maurice*), O. ✻.

Section III. — *Astronomie*.

ESCLANGON (*Ernest*-Benjamin), C. ✻.
MAURAIN (*Charles*), G. O. ✻.
FAYET (*Gaston*-Jules), O. ✻.
CHAZY (*Jean*-François), O. ✻, ♅.
LYOT (*Bernard*-Ferdinand), O. ✻.
DANJON (*André*-Louis), O. ✻, ♅.

Section IV. — *Géographie et Navigation*.

TILHO (*Jean*-Auguste-Marie), G. O. ✻, ♅.
DURAND-VIEL (*Georges*-Edmond-Just), G. C. ✻, ♁, ♅.
BARRILLON (*Émile-Georges*), C. ✻.
MARTONNE (*Emmanuel*-Louis-Eugène DE), O. ✻.
COT (*Donatien*), C. ✻.
POIVILLIERS (*Georges*-Jean), O. ✻, ♅.

SECTION V. — *Physique générale.*

MM.
JOLIOT (*Frédéric*), C. ✻.
BECQUEREL (*Jean*-Antoine-Edmond-Marie), C. ✻.
CABANNES (*Jean*), O. ✻, ✠.
RIBAUD (*Gustave*-Marcel), O. ✻, ✠.
LEPRINCE-RINGUET (*Louis*-Marie-Edmond), ✻.
DARMOIS (Émile-*Eugène*), O. ✻, ✠.

SCIENCES PHYSIQUES.

SECTION VI. — *Chimie.*

BERTRAND (*Gabriel*-Émile), G. O. ✻.
DELÉPINE (Stéphane-*Marcel*), C. ✻.
LEBEAU (*Paul*-Marie-Alfred), C. ✻.
JOLIBOIS (Médard-*Pierre*), C. ✻, ✠.
PASCAL (*Paul*-Victor-Henri), O. ✻.
DUFRAISSE (*Charles*-Robert), O. ✻.

SECTION VII. — *Minéralogie.*

JACOB (*Charles*-François-Étienne), O. ✻, ✠.
MAUGUIN (*Charles*-Victor), O. ✻.
GRANDJEAN (*François*-Alfred), O. ✻.
MARGERIE (*Emmanuel*-Marie-Pierre-Martin JACQUIN DE), O. ✻.
MICHEL-LÉVY (*Albert*-Victor), C. ✻, ✠.
FALLOT (*Paul*), ✻.

SECTION VIII. — *Botanique.*

BLARINGHEM (*Louis*-Florimond), C. ✻.
CHEVALIER (*Auguste*-Jean-Baptiste), C. ✻.
SOUÈGES (Étienne-Charles-*René*), ✻.
HEIM (*Roger*-Jean), ✻, ✠.
COMBES (*Raoul*-Pierre-Émile), O. ✻.
HUMBERT (Jean-*Henri*), O. ✻, ✠.

SECTION IX. — *Économie rurale.*

LECLAINCHE (Auguste-Louis-*Emmanuel*), G. O. ✻.
LAPICQUE (*Louis*-Édouard), C. ✻, ✠.

MM.
JAVILLIER (Jean-*Maurice*), C. ✻, ✠.
DEMOLON (*Albert*-Omer), O. ✻.
MAYER (*André*), C. ✻.
....

SECTION X. — *Anatomie et Zoologie.*

CAULLERY (*Maurice*-Jules-Gaston-Corneille), C. ✻.
PÉREZ (*Charles*), C. ✻.
ROUBAUD (*Émile*-Charles-Camille), C. ✻.
WINTREBERT (*Paul*-Marie-Joseph), ✻.
FAGE (Baptiste-*Louis*), O. ✻.
GRASSÉ (*Pierre*-Paul), ✻.

SECTION XI. — *Médecine et Chirurgie.*

PORTIER (*Paul*), C. ✻.
BINET (*Léon*-René), G. O. ✻, ✠.
LAUBRY (*Charles*), G. O. ✻.
LERICHE (*René*), C. ✻, ✠.
GUILLAIN (*Georges*-Charles), C. ✻.
....

SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

BROGLIE (*Louis*-Victor-Pierre-Raymond, prince DE), C. ✻, pour les Sciences mathématiques.
COURRIER (Marie-Jules-Constant-*Robert*), O. ✻, ✠, pour les Sciences physiques.

ACADÉMICIENS LIBRES.

BROGLIE (Louis-César-Victor-*Maurice*, duc DE), C. ✻.
GRAMONT (*Armand*-Antoine-Auguste-Agénor, duc DE), C. ✻.
GUTTON (Antoine-Marie-*Camille*), C. ✻.
DUCLAUX (*Jacques*-Eugène), O. ✻, ✠.
JOLLY (*Justin*-Marie-Jules), O. ✻.
PÉRARD (*Albert*-Gustave-Léon), C. ✻, ✠.
RAMON (*Gaston*-Léon), G. O. ✻.
HACKSPILL (*Louis*-Jean-Henri), O. ✻, ✠.
TRÉFOUËL (*Jacques*-Gustave-Marie), O. ✻.
LACASSAGNE (*Antoine*-Marcellin-Bernard), O. ✻.

MEMBRES NON RÉSIDANTS.

MM.
CAMICHEL (*Charles*-Moïse), O. ❋, au Cap Dorat, par Lavaur (Tarn).
PICART (Théophile-*Luc*), O. ❋, à Floirac (Gironde).
SERGENT (Étienne-Louis-Marie-*Edmond*), C. ❋, ✠, à Alger.
BOUIN (André-*Pol*), O. ❋, à Vendresse (Ardennes).
HAAG (*Jules*), O. ❋, à Besançon.
GIGNOUX (*Maurice*-Irénée-Marie), O. ❋, à Grenoble.
LEJAY (*Pierre*), ❋, ✠, à Zi-Ka-Wei (Chine).
BATAILLON (Jean-*Eugène*), O. ❋, à Montpellier.
DEVAUX (*Henri*-Edgard), O. ❋, à Bordeaux.
TEILHARD DE CHARDIN (*Pierre*-Marie-Joseph), O. ❋, ✠, ✠.
DUPOUY (*Gaston*-Léopold), ❋, à Toulouse.
GUYÉNOT (*Émile*-Louis-Charles), ❋, à Genève (Suisse).

APPLICATIONS DE LA SCIENCE A L'INDUSTRIE.

ESNAULT-PELTERIE (*Robert*-Albert-Charles), O. ❋, à Genève (Suisse).
PORTEVIN (*Albert*-Marcel-Germain-René), C. ❋, à Paris.
CHEVENARD (*Pierre*-Antoine-Jean-Sylvestre), O. ❋, à Paris.
BARTHÉLEMY (*René*), O. ❋, à Fontenay-aux-Roses (Seine).
DARRIEUS (*Georges*-Jean-Marie-Eugène), O. ❋, ✠, à Houilles (Seine-et-Oise).
PARODI (*Hippolyte*), O. ❋, ✠, à Paris.

ASSOCIÉS ÉTRANGERS.

BORDET (*Jules*-Jean-Baptiste-Vincent), G. C. ❋, à Bruxelles.
WINOGRADSKY (*Serge*), à Brie-Comte-Robert (Seine-et-Marne).
EINSTEIN (*Albert*), à Princeton (New-Jersey).
LA VALLÉE POUSSIN (*Charles*-Jean-Gustave-Nicolas DE), C. ❋, à Uccle-Bruxelles.
LUGEON (*Maurice*), G. O. ❋, à Lausanne (Suisse).
BOHR (*Niels* Henrik David), O. ❋, à Copenhague.
SHERRINGTON (Sir *Charles* Scott), à Cambridge (Angleterre).
ADAMS (*Walter Sydney*), à Pasadena (Californie).
HAAS (*Wander Johannes* DE), O. ❋, à Leyde (Pays-Bas).
RUSSELL (Sir Edward *John*), à Woodstock, Oxon (Angleterre).
BLAKESLEE (*Albert Francis*), à Northampton (Massachusetts).
RAMAN (Sir *Chandrasekhara Venkata*), à Bangalore (Indes).

CORRESPONDANTS.

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

Section Ire. — *Géométrie* (10).

DICKSON (*Leonard Eugene*), à Joliet (Illinois).
NÖRLUND (*Niels Erik*), C. ✠, à Copenhague.
BERNSTEIN (*Serge*), à Moscou.
CASTELNUOVO (*Guido*), à Rome.
DULAC (*Henri*-Claudius-Rosario), ✠, à Lyon.
VINOGRADOV (*Ivan* Matveevich), à Moscou.
WEYL (*Hermann*), à Zurich.
POLYA (*George*), à Palo Alto (Californie).
SIERPINSKI (*Waclaw*), O. ✠, à Varsovie.
RIESZ (*Frederic*), à Budapest.

Section II. — *Mécanique* (10).

ROY (*Louis*-Maurice), ✠, à Toulouse.
THIRY (*René*-Paul-Eugène), O. ✠, à Malakoff (Seine).
RIABOUCHINSKY (*Dimitri* Pavlovitch), à Paris.
THULOUP (Emile-Adrien-*Albert*), C. ✠, à Grasse (Alpes-Maritimes).
BOULIGAND (*Georges*-Louis), ✠, à Paris.
TIMOSHENKO (*Stephen*), à Palo Alto (Californie).
LERAY (*Jean*), ✠, à Sceaux (Seine).
KÁRMÁN (*Théodore* DE), O. ✠, à Pasadena (Californie).
TAYLOR (Sir *Geoffrey Ingram*), à Cambridge (Angleterre).
COLONNETTI (*Gustavo*), O. ✠, à Rome.

Section III. — *Astronomie* (10 + 1).

BOSLER (*Jean*), ✠, à Marseille.
HERTZSPRUNG (*Ejnar*), à Leyde (Pays-Bas).
RUSSELL (*Henry Norris*), à Princeton (New Jersey).
JONES (Sir Harold *Spencer*), à Herstmonceux Castle (Angleterre).
SHAPLEY (*Harlow*), à Cambridge (Massachusetts).
DELPORTE (*Eugène*-Joseph), à Uccle-Bruxelles.
STØRMER (Fredrik *Carl* Mülertz), à Vestre Aker (Norvège).

MM.
STRATTON (*Frederick* John Marrian), ✻, à Cambridge (Angleterre).
DAUVILLIER (*Alexandre*-Henri-Georges), à Bagnères (Hautes-Pyrénées).
HUBBLE (*Edwin* Powell), à Mount Wilson (Californie).
LINDBLAD (*Bertil*), à Stockholm.

SECTION IV. — *Géographie et Navigation* (10).

HEDIN (*Sven* Anders), à Stockholm.
VENING MEINESZ (*Felix Andries*), à Amersfoort (Pays-Bas).
POISSON (Victor-Marie-Augustin-*Charles*), ✻, 𝕀, à Tananarive.
KOCH (*Lauge*), O. ✻, à Copenhague.
ROUCH (*Jules*-Alfred-Pierre), O. ✻, 𝕀, à Monaco.
MONOD (*André*-Théodore), à Dakar.
HAVELOCK (*Thomas Henry*), à Newcastle on Tyne (Angleterre).
LAMBERT (*Walter Davis*), à Canaan (Connecticut).
PÉLISSIER (*Léon*-Alexandre-Melchior), O. ✻, à Sanary-sur-Mer (Var).
BAULIG (*Henri*), ✻, à Strasbourg.

SECTION V. — *Physique générale* (10).

MILLIKAN (*Robert Andrews*), ✻, à Pasadena (Californie).
TOWNSEND (*John* Sealy), ✻, à Oxford (Angleterre).
HULUBEI (*Horia*), O. ✻, à Bucarest.
REBOUL (*Georges*-Scipion-Antoine), O. ✻, 𝕀, à Montpellier.
FORTRAT (*René*-Lucien), ✻, à Grenoble.
HENRIOT (*Émile*-Jean-Charles), ✻, 𝕀, à Boitsfort (Belgique).
BLACKETT (*Patrick* Maynard Stuart), à Manchester (Angleterre).
KRAMERS (*Hendrik Anthony*), O. ✻, à Oegstgeest (Pays-Bas).
MALLEMANN (*René*-Jean-Gérard-Henri DE), ✻, à Nancy.
ANDRADE (Edward Neville *da Costa*), ✻, à Londres.

SCIENCES PHYSIQUES.

SECTION VI. — *Chimie* (10).

WALDEN (*Paul*), à Gammertingen (Allemagne).
HOLLEMAN (*Arnold Frederik*), ✻, à Bloemendaal (Pays-Bas).
LOCQUIN (Émile-*René*), ✻, à Lyon.
COURTOT (*Charles*-Hippolyte), ✻, à Nancy.
ROBINSON (Sir *Robert*), à Oxford (Angleterre).

MM.
KARRER (*Paul*), à Zurich.
BRINER (*Émile*), ✵, à Genève.
EULER-CHELPIN (*Hans* Karl August Simon VON), à Stockholm.
DESCH (*Cecil Henry*), à Londres.
CORNUBERT (*Raymond*-Alexandre-Louis), O. ✵, à Nancy.

SECTION VII. — *Minéralogie* (10).

BIGOT (*Alexandre*-Pierre-Désiré), C. ✵, à Mathieu (Calvados).
FOURMARIER (*Paul* Frédéric Joseph), ✵, à Liége (Belgique).
BRAGG (Sir *William Lawrence*), à Cambridge (Angleterre).
NIGGLI (*Paul*), à Zurich (Suisse).
DALY (*Reginald Aldworth*), à Cambridge (Massachusetts).
DELÉPINE (*Gaston*-Georges), à Lille.
PRUVOST (*Pierre*-Eugène-Marie-Joseph), O. ✵, à Paris.
PAULING (*Linus* Carl), à Pasadena (Californie).
BESAIRIE (*Henri*-Michel-Édouard), ✵, à Tananarive (Madagascar).
MORET (*Léon*-Marie-Louis), ✵, ✵, à Grenoble.

SECTION VIII. — *Botanique* (10).

PERRIER DE LA BÂTHIE (Marie-Joseph-*Henri*-Alfred), ✵, à Saint-Pierre-d'Albigny (Savoie).
NICOLAS (Léon-Marie-Joseph-*Gustave*), ✵, à Toulouse.
MERRILL (*Elmer Drew*), à Jamaica Plain (Massachusetts).
BOULY DE LESDAIN (*Maurice*-Léopold-Joseph), à Paris.
BECQUEREL (*Paul*), ✵, à Neuilly (Seine).
LITARDIÈRE (*René*-Jean-Alexandre VERRIET DE), ✵, à Grenoble.
GÄUMANN (*Ernst*), à Zurich.
DANGEARD (*Pierre*-Jean-Louis), ✵, ✵, à Bordeaux.
EMBERGER (*Louis*-Marie), ✵, à Montpellier.
MELIN (Johannes Botvid *Elias*), à Upsal (Suède).

SECTION IX. — *Économie rurale* (10).

MARCHAL (*Émile* Jules Joseph), à Bruxelles.
TSCHERMAK VON SEYSENEGG (*Erich*), à Vienne (Autriche).
WAKSMAN (*Selman* Abraham), à New Brunswick (New-Jersey).
GUINIER (Marie-Joseph-Jean-Baptiste-*Philibert*), C. ✵, à Paris.
HITIER (*Henri*-Joseph-Robert), C. ✵, à Revelles (Somme).
WALLACE (*Thomas*), à Bristol (Angleterre).

MM.
DONATIEN (*André*-Louis), ✻, ♕, à Alger.
PALLMANN (*Hans* Adolf), à Zollikon (Suisse).
FLUCKIGER (*Gottlieb*), à Berne (Suisse).
JORET (François-Louis-*Georges*-Jules), O. ✻, à Amiens.

SECTION X. — *Anatomie et Zoologie* (10).

PEYERIMHOFF DE FONTENELLE (Marie-*Paul* DE), O. ✻, à Paris.
ANCEL (*Paul*-Albert), ✻, à Paris.
BEAUCHAMP (Charles-Alfred-*Paul* MARAIS DE), ♕, à Paris.
POLICARD (*Albert*), O. ✻, ♕, à Paris.
HARRISON (*Ross Granville*), à New Haven (Connecticut).
KEILIN (*David*), à Cambridge (Angleterre).
MORTENSEN (*Theodor* Ole Jensen), à Copenhague.
HUXLEY (*Julian* Sorell), à Londres.
DAWIDOFF (*Constantin*), à Sceaux (Seine).
VANDEL (*Albert*-Pôl-Marie), ✻, à Toulouse.

SECTION XI. — *Médecine et Chirurgie* (10).

LUMIÈRE (*Auguste*-Marie-Louis-Nicolas), G. O. ✻, à Lyon.
HOLMGREN (*Israël*), C. ✻, à Stockholm.
REMLINGER (*Paul*-Ambroise), C. ✻, à Tanger (Maroc).
FLEMING (Sir *Alexander*), C. ✻, à Londres.
BÉRARD (*Léon*-Eugène), C. ✻, à Lyon.
GALLAVARDIN (*Louis*-Bénédict), ✻, à Lyon.
ADRIAN (*Edgar Douglas*), ✻, à Cambridge (Angleterre).
HOUSSAY (*Bernard* Albert), O. ✻, à Buenos-Aires.
HEYMANS (*Corneille* Jean François), à Gand (Belgique).
MOURIQUAND (*Georges*-Émile-Jean-Achille-Paul), O. ✻, à Lyon.

SECTION XII. — *Divisions des Académiciens libres et des Applications de la science à l'industrie* (6).

SIEGBAHN (Karl *Manne* Georg), C. ✻, à Stockholm.
WESTGREN (*Arne* Fredrik), à Stockholm.
DELAHU (*Marcel* Jacques Joseph), C. ✻, à Visé (Belgique).
LANGMUIR (*Irving*), à Schenectady (New-York).
. . . .
. . . .



COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 2 JANVIER 1952.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER, PUIS DE M. ALBERT CAQUOT.

M. **MAURICE JAVILLIER**, Président, fait connaître à l'Académie l'état où se trouve l'impression des Recueils qu'elle publie et les changements survenus parmi les Membres, les Associés étrangers et les Correspondants pendant le cours de l'année 1951.

État de l'impression des Recueils de l'Académie au 1er janvier 1952.

Comptes rendus des séances de l'Académie. — Les fascicules de l'année 1951 ont paru chaque semaine régulièrement.

Les Tables des tomes 226, 227 et 228 (1er et 2e semestres de l'année 1948 et 1er semestre de l'année 1949) sont parues et ces volumes ont été mis en distribution. Les Tables des tomes 229 à 233 sont en préparation.

Le volume des Tables générales pour la période 1895-1910, *Matières*, est en préparation.

Notices et discours. — Le tome 3 est en préparation.

Procès-verbaux des séances de l'Académie des Sciences, tenues depuis la fondation de l'Institut jusqu'au mois d'août 1835.

Un volume de Tables générales est en voie d'achèvement.

Annuaire de l'Académie. — L'Annuaire pour 1952 a paru; il est mis en distribution au cours de la présente séance.

Index biographique des Membres et Correspondants de l'Académie des Sciences. — Une nouvelle édition est en préparation.

Membres décédés depuis le 1er janvier 1951.

Section de Géométrie. — M. **Élie Cartan**, le 6 mai, à Paris.

Section de Physique générale. — M. **Aimé Cotton**, le 15 avril, à Sèvres, Seine-et-Oise.

Section de Botanique. — M. **Joseph Magrou**, le 10 février, à Paris.

Section d'Économie rurale. — M. **Émile Schribaux**, le 29 octobre, à Paris.

Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Henri Hartmann**, le 1er janvier 1952, à Paris.

Membres non résidants. — M. **Lucien Cuénot**, le 7 janvier, à Nancy.

Membres élus depuis le 1er janvier 1951.

Section de Phyique générale. — M. **Eugène Darmois**, le 26 novembre, en remplacement de M. **Aimé Cotton**, décédé.

Section de Botanique. — M. **Hénri Humbert**, le 3 décembre, en remplacement de M. **Joseph Magrou**, décédé.

Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Georges Guillain**, le 2 mai, en remplacement de M. **Hyacinthe Vincent**, décédé.

Membres non résidants. — M. **Émile Guyénot**, le 18 juin, en remplacement de M. **Lucien Cuénot**, décédé.

Membres à remplacer.

Section de Géométrie. — M. **Élie Cartan**, mort à Paris, le 6 mai 1951.

Section d'Économie rurale. — M. **Émile Schribaux**, mort à Paris, le 29 octobre 1951.

Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Henri Hartmann**, mort à Paris, le 1er janvier 1952.

Correspondants décédés depuis le 1er janvier 1951.

Pour la Section de Géographie et Navigation — M. **Frédéric Marguet**, le 2 juin, à Villeneuve-Loubet, Alpes-Maritimes.

Pour la Section de Chimie. — M. **Georges Denigès**, le 20 février, à Bordeaux.

Correspondants élus depuis le 1er janvier 1951.

Pour la Section d'Économie rurale. — M. **Gottlieb Fluckiger**, à Berne, le 5 février, en remplacement de M. **Denis Brocq-Rousseu**, décédé.

M. **Georges Joret**, à Amiens, le 5 février, en remplacement de M. **Costantino Gorini**, décédé.

Pour la Section d'Anatomie et Zoologie. — M. **Albert Vandel**, à Toulouse, le 5 novembre, en remplacement de M. **Émile Guyénot**, élu membre non résidant.

Pour la Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Georges Mouriquand**, à Lyon, le 28 février, en remplacement de M. **Émile Jeanbrau**, décédé.

Pour les Divisions des Académiciens libres et des Applications de la science à l'industrie (1) — M. **Manne Siegbahn**, à Stockholm, le 30 avril, en remplacement de Sir **Chandrasekhara Venkata Raman**, élu Associé étranger.

M. **Arne Westgren**, à Stockholm, le 30 avril, en remplacement du R. P. **Pierre Teilhard de Chardin**, élu Membre non résidant.

M. **Marcel Dehalu**, à Visé, Belgique, le 7 mai, en remplacement de M. **Gaston Dupouy**, élu Membre non résidant.

M. **Irving Langmuir**, à Schenectady, New York, États-Unis, le 7 mai, en remplacement de M. **Georges Denigès**, décédé.

Correspondants à remplacer.

Pour les Divisions des Académiciens libres et des Applications de la science à l'industrie (1). — M. **Frédéric Marguet**, Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation, mort à Villeneuve-Loubet, Alpes-Maritimes, le 2 juin 1951.

M. **Maurice Javillier**, Président sortant, s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Parvenu au terme de ma mission, je ne saurais transmettre la fonction présidentielle sans exprimer d'abord mes chaleureux remerciements à nos éminents Secrétaires perpétuels, avec qui la collaboration fut toujours si parfaitement cordiale et confiante.

(1) Décision du 20 février 1950.

Mes remerciements vont aussi à M. P. Gauja et ses collaboratrices, auprès de qui j'ai trouvé le concours le plus avisé et empressé; à nos appariteurs et gardiens qui remplissent leurs charges avec ponctualité et conscience.

Grâce à cette atmosphère de concorde et de commune bonne volonté, la tâche du Président est bien facilitée. Mais, agréable quand il s'agit d'accueillir un nouveau Confrère ou de signaler quelque succès de l'un de nous, elle est chargée de responsabilité quand il y a lieu de s'exprimer en votre nom en une cérémonie publique, plus encore quand nous sommes appelés à examiner et résoudre certaines compétitions, dans le sentiment de ce qui est juste, de ce qui sert au mieux la Science et notre Compagnie. Elle est hélas! douloureuse quand il faut annoncer le décès de l'un des nôtres, pleine de périls au moment d'honorer sa mémoire comme il convient.

En toutes circonstances, je me suis senti soutenu par votre agissante sympathie et vous en remercie vivement. Son expression m'a été aussi fort sensible quand un sérieux incident de santé m'a éloigné de vous.

En cette place, l'on perçoit avec acuité quels perfectionnements nous pourrions apporter à notre Institution. Dénominations de nos Sections et Sciences à mettre en vedette; communications et attention qu'elles doivent solliciter, d'autres questions encore, ont été évoquées au cours de réunions de notre Bureau. L'avenir assurera les évolutions nécessaires.

A tous j'exprime pour 1952 mes vœux de santé et de succès, espérant qu'ils se réaliseront dans une atmosphère de paix. Cette paix du Monde, que le bon sens et la morale commandent plus que jamais, en vue de laquelle il serait possible aux hommes de bonne volonté de s'accorder sur des formules communes, nous devons tenter de la promouvoir d'un même cœur, avec une volonté tenace, guidés par un haut et pur idéal humain.

Je prie M. Albert Caquot de bien vouloir occuper le fauteuil du Président et M. Auguste Chevalier le fauteuil du Vice-Président (1). A tous les deux vont notre confiance et notre amitié.

En prenant la Présidence, M. **Albert Caquot** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Je tiens tout d'abord à vous adresser mes remerciements émus pour votre désignation qui témoigne de l'unanimité de votre amitié.

M. Maurice Javillier quitte ce poste après avoir dirigé nos séances avec une autorité à laquelle chacun de nous rend hommage. Je puis vous dire

(1) M. A. Chevalier éloigné de Paris ne pourra en fait occuper sa place qu'un peu plus tard.

que son dévouement total à notre Compagnie s'est manifesté en toute circonstance, quelles que soient ses fatigues et ses peines propres.

Comme maître de la Biochimie, il nous a donné, dans la séance annuelle des prix, le fruit de ses profondes réflexions sur la chimie de la vie. En votre nom je lui exprime, avec notre très sincère attachement, notre plus vive gratitude.

Permettez-moi aussi, à la suite de M. Maurice Javillier, après une année passée à votre Bureau, de transmettre votre témoignage de reconnaissance à vos dévoués Secrétaires perpétuels dont la tâche devient sans cesse plus lourde par le développement indéfini de chaque science.

En ce début de l'an 1952, je vous adresse mes vœux les plus cordiaux; ils vont à la réussite de vos recherches et à la prospérité de vos familles, malgré les difficultés primordiales devant lesquelles se trouve placé notre pays.

Vous venez de désigner comme Vice-Président M. Auguste Chevalier qui consacre toute son activité à nous faire mieux connaître les multiples plantes de nos régions d'outre-mer, en les étudiant sur place, même dans leur habitat de la forêt équatoriale. Je serai heureux de pouvoir disposer de sa coopération, particulièrement pour tout ce qui concerne l'Union française.

« *La Situation actuelle et notre Compagnie* ». — Au départ d'une nouvelle période, il convient de jeter le regard en avant, vers la route à suivre.

Notre président, l'an dernier, nous rappelait les buts qui nous sont assignés dès notre fondation : perfectionner les sciences par des recherches, par des publications, par la correspondance avec des savants de toute nation et cela en vue de l'utilité et de la gloire du pays.

L'action de notre Compagnie est d'autant plus efficace qu'elle dispose de moyens plus puissants. Il en est de même à chaque époque pour tout organe intellectuel, et l'épanouissement spirituel de chaque civilisation s'est basé sur une solide prospérité matérielle. Il en fut ainsi dans les périodes de grand développement artistique, littéraire et philosophique à Thèbes, Athènes ou Rome.

Après l'effroyable misère qui fut la conséquence des guerres de religion, les sages administrations de Henri IV et de Sully, puis de Richelieu, entraînèrent la grande stabilité économique des XVIIe et XVIIIe siècles dans notre pays.

Et grâce à celle-ci, savants, écrivains et artistes élevèrent à un haut degré la renommée de la France. Elle fut, pendant cette période, la nation dirigeante dans le domaine spirituel mondial.

Aujourd'hui, notre situation est à nouveau comparable à celle que nous venons de rappeler pour la fin du XVIe siècle, les conséquences directes et

indirectes de deux guerres mondiales ayant de même imposé un niveau de vie très dangereusement bas pour toutes les classes de la nation. L'appauvrissement se poursuit encore et à une allure accélérée.

Cependant, nous disposons d'un potentiel de richesses exceptionnellement favorable.

Nos terres arables fertiles représentent, dans la Métropole, deux fois et demie plus de surface par habitant que celles dont disposent les nations voisines de même importance.

Notre capital géologique de charbon est faible, mais notre revenu disponible annuellement en énergie hydraulique permet la compensation de cette insuffisance, et nous pouvons, en une courte période, établir à sa valeur nécessaire au relèvement, cette énergie fondamentale.

L'Union française couvre sensiblement le dixième des terres émergées, et notre Compagnie est le haut organisme scientifique vers lequel se tournent, dans les cinq continents, les 100 millions d'habitants de cette Union.

Matière et Énergie s'y trouvent avec un volume qui dépasse largement, dans leur ensemble, nos besoins accrus.

Animant ainsi une superficie du monde habité qui se place entre celle des États-Unis d'Amérique et celle de l'U. R. S. S., notre propre civilisation doit retrouver normalement, dans un proche avenir, sa puissance autonome équilibrée sur une valeur plus que triplée.

Nos savants et nos ingénieurs, il y a une cinquantaine d'années, avaient l'initiative de mettre au point les industries, devenues ensuite mondiales, de l'automobile et de l'aviation et faisaient connaître la radioactivité.

A l'heure présente, notre nation a, dans son propre sein, tous les éléments nécessaires à la mise en valeur de notre Union par des efforts autonomes.

Ainsi serait établie à nouveau la fondation matérielle de notre rayonnement spirituel dans le monde, aussi bien pour les Lettres et les Arts que pour la Science.

Il est nécessaire pour cela que l'anémie d'aujourd'hui qui menace si gravement l'économie de notre métropole soit promptement guérie.

Or, pour résoudre un problème, il faut tout d'abord qu'il soit correctement posé.

Ceux d'entre nous, et ils sont nombreux, qui ont vécu dans l'action, les yeux constamment fixés vers le résultat à obtenir, pour le seul bien général, savent la totale puissance de la science pure quand il est fait appel à ses résultats, même les plus fins, en les appliquant strictement et rigoureusement dans le domaine qui leur est propre.

Mais les problèmes de base de l'économie actuelle ne sont pas définis puisqu'ils sont imprécis au point qu'aucune mesure correcte ne peut être appliquée.

Les éléments comptables donnent l'illusion d'une précision extraordinaire puisqu'ils se totalisent fréquemment par dix chiffres significatifs, mais le nombre ainsi formé n'a cependant aucune signification, l'unité n'étant pas fixée.

La France a donné au monde, il y a plus de 150 ans, le système métrique, d'une conception toute cartésienne et, à notre époque, elle accepte de vivre dans un mauvais rêve en donnant un nom à une monnaie sans définition.

C'est de ce songe qu'il convient de l'éveiller par une étude précise et purement objective, afin que cesse le désordre des esprits et des faits.

Considérons, à titre de simple exemple, l'évolution des moyens de notre Compagnie. Protégée par la loi, comme organisme d'utilité publique, elle a l'obligation de confier la gestion de son patrimoine à l'État, mais dans le rêve actuel l'État absorbe son bien.

Les jeunes savants que nous distinguons ne bénéficient plus du centième de l'utilisation formelle des fondations dont des âmes nobles et généreuses nous ont fait don depuis un siècle et demi, fondations qui avaient développé le renom de la Science française dans le monde.

Cependant, l'Institut de France, et spécialement l'Académie des Sciences, peuvent précisément dans cette époque périlleuse, jouer encore un autre rôle essentiel, en effectuant l'étude purement objective qui mettra fin au rêve destructeur.

Toute étude expérimentale ou théorique définit un bilan, en circuit fermé s'il est équilibré, ou avec un certain gain ou avec un certain déficit s'il est ouvert.

Dans les phénomènes à l'échelle de la nation interviennent à la fois des causes systématiques et des causes accidentelles, justiciables du calcul des probabilités avec sa stricte discipline, comme dans la Physique moderne.

Ainsi seront définis les moyens de redressement rapide dont la vue d'ensemble du potentiel nous a montré l'existence certaine.

Dans la dernière et si émouvante notice que notre confrère Henri Villat consacrait à la mémoire de Jules Drach, il rappelait le rôle efficace joué par lui, comme par la plupart des membres de notre Compagnie, dans les conflits mondiaux.

Nous souhaitons tous que notre Compagnie soit surtout saisie, en temps de paix, par les pouvoirs publics « pour l'utilité et la gloire de la France ».

Il y a quelques jours, notre Secrétaire perpétuel Louis de Broglie, en retraçant la vie exemplaire de ce physicien de génie que fut Lorentz, rappelait que son gouvernement n'avait pas hésité à lui confier une tâche difficile, tout à fait en dehors de ses travaux habituels : celle de déterminer les modifications à envisager pour l'onde marée quand la digue du Zuyderzee serait construite.

Le travail fut exécuté d'après les prévisions de ses calculs, sa réussite

permet aujourd'hui à l'Économie hollandaise de se maintenir en un équilibre autonome malgré la densité de sa population.

Actuellement, le Gouvernement et le Parlement nous seront certainement reconnaissants du concours totalement désintéressé de notre Compagnie, s'exerçant dans le cadre de son activité fixée à la fondation de l'Institut de France.

Puisse le programme efficace du relèvement définitif prendre comme pivots le beau, le juste et le bon, comme dans la République de Platon.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Robert Brode**, Professeur à l'Université de Californie, Membre de l'Académie Nationale des États-Unis, qui assiste à la séance.

M. le **Président** annonce qu'il vient d'apprendre le décès de M. **Henri Hartmann**, survenu à Paris, le 1er janvier 1952.

L'allocution nécrologique d'usage sera lue en la prochaine séance.

Après le dépouillement de la Correspondance, la séance sera levée en signe de deuil.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur le tenseur énergie-impulsion dans la théorie du champ soustractif.* Note de M. **Louis de Broglie**.

Reprenant le schéma lagrangien de la théorie du champ soustractif qu'il avait précédemment étudié, l'auteur propose une nouvelle forme du tenseur énergie-impulsion, qui lui paraît préférable à celle qu'il avait précédemment envisagée.

Dans une Note antérieure ([1]), nous avons envisagé un schéma lagrangien de la théorie du champ soustractif correspondant à la fusion de deux champs de constantes de masses k_1 et k_2. Partant de la forme suivante du Lagrangien

$$\mathcal{L} = \frac{1}{4}\,\frac{1}{k_1^2+k_2^2}\,F_\gamma^{\alpha\beta}F_\gamma^{\alpha\beta} + \frac{1}{4}F^{\alpha\beta}F^{\alpha\beta} + \frac{k_1^2 k_2^2}{k_1^2+k_2^2}A^\alpha A^\alpha, \tag{1}$$

nous avons été conduit aux équations fondamentales entre les champs $F^{\alpha\beta}$ et les potentiels A^α

$$F^{\alpha\beta} = A_\beta^\alpha - A_\alpha^\beta; \qquad A_\alpha^\alpha = 0; \qquad F_\gamma^{\alpha\beta} + F_\alpha^{\beta\gamma} + F_\beta^{\gamma\alpha} = 0 \tag{2}$$

et

$$\frac{1}{k_1^2+k_2^2}\,F_{\beta\gamma^2}^{\alpha\beta} - F_\beta^{\alpha\beta} + \frac{k_1^2 k_2^2}{k_1^2+k_2^2}A^\alpha = \frac{k_2^2-k_1^2}{k_1^2+k_2^2}j^\alpha. \tag{3}$$

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1269.

Les équations (1), (2) et (3) sont écrites en coordonnées d'univers : les indices supérieurs représentent les variances, les indices inférieurs les dérivations ($\partial F^{\alpha\beta}/\partial x^{\gamma} = F^{\alpha\beta}_{\gamma}$). La densité de courant d'univers due à une charge ponctuelle j^{α} est égale à $\rho_0 u^{\alpha}$, ρ_0 étant la densité de charge dans le système propre $\varepsilon\delta(r_0)$ et u^{α} la vitesse d'univers. Nous avons montré que les équations (2) et (3) permettent de retrouver la théorie du champ soustractif sous la forme que nous lui avions donnée.

Puis nous avions indiqué ([2]) une forme du tenseur $T^{\mu\nu}$ d'énergie-impulsion satisfaisant dans tout l'espace extérieur à la charge ponctuelle à l'équation $T^{\mu\nu}_{\mu} = 0$. Dans le cas du champ statique dû à une charge immobile, l'emploi de ce tenseur conduit aux deux résultats intéressants suivants : 1° la masse propre de l'électron (en supposant $k_1 \simeq 0$) est égale à $e^2 k_2/2c^2$, de sorte que la masse mésonique correspondante à k_2 se trouve égale à 274 la masse de l'électron ([3]); 2° les intégrales $\int T^{11} d\tau$, $\int T^{22} d\tau$ et $\int T^{33} d\tau$ sont nulles, ce qui montre que la pression de Poincaré est automatiquement incluse dans le champ soustractif.

En réfléchissant de nouveau à cette question, nous avons été amené à envisager une autre forme possible du tenseur $T^{\mu\nu}$ qui nous paraît préférable à celle que nous avions adoptée. Voici cette forme nouvelle

(4) $$T^{\mu\nu} = -\frac{1}{k_1^2 + k_2^2} F^{\alpha\nu}_{\gamma} F^{\alpha\mu} + \frac{1}{2}\frac{1}{k_1^2 + k_2^2} F^{\alpha\beta}_{\mu} F^{\alpha\beta}_{\nu} + F^{\alpha\mu} F^{\alpha\nu} + \frac{k_1^2 k_2^2}{k_1^2 + k_2^2} A^{\mu} A^{\nu} - \delta_{\mu\nu} \mathcal{L}.$$

On trouve alors

(5) $$T^{\mu\nu}_{\nu} = -F^{\alpha\mu} \frac{k_2^2 - k_1^2}{k_1^2 + k_2^2} j^{\alpha},$$

ce qui, dans le cas d'une charge ponctuelle immobile, donne

(6) $$-T^{\mu\nu}_{\nu} = +F^{\mu 4} \frac{k_2^2 - k_1^2}{k_1^2 + k_2^2} j^{4} = E^{\mu} \frac{k_2^2 - k_1^2}{k_1^2 + k_2^2} \varepsilon\,\delta(r_0) = 0,$$

car, ainsi que M. Bopp l'avait souligné, $E^{\mu}(0) = 0$. Ce résultat est satisfaisant.

Le calcul montre ensuite que la masse propre de l'électron est donnée par la relation

(7) $$m_0 c^2 = \frac{e^2 k_2}{2},$$

ce qui conduit à prendre pour valeur de la masse mésonique 274 m_0, et que

---

([2]) Formule (10) de la Note précitée.

([3]) Ce résultat avait été trouvé par Stueckelberg dès son premier travail sur ce sujet (*Nature*, 144, 1939, p. 118) et retrouvé ensuite par Bopp (*Ann. der Physik*, 38, 1940, p. 345).

l'on a $\int T^{11} d\tau = \int T^{22} d\tau = \int T^{33} d\tau = 0$, de sorte que la pression de Poincaré se trouve incluse dans le champ soustractif.

Le tenseur (4) permet donc de retrouver tous les résultats essentiels de notre Note du 28 mars 1951.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Colorants acétyléniques. Étude sur les colorants aminés triarylallyliques; comparaison avec les colorants triarylpropargyliques correspondants.* Note (*) de MM. **Charles Dufraisse, André Étienne, Pierre Barbieri** † et **Bernard Goffinet.**

Suite du parallèle entre colorants acétyléniques et éthyléniques. Étude spéciale des passages réciproques des bases carbinoliques incolores aux colorants. Alors que, par action des alcalis, les colorants acétyléniques ne redonnent que le carbinol initial, les colorants éthyléniques fournissent surtout des mélanges, dont la séparation est en cours d'étude, mais qui, tous, régénèrent intégralement par salification les colorants dont ils proviennent.

Les colorants éthyléniques envisagés précédemment [1] ont été obtenus à partir des cinq alcools triarylallyliques aminés I, II, III, IV et V qui en sont les bases incolores. Il est à signaler, cependant, que deux des colorants, ceux qui correspondent aux carbinols III et V, avaient été préparés antérieurement par Wizinger et Renckhoff [2] d'une tout autre manière, qui n'implique pas le passage par l'intermédiaire des bases carbinoliques (III et V).

a. Deux de ces bases, I et II, déjà connues, ont été préparées suivant les indications de Gilmann et Kirby [3]. Les trois autres, III, IV et V, ont été obtenues en faisant agir le paralithien de la diméthylaniline respectivement sur le cinnamate d'éthyle, pour III [*bis* (*p*-diméthylaminophényl) styrylcarbinol ($C_{25}H_{28}ON_2$), F_{inst} 156-157°], la *p*-diméthylaminobenzalacétophénone, pour IV [(*p*-diméthylaminophényl) (*p*-diméthylaminostyryl) phénylcarbinol ($C_{25}H_{28}ON_2$), F_{inst} 131-132°], et enfin le *p*-diméthylaminocinnamate d'éthyle pour V [*bis* (*p*-diméthylaminophényl) (*p*-diméthylaminostyryl) carbinol ($C_{27}H_{33}ON_3$), F_{inst} 148-149°]. Les cinq carbinols sont incolores et stables sous vide, mais, à l'air, ils se colorent progressivement, sans doute par fixation des vapeurs acides. De fait, tous développent une coloration intense au contact des acides, même faibles, tel l'acide acétique, mais, tout comme les aminotriphénylcarbinols auxquels ils s'apparentent [*voir* [1]], ils n'atteignent pas instantanément leur maximum

(*) Séance du 19 décembre 1951.

(1) Ch. Dufraisse et A. Étienne, P. Barbieri, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1977.

(2) *Helv. Chim. Acta*, 24, 1941, p. 369-E.

(3) *Amer. Chem. Soc.*, 63, 1941, p. 2046.

de teinte, le délai étant de plusieurs minutes à la température ordinaire et beaucoup plus court à l'ébullition de l'acide acétique; aucun ne manifeste de thermochromie. Comme il en est encore pour les colorants triphénylméthaniques et aussi, comme nous l'avons constaté, chez les colorants acétyléniques, l'augmentation de la concentration en ions hydrogène, par exemple par addition graduelle d'acide sulfurique, fait défiler une série de couleurs correspondant aux divers ions formés par blocages successifs des fonctions amines à l'état de sel d'ammonium, le terme final étant une coloration rouge orangé, commune aux cinq colorants et identique, comme nous l'avons vérifié, à celle que donne l'halochromie de l'alcool triphénylallylique simple (IX, où $Ar = C_6H_5$). Par retour en arrière, la succession des teintes se produit en sens inverse et l'on retrouve, pour une acidité faible, la coloration initiale, à la condition, toutefois, de ne pas insister trop sur l'action des acides ([5]).

b. Un problème particulier était posé par le retour à la base carbinolique incolore sous l'action des alcalis, pour les acétyléniques tout comme pour les éthyléniques.

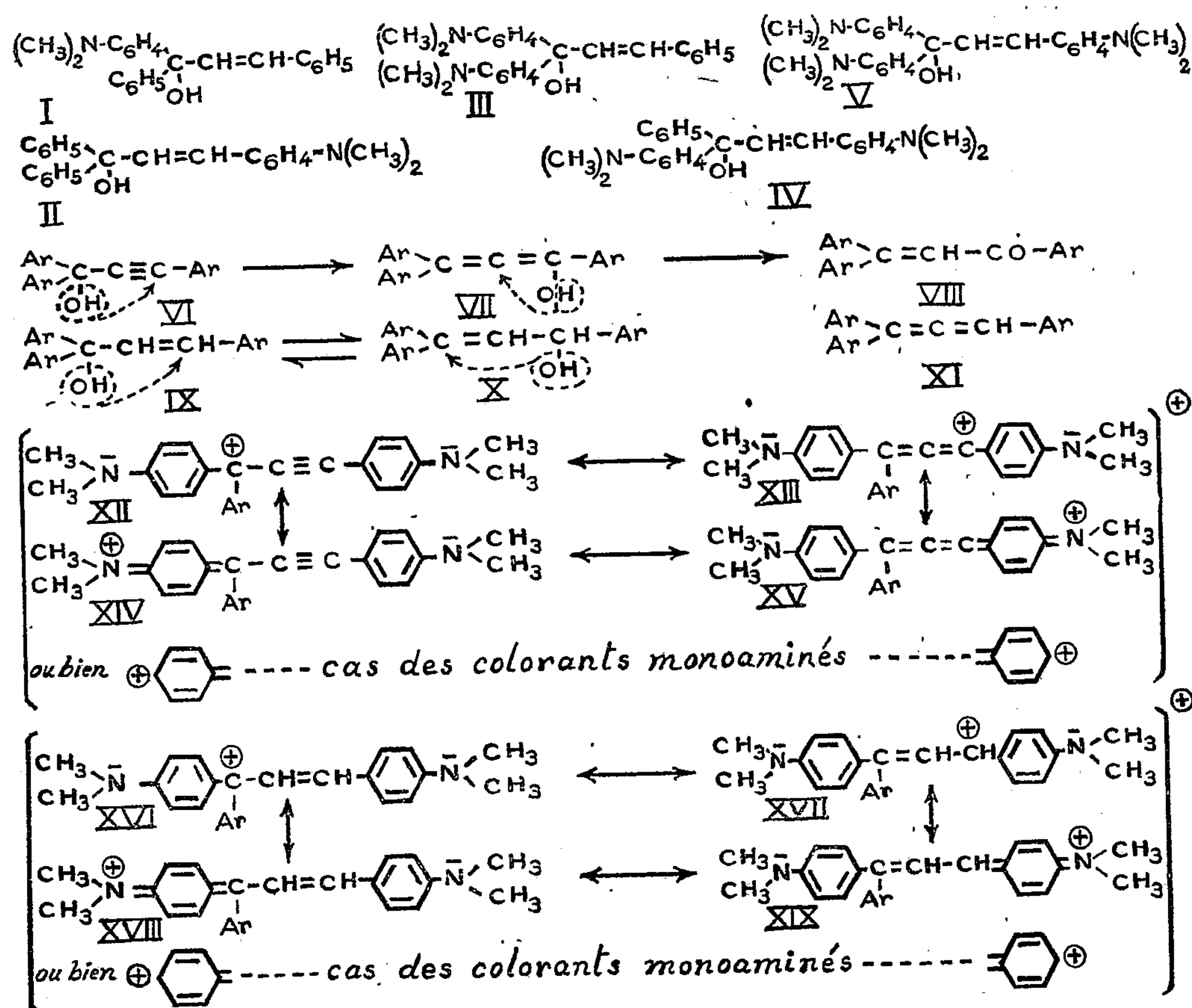
Si l'on se réfère aux formules limites définissant l'état de résonance du cation coloré, on voit que deux des carbones de la chaîne tricarbonée, ceux des extrémités, peuvent revendiquer l'un et l'autre la récupération de l'anion OH^- (formules XII et XIII, d'une part, XVI et XVII, d'autre part), pour former les dérivés hydroxylés des types respectifs : VI et VII, IX et X. Mais ici apparaît une différence essentielle entre les colorants acétyléniques et les éthyléniques. Les premiers, en effet, ne peuvent aboutir à une base capable de régénérer le même colorant que si l'hydroxyle va au carbone porteur des aryles géminés (formule XII) pour former un carbinol tertiaire de type VI; sur le carbone secondaire (formule XIII), l'hydroxyle donnerait l'énol VII, tautomère d'une cétone VIII, dont nous avons constaté qu'elle ne redonnait pas le colorant acétylénique par les acides. Le fait est, d'ailleurs, aisé à prévoir, si l'on se rappelle qu'une liaison acétylénique ne se forme pratiquement jamais par déshydratation : or, le passage du sel d'une aminocétone de type VIII à l'ion acétylénique de type XII impliquerait précisément la création d'une triple liaison par un processus de déshydratation. Non seulement ces aminocétones de type VIII ne donnent pas avec les acides les colorants de type XII, mais elles ne manifestent même pas de propriétés halochromes marquées, ce qui est fort singulier, comme nous l'avons souligné pour l'une d'entre elles ([6]).

([4]) CH. DUFRAISSE, A. ÉTIENNE et P. BARBIERI, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1043.

([5]) Les transformations qui se produisent alors sont en cours d'étude.

([6]) CH. DUFRAISSE, J. LEFRANCQ et P. BARBIERI, *Rec. Trav. Chim. Pays-Bas*, 69, 1950, p. 380.

Au contraire, les colorants éthyléniques doivent se régénérer indifféremment à partir de l'un quelconque des deux corps hydroxylés possibles (type IX ou X), c'est-à-dire quel que soit celui des carbones qui a capté l'hydroxyle, puisque l'on obtient dans les deux cas un carbinol, IX et X, déshydratable ultérieurement par les acides avec production intermédiaire, au moins formelle, de l'une ou de l'autre des deux structures limites XVI et XVII du colorant.



Expérimentalement, traités par les alcalis, les colorants acétyléniques régénèrent tous, avec d'excellents rendements, le carbinol tertiaire acétylénique initial; [*voir* (¹)] la fixation de l'hydroxyle sur le carbone monoarylé secondaire, qui donnerait l'énol VII, n'a pas lieu sous l'action des alcalis, sinon on la reconnaîtrait par le passage irréversible à la cétone VIII. Celle-ci ne se forme que par l'action des acides, c'est-à-dire par un mécanisme tout différent. Autrement dit, les colorants acétyléniques ne régénèrent leurs bases carbinoliques incolores que sous la forme XII.

Avec les colorants éthyléniques, les choses se présentent d'une manière

généralement moins nette, sauf dans le cas du carbinol II qui est régénéré presque intégralement par action des alcalis sur le colorant. Le carbinol III n'est plus retrouvé, au milieu des résines, que dans la proportion de 25 %. Quant aux trois autres, I, IV et V, on n'obtient à leur place que des résines refusant de cristalliser, même avec amorçage.

Ces résines doivent contenir, en principe, outre un peu de carbinol tertiaire initial, de type IX, des proportions de l'isomère secondaire, de type X, suffisantes pour empêcher le premier de cristalliser. Une étude est en cours pour effectuer la séparation de ces corps. En attendant, nous avons établi que, cristallisable ou non, le produit incolore résultant de l'action des alcalis sur le colorant régénérait intégralement le même colorant par une nouvelle acidification. Les dosages ont été effectués par spectrophotométrie (appareil enregistreur de Cary), c'est-à-dire qu'ils comportaient, en outre, le contrôle de l'identité du colorant; les taux de régénération ont oscillé, pour les cinq colorants, entre 94 et 97 %. Nous sommes donc fondés à penser que le carbinol secondaire de type X, sensiblement aussi apte que son isomère tertiaire IX à former le cation coloré XVI à XIX, est un constituant du mélange de bases incolores résultant de la neutralisation du colorant, sans exclure, toutefois, la présence éventuelle d'autres formes halochromes, l'allène correspondant, XI, par exemple. L'opération dans son ensemble revient à la classique transposition allylique, IX $\rightleftharpoons$ X, singulièrement facilitée présentement par le passage total à l'état de cation dont les deux formes mésomères XVI et XVII correspondent justement aux deux carbinols isomères IX et X.

A l'inverse des colorants acétyléniques, les colorants éthyléniques régénéreraient ainsi les bases carbinoliques incolores par réaction, non plus sous une seule forme mésomère, mais au moins sous deux, en l'espèce les formes XVI et XVII.

BIOLOGIE. — *L'évolution des chromosomes dans les ovocytes de Batraciens.* Note (*) de M. **Émile Guyénot** et M[me] **Mathilde Danon**.

Pendant la longue période de quiescence des ovocytes, les chromosomes sont dépourvus de désoxyribonucléoprotéides et forment, à plusieurs reprises, des «poils» qui traduisent l'activité synthétique des gènes.

Nous étudions depuis trois ans les chromosomes des ovocytes de Batraciens (Triton, Grenouille) pendant la période d'accroissement et de vitellogenèse, en utilisant la méthode des coupes histologiques, l'examen des noyaux sortis de la cellule avec le microscope ordinaire ou à contraste

(*) Séance du 19 décembre 1951.

de phase, enfin l'examen des chromosomes eux-mêmes au microscope électronique. Nous donnons ici un tableau d'ensemble de nos observations, dont le détail sera publié ultérieurement.

Après la prémeiose, les ovocytes présentent des chromosomes bien colorables, donnant la réaction de Feulgen, jusqu'au moment où le noyau mesure environ 20 μ et l'ovocyte 35 à 40 μ. Passé ce stade, les chromosomes deviennent peu distincts. Sur coupes, ils ne sont reconnaissables que parce qu'ils sont jalonnés par une série de points colorables ou chromomères qui ne sont d'ailleurs pas formés de chromatine et ne donnent plus la réaction de Feulgen. Ces points deviennent de plus en plus rares et petits; le chromosome est finalement invisible, mais peut être révélé à l'aide du microscope électronique : il s'agit d'un filament très fin, représentant le chromonème axial nu ou présentant çà et là quelques épaississements.

L'absence de réaction de Feulgen montre que le chromosome perd rapidement son revêtement de chromatine [1]. Il y a cependant quelques ovocytes qui montrent encore des chromosomes très nets, très colorables, à réaction de Feulgen positive, dans des noyaux de 40 à 70 μ. Ces chromosomes se groupent souvent par deux en formant des synapses avec points de croisement. Toutefois, ces ovocytes atypiques, dont les chromosomes gardent leur revêtement de chromatine, ne présentent jamais de vitellogenèse et sont destinés à dégénérer.

Dans les ovocytes normaux, les chromosomes nus, formés de deux chromatides, commencent à se couvrir de « poils » courts et droits que l'on observe dans les noyaux de 65 à 100 μ (chromosomes plumeux des auteurs). Bientôt, ces poils s'allongent, deviennent flexueux; ils présentent une succession de points plus sombres analogues à des chromomères. Examinés au contraste de phase, les chromosomes isolés montrent avec la plus grande netteté ce revêtement de poils qui s'agitent sous l'influence du mouvement brownien et peuvent subir un allongement considérable par étirement. Au microscope électronique, ces poils offrent une structure particulière, étant formés d'éléments disposés en chaîne et faisant saillie à droite et à gauche, suivant une alternance assez régulière. Certaines de ces productions, attachées au chromosome par deux extrémités correspondant peut-être aux deux chromatides étroitement accolées, forment des boucles allongées.

Poils et boucles paraissent formés de protéines sans affinités tinctoriales

---

(1) Après emploi de divers fixateurs (Bouin, Bouin-Allen, Kahle, sublimé acétique, Zenker, Tellyesniczky). Sur les coupes, les noyaux des cellules folliculaires, des érythrocytes, des cellules germinales primordiales, des très jeunes ovocytes présentent une belle coloration rouge pourpre qui sert de point de comparaison.

nettes, n'étant ni basophiles ni franchement acidophiles. Nous avons pu cependant les mettre en évidence par l'hématoxyline ferrique, la safranine, le Giemsa, la méthode de Gram, mais en utilisant une différenciation insuffisante; ils sont, en somme, visibles par surcoloration.

Plus ou moins tôt (noyaux de 120 à 200 μ), ces poils, longs de 10 à 20 μ, tombent tous à la fois. Ils forment alors dans le nucléoplasme un feutrage de petits filaments, tandis que les chromosomes dépouillés deviennent à nouveau invisibles. Les poils bientôt se scindent en courtes chaînettes, puis se décomposent en grains qui se dissolvent et disparaissent. Déjà, à ce moment, les chromosomes ont commencé à former un nouveau revêtement pileux; le processus peut se répéter à plusieurs reprises tant que dure la vitellogenèse.

Lorsque celle-ci est terminée, les chromosomes poilus se rassemblent dans une aire délimitée par des pseudonucléoles, au centre du noyau qui atteint environ 400 μ. Les poils subissent une sorte de fonte et disparaissent, alors que les boucles, à double insertion, persistent encore un certain temps. Quand les chromosomes ont achevé de se dépouiller, on voit se déposer sur le chromonème, entouré d'une substance qui n'est pas de la chromatine, des gouttes qui s'étalent peu à peu le long du filament et qui donnent la réaction de Feulgen. Pour la première fois, après une période de un à trois ans, les chromosomes se revêtent à nouveau de désoxyribonucléoprotéides. Ceci est en rapport avec la prochaine activité cinétique, c'est-à-dire avec l'approche de la première mitose de maturation.

L'importance de ces constatations dépend du sens qu'il convient de donner à la période de « quiescence » pendant laquelle se déroule cette évolution des chromosomes. S'il y a repos cinétique, il y a, par contre, une activité génétique considérable, conditionnant une augmentation énorme du volume des ovocytes, la production du vitellus, l'établissement d'un premier degré d'hétérogénéité du cytoplasme dont dépendront la polarité de l'ovocyte et les processus du développement. Cette période doit donc correspondre à une activité intense des processus de synthèse opérés par les gènes et qui sont le moyen de leur action sur la cellule. Tandis que normalement les molécules synthétisées se dispersent aussitôt dans le cytoplasme, il existe, dans les ovocytes quiescents des conditions grâce auxquelles les molécules, plus ou moins polymérisées, restent groupées en formant des chaînes qui ne sont autres que les « poils » des chromosomes. Autrement dit, ces structures rendent visibles le travail chimique par lequel les gènes exercent leur action.

Ce qui nous paraît important, bien que cette conclusion soit contraire aux idées courantes, c'est que *ni les gènes du chromonème nu, ni les produits de leur activité synthétique*, ne contiennent d'acide désoxyribonucléique. Ainsi se trouve confirmée l'opinion, défendue par l'un de nous depuis

plus de vingt ans, selon laquelle la chromatine n'est qu'un revêtement intervenant par sa charge électrique dans la dynamique de la cinèse, mais n'a aucun rapport nécessaire avec la constitution du gène ou son activité de synthèse.

IMMUNOLOGIE. — *Sur la production simultanée, chez les Bovidés, des antitoxines staphylococciques α et β.* Note de MM. **Gaston Ramon**, **Rémy Richou**, **Claude Gerbeaux**, **Jean Jacquet** et **Pierre Julienne**.

Si la production de l'antitoxine staphylococcique α, chez les différentes espèces animales et en particulier chez les Bovidés (1), a été parfaitement étudiée, il n'en est pas de même de la production de l'antitoxine β.

On sait que l'anatoxine staphylococcique β entraîne, chez l'animal, le développement d'une antitoxine spécifique capable de neutraliser les propriétés toxiques de la β staphylotoxine et en particulier son pouvoir hémolytique pour les globules de mouton. C'est ainsi que M. L. Smith (2) a constaté, à la suite d'injections d'anatoxine β, une augmentation du taux antitoxique atteignant jusqu'à 100 fois le taux initial chez le Cobaye et 30 à 40 fois ce taux chez le Lapin. Il ne semble pas, par contre, que les auteurs se soient intéressés à la production de l'antitoxine β chez les Bovidés.

Au cours de recherches que nous poursuivons, depuis 1941, sur le traitement des mammites staphylococciques des Bovidés, au moyen de l'anatoxine spécifique, nous avons eu l'occasion d'immuniser un certain nombre de bovidés au moyen d'une anatoxine staphylococcique mixte α et β. Cette anatoxine était obtenue par addition de 6 °/₀₀ de formol (28 jours à 37°) à une toxine staphylococcique produite sur milieu à base de digestion papaïnique de viande de cheval, en atmosphère d'air et de CO_2, au moyen de la souche Le 43, productrice des toxines α et β, et isolée chez une vache atteinte de mammite.

Cette anatoxine titrait par centimètre cube 15 unités antigènes α et 6 unités antigènes β.

Tous les animaux reçurent, à 5 à 6 jours d'intervalle, trois injections d'anatoxine, soit 10, 15 et 20 cm^3, exception faite pour les trois premiers qui reçurent une injection supplémentaire de 20 cm^3. Les animaux furent saignés avant toute injection et 14 jours après la dernière injection et les antitoxines α et β furent titrées dans chaque sérum séparément par la méthode hémolytique.

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau ci-après.

On constate, à l'examen de ce tableau, la présence chez presque tous les animaux des antitoxines staphylococciques naturelles α et β : une seule de ces

(1) G. Ramon, R. Richou, P. Julienne, J. Jacquet et Cl. Gerbeaux, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 833; *Revue d'Immunologie*, 15, 1951, n° 5-6.

(2) *Journ. Path. a. Bact.*, 47, 1938, p. 361.

antitoxines peut être présente dans le sérum des animaux, avant toute immunisation artificielle, ou les deux peuvent coexister sans qu'il semble y avoir de rapport entre le taux de l'antitoxine α et celui de l'antitoxine β.

		Antitoxine α (en unités internationales).		Antitoxine β (en unités internationales).	
Nº de l'animal.	Age.	Avant injection.	Après injection.	Avant injection.	Après injection.
1 (*)	3 ans	— 0,1	+ 1	+ 0,1–0,2	+ 10 –15
2 (*)	3 »	+ 0,1–0,2	+ 2	— 0,1	+ 1 – 3
3	30 mois	+ 1 –2	+ 20–30	+ 1 –2	+ 20 –25
4	3 ans	+ 0,2–0,5	+ 5– 7	+ 0,2–0,5	+ 5 – 7
5	30 mois	+ 0,2–0,5	15	+ 0,2–0,5	+ 7 –10
6	30 »	+ 0,2–0,5	+ 3– 5	+ 0,2–0,5	+ 3 – 5
7	30 »	+ 0,2–0,5	+ 3– 5	+ 0,2–0,5	+ 3 – 5
8	30 »	+ 1 –2	+ 7–10	— 0,1	+ 0,5– 1
9	30 »	+ 0,2–0,5	+ 7–10	+ 0,2–0,5	+ 3 – 5

(*) Ces animaux furent saignés 8 jours après la dernière injection d'anatoxine.

Les injections d'anatoxine mixte α et β entraînent le développement, dans l'organisme des Bovidés, d'un taux relativement élevé des antitoxines correspondantes : en moyenne 10 unités pour l'antitoxine α et 7 unités pour l'antitoxine β ([3]). On remarquera que les taux les plus élevés d'antitoxines β sont enregistrés chez les animaux ayant reçu 4 injections d'anatoxine.

Ces résultats montrent que l'on peut immuniser simultanément les Bovidés contre les toxines α et β du staphylocoque, ce qui apparaît particulièrement intéressant puisque la plupart des mammites staphylococciques des Bovidés ont pour cause des staphylocoques capables d'élaborer à la fois la toxine α et la toxine β.

PLIS CACHETÉS.

M. **Georges Jouravski** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 5 décembre 1949 et enregistré sous le nº 12.616.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note relative à la *découverte de molybdénite à Bou-Azzer, Sud Marocain*, qui sera insérée dans les *Comptes rendus*.

([3]) L'anatoxine staphylococcique β, utilisée dans ces essais, avait une valeur antigène (6 unités) relativement faible. Il n'est pas douteux que le choix d'une souche de staphylocoque particulièrement toxigène permettra d'obtenir des β toxines staphylococciques et, par suite, des anatoxines staphylococciques β de haute valeur antigène, capables d'entraîner le développement dans l'organisme immunisé d'un taux beaucoup plus élevé d'antitoxine spécifique. Cette question fait l'objet de nos recherches actuelles.

M. **François Perminge at** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 16 janvier 1950 et enregistré sous le n° 12.642

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Présence de l'uranium et du tungstène dans la minéralisation d'Azegour* (*Haut-Atlas des Guedmioua, Maroc*), qui sera insérée dans les *Comptes rendus*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats à la Chaire d'Histophysiologie, vacante au *Collège de France*.

(Renvoi à la Section d'Anatomie et Zoologie.)

L'Académie est informée, par l'**Académie Nationale des Sciences de Mexico**, de la célébration du LXVII[e] anniversaire de sa fondation et du IV[e] centenaire de l'Université de Mexico, qui a eu lieu au mois de novembre 1951.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Les Lampes germicides*, par R. C. Geslin.

2° Pio Niro. *Efecto hidrodinamieo antimayeriano. — Otra revelacion contenida en el efecto fotoelectrico y en el de Compton. — Creaciones de energia.*

3° *Jahrbuch der deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, 1950-1951.

ALGÈBRE. — *Sur les fondements d'une théorie des demi-treillis additifs.* Note (*) de M. **Karl Egil Aubert**, présentée par M. Jacques Hadamard.

L'origine de la théorie des treillis multiplicatifs [1] est un essai de traduction de la théorie multiplicative des idéaux d'un anneau commutatif. Nous exposerons ici rapidement les fondements d'une théorie des treillis additifs. Cette théorie a comme but principal de couvrir — dans un langage latticiel — certaines propriétés additives rencontrées dans l'algèbre des sous-ensembles et des sous-groupes d'un groupe. Un exposé plus détaillé avec des démonstrations sera publié ailleurs.

Définitions. — Un *demi-treillis* L est une structure algébrique définie par une opération binaire, associative, commutative et idempotente, notée $\cup$. Cette

(*) Séance du 19 décembre 1951.

[1] G. Birkhoff, *Lattice Theory*, p. 200.

opération induit une relation d'inclusion dans L en posant $a \subseteq b \rightleftharpoons a \cup b = b$. L'inclusion stricte sera notée $\subset$. Un *élément minimal* de L est un élément a pour lequel $x \subset a$ est impossible pour tout $x \in L$. a est un *plus petit élément* de L si $a \subseteq x$ pour tout $x \in L$. Un *atome* est un élément qui couvre un plus petit élément. Appelons un élément *non-trivial* s'il n'est pas un plus petit élément.

Un *demi-treillis additif* est un demi-treillis muni d'une opération auxiliaire notée par le signe —, appelée *soustraction*, satisfaisant aux deux lois distributives

$$a - (b \cup c) = (a - b) \cup (a - c),$$
$$(a \cup b) - c = (a - c) \cup (b - c)$$

et possédant un *élément neutre à droite* vérifiant

$$a - O = a \quad \text{pour tout } a \in L,$$
$$O \subseteq a - a \quad \text{pour tout élément non-trivial } a \text{ de } L.$$

Un demi-treillis additif qui est un treillis sera appelé *treillis additif*. La notion de treillis additif est un cas particulier de celle de treillis multiplicatif, mais il faut se garder de croire qu'elle est une généralisation de la notion de groupe réticulé.

L'élément $O - a$ sera noté $-a$ et appelé l'*élément symétrique* de a par rapport à O. L'application qui à a fait correspondre $O - a$ sera appelé O-*symétrie* (²). Nous définissons une opération d'*addition* + par $a + b = a - (-b)$. Si cette opération est associative, ou commutative, nous dirons que L est un *demi-treillis associatif* ou *commutatif*. Nous dirons que L est un *demi-treillis* O-*unitaire* si $O + a = a + O$ pour tout $a \in L$. Remarquons que $a + O = a$ pour tout a de sorte que O est aussi un élémenl neutre à droite par rapport à l'addition.

Exemples. — Donnons quelques exemples montrant l'intérêt de l'étude des demi-treillis additifs. Si A et B sont des sous-ensembles d'un groupe additif, nous entendons dans les trois premiers exemples donnés ci-dessous par $A - B$ l'ensemble constitué par toutes les différences $a - b$, $a \in A$, $b \in B$.

1. L'algèbre de Boole de tous les sous-ensembles d'un groupe.
2. Le treillis de tous les sous-groupes invariants d'un groupe.
3. Le demi-treillis de tous les sous-ensembles non vides d'un groupe.

(Le système d'axiomes donnés ci-dessus a été principalement suggéré par ces trois exemples.)

4. Les éléments positifs d'un groupe réticulé. Notre opération de soustraction est dans cet exemple l'opération d'addition du groupe réticulé.

(²) Pour simplifier le langage nous supprimerons souvent le préfixe O.

5. L'ensemble de toutes les relations réflexives dans un ensemble E, notre opération de soustraction étant identifiée avec le produit des relations.

Propriétés fondamentales. $+$ est doublement distributive par rapport à $\cup$. Nous avons $-(a \cup b) = (-a) \cup (-b)$ et la loi de monotonie

$$a \subseteq b \;\&\; c \subseteq d \rightarrow a - c \subseteq b - d \;\&\; a + c \subseteq b + d.$$

En particulier $a \subseteq b \rightarrow -a \subseteq -b$.

Théorème 1. — *Dans un demi-treillis* O*-unitaire la* O*-symétrie est une involution qui conserve l'inclusion stricte.*

Théorème 2. — *Dans un demi-treillis additif il n'y a qu'un élément neutre non-trivial. Dans le cas où le demi-treillis est* O*-unitaire,* O *est unique élément neutre à droite.*

𝔊-éléments. — Nous ne considérons maintenant que des demi-treillis unitaires. L'élément neutre y est donc uniquement déterminé. Un élément a est appelé *positif* si $O \subseteq a$. Un élément g est appelé *𝔊-élément* si g est positif et $g - g \subseteq g$. L'élément neutre est évidemment un 𝔊-élément. Pour montrer l'importance de la notion de 𝔊-élément déterminons les 𝔊-éléments dans les exemples donnés ci-dessus. Dans les exemples 1 et 3 les 𝔊-éléments sont les sous-groupes du groupe donné. Dans l'exemple 2 chaque élément est un 𝔊-élément. Dans l'exemple 4 il n'y a pas d'autres 𝔊-éléments que l'élément neutre. Dans l'exemple 5 les 𝔊-éléments sont les relations transitives.

Théorème 3. — *Si g est un 𝔊-élément dans un demi-treillis unitaire, nous avons $g = g - g = g + g = -g$.*

Étant donné un treillis additif complet nous entendons par $a \overset{*}{\cup} b$ le plus petit 𝔊-élément contenant a et b. Appelons L *𝔊-symétrique* si $-(g_1 + g_2) = g_1 + g_2$ pour chaque couple g_1, g_2 de 𝔊-éléments de L.

Théorème 4. — *Si g_1 et g_2 sont des 𝔊-éléments dans un treillis additif, complet, associatif, commutatif et 𝔊-symétrique $g_1 - g_2$, $g_2 - g_1$ et $g_1 + g_2$ sont aussi des 𝔊-éléments et chacun d'eux est égal à $g_1 \overset{*}{\cup} g_2$*

Théorème 5. — *Dans un demi-treillis unitaire l'élément neutre* O *est soit un élément minimal soit un atome.* O *est le seul 𝔊-élément parmi les éléments minimaux si* O *est minimal et le seul 𝔊-élément parmi les atomes si* O *est un atome.*

Appelons un demi-treillis additif L un *𝔊-demi-treillis* si chaque élément de L est un 𝔊-élément. Nous avons les deux théorèmes suivants :

Théorème 6. — *Un demi-treillis additif associatif, commutatif et 𝔊-symétrique est un 𝔊-demi-treillis si et seulement si l'opération de l'union $\cup$ coïncide avec l'opération de soustraction.*

Théorème 7. — *Un demi-treillis* L *peut être muni d'une structure de 𝔊-demi-treillis additif si et seulement si* L *possède un plus petit élément.*

Dans une Note ultérieure nous traiterons les éléments résiduels d'un demi-treillis additif — notion qui correspond aux classes résiduelles dans la théorie des groupes.

ALGÈBRE. — *Sur les éléments inversifs et les éléments unitaires d'un demi-groupe inversif.* Note (*) de M. **Gabriel Thierrin**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Soit D un demi-groupe inversif ([1]) et soit x un élément quelconque de D. Un élément x_i qui vérifie la relation

$$xx_ix = x$$

est dit un *élément inversif de x*. On a alors $xx_ixx_i = xx_i$, $x_ixx_ix = x_ix$: les éléments xx_i et x_ix sont idempotents. L'élément x_ix est dit un *élément unitaire à droite de x*, et l'élément xx_i un *élément unitaire à gauche de x*. Si x est lui-même un élément inversif de x_i, c'est-à-dire si nous avons

$$x_ixx_i = x_i,$$

les deux éléments x et x_i sont dits *réciproques* l'un de l'autre. Alors x_ix est un élément unitaire à droite de x et à gauche de x_i, et xx_i est un élément unitaire à gauche de x et à droite de x_i.

Proposition 1. — *Si x_i et x_j sont deux éléments inversifs de x, distincts ou non, l'élément x_ixx_j est aussi un élément inversif de x, et x est alors un élément inversif de x_ixx_j.*

En effet, nous avons

$$x = xx_ix = xx_i(xx_jx) = x(x_ixx_j)x.$$

D'autre part

$$(x_ixx_j)x(x_ixx_j) = x_i(xx_jx)x_ixx_j = x_ixx_ixx_j = x_ixx_j.$$

Il résulte de cette proposition que x est élément inversif d'au moins un de ses éléments inversifs. Donc, dans un demi-groupe inversif, un élément quelconque x a toujours un élément réciproque.

Proposition 2. — *Si x_i est un élément inversif de x et si x est permutable avec x_i, x_i^m est un élément inversif de x^m, m étant un entier positif.*

En effet, nous avons

$$(x_ix)^m = x_ix = x_i^m x^m,$$

d'où

$$x^m x_i^m x^m = x^m x_ix = x^{m-1}(xx_ix) = x^{m-1}x = x^m.$$

Un sous-ensemble D' d'un demi-groupe inversif D est dit un *sous-demi-*

(*) Séance du 19 décembre 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 376-378. Un demi-groupe D est inversif si, pour tout $x \in$ D, il existe $x' \in$ D tel que $xx'x = x$.

groupe inversif de D, s'il est lui-même un demi-groupe inversif par rapport à l'opération considérée dans D.

Proposition 3. — *L'ensemble des éléments unitaires à droite (à gauche) d'un élément x quelconque d'un demi-groupe inversif* D *est un sous-demi-groupe inversif* D' *de* D. *Chaque élément de* D' *a tous les éléments de* D' *comme éléments inversifs et chaque élément de* D' *est permis à droite (à gauche) dans* D'.

Nous avons en effet si x_i et x_j sont des éléments inversifs de x

$$(x_i x)(x_j x) = x_i(x x_j x) = x_i x,$$

Le produit de deux éléments unitaires à droite de x est donc encore un élément unitaire à droite, et chaque élément est permis à droite. De plus, à chaque élément correspond un $x_j x$ tel que

$$(x_i x)(x_j x)(x_i x) = x_i x.$$

et cela pour tous les x_j qui sont éléments inversifs de x.

La démonstration est la même pour l'ensemble des éléments unitaires à gauche de x.

Proposition 4. — *Une condition nécessaire et suffisante pour que le sous-demi-groupe inversif des éléments unitaires à droite de x soit le même que le sous-demi-groupe inversif des éléments unitaires à gauche de x et se réduise à un seul élément, est que x soit permutable avec chacun de ses éléments inversifs.*

La condition est évidemment nécessaire.

Elle est aussi suffisante. En effet, si x_i et x_j sont deux éléments inversifs quelconques de x, nous avons

$$(x x_i x) x_j = (x x_j x) x_i, \qquad x x_j = x x_i = x_i x = x_j x.$$

Proposition 5. — *Une condition nécessaire et suffisante pour que deux éléments unitaires à droite (à gauche) de x, $x_i x$ et $x_j x$, soient égaux, est qu'ils soient permutables.*

La condition est évidemment nécessaire.

Elle est aussi suffisante, car de

$$(x_i x)(x_j x) = (x_j x)(x_i x),$$

il suit

$$x_i(x x_j x) = x_j(x x_i x),$$

c'est-à-dire

$$x_i x = x_j x.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Capacités. Premières définitions.*
Note de M. **Gustave Choquet**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

On donne les premières définitions de certaines classes de fonctions non additives d'ensembles appelées ici capacités parce que les capacités au sens classique appartiennent à ces classes et ont été les premiers exemples étudiés.

Soit $\mathcal{E}$ un ensemble de parties d'un ensemble E, et soit $f(X)$ une application de $\mathcal{E}$ dans l'ensemble des nombres réels (y compris $+\infty$ et $-\infty$).

1. *a. Fonction alternée sur un ensemble $\mathcal{E}$ additif.* — On dira que $\mathcal{E}$ est additif lorsque :

$$A_1 \in \mathcal{E} \text{ et } A_2 \in \mathcal{E} \quad \rightarrow \quad (A_1 \cup A_2) \in \mathcal{E}.$$

Lorsque X, $A_1, \ldots, A_n \in \mathcal{E}$, on posera

$$\bigvee_1(X, A_1) = f(X) - f(X \cup A_1)$$

et, de façon générale :

$$\bigvee_{n+1}(X, A_1, \ldots, A_{n+1}) = \bigvee_n(X, A_1, \ldots, A_n) - \bigvee_n(X \cup A_{n+1}, A_1, \ldots, A_n).$$

On dira que $f(X)$ est *alternée* d'ordre n si $\bigvee_n \leqq 0$ quels que soient X, $A_1, \ldots, A_n$.

Il est immédiat qu'une fonction alternée d'ordre n est aussi alternée d'ordre p, pour tout $p \leqq n$.

Les fonctions alternées d'ordre 1 sont identiques aux fonctions croissantes.

b. Fonction monotone sur un ensemble $\mathcal{E}$ multiplicatif. — En remplaçant le signe $\cup$ par le signe $\cap$ dans les définitions précédentes, on obtient la notion d'ensemble $\mathcal{E}$ *multiplicatif*, de $\bigwedge$-*différences*, et de fonction *monotone* d'ordre n sur $\mathcal{E}$ (condition $\bigwedge_n \geqq 0$). Mêmes conséquences immédiates.

Remarque 1. — Si f est une fonction définie sur un ensemble $\mathcal{E}$ de parties de E, nous désignerons par f' la fonction définie sur l'ensemble $\mathcal{E}'$ des complémentaires des éléments de $\mathcal{E}$ par la relation

$$f'(X') + f(X) = 0, \qquad \text{où} \quad X' = \complement X \qquad (X \in \mathcal{E})$$

Si f est alternée d'ordre n sur $\mathcal{E}$ additif, $\mathcal{E}'$ est multiplicatif et f' est monotone d'ordre n sur $\mathcal{E}'$. On a $(f')' \equiv f$; on dira que f et f' sont *conjuguées*.

Remarque 2. — Supposons $\mathcal{E}$ à la fois additif et multiplicatif. Toute fonction $f(X)$ sur $\mathcal{E}$ qui est à la fois alternée et monotone d'ordre 2 est croissante et vérifie la relation

$$f(A_1 \cup A_2) + f(A_1 \cap A_2) = f(A_1) + f(A_2).$$

Inversement, si $f(X)$ est croissante et vérifie cette relation, on a

$$\bigvee_n(X, A_1, \ldots, A_n) = f(X \cap a) - f(a), \qquad \text{où} \quad a = \bigcap A_i;$$

$$\bigwedge_n(X, A_1, \ldots, A_n) = f(X \cup \mathfrak{A}) - f(\mathfrak{A}), \qquad \text{où} \quad \mathfrak{A} = \bigcup A_i.$$

Cette fonction alternée et monotone de tout ordre est dite *linéaire*.

2. Supposons maintenant que E soit un espace topologique.

a. Continuité à droite. — On dit que $f(X)$ est *continue à droite* en $A (A \in \mathcal{E})$ si, pour tout $\varepsilon > 0$, il existe un voisinage V de A dans E tel que, pour tout $X \in \mathcal{E}$ vérifiant $X \subset A \subset V$, on ait $|f(X) - f(A)| < \varepsilon$.

Si ceci a lieu pour tout $A \in \mathcal{E}$, $f(X)$ est dite continue à droite sur $\mathcal{E}$.

b. Capacité sur une famille $\mathcal{E}$ de parties d'un espace topologique. — On dira que $f(X)$ est une *capacité* sur $\mathcal{E}$ si $f(X)$ est *croissante* et *continue à droite* sur $\mathcal{E}$.

Pour tout $A \subset E$, on posera alors

$$\text{Capacité intérieure de } A = f_*(A) = \sup f(X) \qquad (X \in \mathcal{E} \text{ et } X \subset A),$$
$$\text{Capacité extérieure de } A = f^*(A) = \inf f_*(\omega) \qquad (A \subset \omega, \ \omega \text{ ouvert}).$$

On dira que A est *capacitable* si $f_*(A) = f^*(A)$ et on appellera cette valeur commune la capacité $f(A)$ de A. Tout élément de $\mathcal{E}$ et tout ouvert de E sont capacitables.

c. Capacités alternées. — Une capacité $f(X)$ sur $\mathcal{E}$ est dite alternée d'ordre $\mathcal{A}_\alpha$ si $\mathcal{E}$ est additive (non nécessaire pour $\mathcal{A}_{1,a}$) et si $f(X)$ satisfait à une des conditions $\mathcal{A}_\alpha$ suivantes :

$\mathcal{A}_{1,a}$: Pour toute suite croissante de sous-ensembles A_n de E, si l'on pose $\mathfrak{A} = \bigcup A_n$, on a $f^*(A_n) \to f^*(\mathfrak{A})$.

$\mathcal{A}_{1,b}$: Pour tout $\varepsilon > 0$, il existe $\eta > 0$, tel que si

$$f(A_i) - f(a_i) < \eta \qquad (a_i \subset A_i, \ a_i \text{ et } A_i \in \mathcal{E} \text{ avec } i = 1, 2),$$

on ait

$$f(A_1 \cup A_2) - f(a_1 \cup a_2) < \varepsilon.$$

$\mathcal{A}_n$: La fonction $f(X)$ est alternée d'ordre n $(n = 2, 3, \ldots)$.

$\mathcal{A}_\infty$: La fonction $f(X)$ est alternée de tout ordre $n \geq 2$.

d. Capacités monotones. — Une capacité $f(X)$ sur $\mathcal{E}$ est dite monotone d'ordre $\mathcal{M}_\alpha$ si $\mathcal{E}$ est multiplicative (non nécessaire pour $\mathcal{M}_{1,a}$) et si $f(X)$ satisfait à une des conditions $\mathcal{M}_\alpha$ suivantes :

$\mathcal{M}_{1,a}$: Pour toute suite décroissante de sous-ensembles A_n de E, si l'on pose $a = \bigcap A_n$, on a $f_*(A_n) \to f_*(a)$.

$\mathcal{M}_{1,b}$: Pour tout $\varepsilon > 0$, il existe $\eta > 0$ tel que, si

$$f(A_i) - f(a_i) < \eta \qquad (a_i \subset A_i, \ a_i \text{ et } A_i \in \mathcal{E} \text{ avec } i = 1, 2),$$

on ait

$$f(A_1 \cap A_2) - f(a_1 \cap a_2) < \varepsilon.$$

$\mathcal{M}_n$: La fonction $f(X)$ est monotone d'ordre n $(n = 2, 3, \ldots)$.

$\mathcal{M}_\infty$: La fonction $f(X)$ est monotone de tout ordre $n \geq 2$

Remarque 1. — Il est immédiat que $\mathcal{A}_{n+1} \to \mathcal{A}_n$ et $\mathcal{M}_{n+1} \to \mathcal{M}_n$ pour $n \geqq 2$. De même $\mathcal{A}_2 \to \mathcal{A}_{1,b}$ et $\mathcal{M}_2 \to \mathcal{M}_{1,b}$. En effet $\mathcal{A}_2$ entraîne, par exemple :

$$\left(\bigcup \mathrm{A}_i\right) - f\left(\bigcup a_i\right) \leqq \sum_i [f(\mathrm{A}_i) - f(a_i)] \qquad (\text{où } a_i \subset \mathrm{A}_i,\ a_i \text{ et } \mathrm{A}_i \in \mathcal{E} \text{ et } i \in \mathrm{I} \text{ fini}).$$

Nous verrons plus tard des cas étendus, où $\mathcal{A}_{1,b} \to \mathcal{A}_{1,a}$ et $\mathcal{M}_{1,b} \to \mathcal{M}_{1,a}$.

Remarque 2. — La fonction conjuguée f' d'une capacité f n'est pas en général une capacité, car la continuité à droite n'est pas une propriété invariante par passage au complémentaire.

Toutefois, *lorsque $\mathcal{E}$ est l'ensemble des parties fermées de* E, on peut associer à toute capacité f sur $\mathcal{E}$ une autre capacité $\bar{f}$ *définie aussi* sur $\mathcal{E}$ en posant, pour tout $\mathrm{X} \in \mathcal{E} : \bar{f}(\mathrm{X}) = -f\left(\complement \mathrm{X}\right)$.

Cette fonction est croissante et continue à droite, c'est donc une capacité. Pour tout ouvert $\omega \subset \mathrm{E}$, on peut vérifier que $\bar{f}(\omega) = -f\left(\complement \omega\right) = f'(\omega)$, où f' est la fonction conjuguée de f, définie sur $\mathcal{E}'$. Aussi conviendrons-nous de dire que $\bar{f}$ est la *capacité conjuguée* de f.

On a évidemment $\bar{\bar{f}} \equiv f$; et, pour tout $\mathrm{A} \subset \mathrm{E}$:

$$f_*(\mathrm{A}) + \bar{f}^*\left(\complement \mathrm{A}\right) = 0 \qquad \text{et} \qquad f^*(\mathrm{A}) + \bar{f}_*\left(\complement \mathrm{A}\right) = 0;$$

donc l'opération $\complement$ établit une correspondance canonique entre les ensembles f-capacitables et les ensembles $\bar{f}$-capacitables. Si f est alternée d'ordre $\mathcal{A}_\alpha$, $\bar{f}$ est monotone d'ordre $\mathcal{M}_\alpha$, et vice versa.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Transformation de Stieltjes et calcul aux différences finies.* Note (*) de M. **Pierre Barrucand**, présentée par M. Henri Villat.

Si $h(1+x) - h(x) = \Delta h(x) = g(x)$ et sous certaines réserves relatives à la distribution de singularités de $h(x)$, on a

$$\int_0^\infty g\left(\frac{\alpha}{2} + i\frac{\log y}{2\pi}\right)\frac{dy}{(x+y)(1+y)} = \frac{-2\pi i}{y-1}\left[h\left(\frac{\alpha+1}{2} + i\frac{\log y}{2\pi}\right) - h\left(\frac{\alpha+1}{2}\right)\right].$$

Applications diverses.

Il est bien connu que si $\int_0^x \frac{f(y)}{x+y}\,dy = \varphi(x)$, alors

$$(1) \qquad f(x) = \frac{1}{2\pi i}[\varphi(x e^{-i\pi}) - \varphi(x e^{i\pi})]$$

(*) Séance du 19 décembre 1951.

à la condition que $\varphi(x)$ vérifie un certain nombre de conditions, notamment : 1° n'avoir aucune singularité dans le domaine D formé par l'ensemble du plan complexe à l'exception du demi-axe $(0, -\infty)$ qui joue le rôle de coupure (condition A) et 2° tendre vers zéro si $x \to +\infty$ (condition B).

Supposons maintenant $h(1+x) - h(x) = \Delta h(x) = g(x)$ et proposons-nous de résoudre

$$\int_0^\infty \frac{f(x)\,dx}{(1+x)(y+x)} = \frac{1}{y-1}\left[h\left(\frac{\alpha+1}{2} + i\frac{\log y}{2\pi}\right) - h\left(\frac{\alpha+1}{2}\right)\right] = \frac{\varphi(y)}{y-1}.$$

On a

$$\varphi(y e^{-i\pi}) - \varphi(y e^{i\pi}) = h\left(\frac{\alpha}{2} + 1 + i\frac{\log y}{2\pi}\right) - h\left(\frac{\alpha}{2} + i\frac{\log y}{2\pi}\right),$$

d'où l'on déduit aisément

$$(2)\qquad \int_0^\infty \frac{g\left(\frac{\alpha}{2} + i\frac{\log y}{2\pi}\right) dy}{(1+y)(x+y)} = \frac{-2\pi i}{x-1}\left[h\left(\frac{\alpha+1}{2} + i\frac{\log x}{2\pi}\right) - h\left(\frac{\alpha+1}{2}\right)\right].$$

Les applications de cette formule sont innombrables et établissent un lien intime entre transformation de Stieltjes et calcul aux différences finies.

Posons par exemple $\psi(\alpha + ix) = \psi_r(\alpha, x) + i\psi_i(\alpha, x)$, ces deux fonctions étant réelles si α et x le sont, $\psi(x)$ étant la dérivée logarithmique de $\Gamma(x)$ on a alors

$$\int_0^\infty \frac{\left(\frac{\alpha}{2} + i\frac{\log y}{2\pi}\right)^{-1}}{(1+y)(x+y)} dy = \frac{-2\pi i}{y-1}\left[\psi\left(\frac{\alpha+1}{2} + i\frac{\log x}{2\pi}\right) - \psi\left(\frac{\alpha+1}{2}\right)\right].$$

Soit

$$(3)\qquad \int_0^\infty \frac{\log y\,dy}{(\pi^2\alpha^2 + \log^2 y)(1+y)(x+y)} = \frac{1}{x-1}\left[\psi_r\left(\frac{\alpha+1}{2}, \frac{\log x}{2\pi}\right) - \psi\left(\frac{\alpha+1}{2}\right)\right],$$

$$(4)\qquad \int_0^\infty \frac{\alpha\,dy}{(\pi^2\alpha^2 + \log^2 y)(1+y)(x+y)} = \frac{1}{\pi(x-1)}\psi_i\left(\frac{\alpha+1}{2}, \frac{\log x}{2\pi}\right),$$

D'autre part, de l'équation fonctionnelle

$$\psi(s) - \psi(1-s) = -\frac{\pi}{\sin\pi s}\cos\pi s$$

on déduit aisément

$$\psi_i\left(\frac{1}{2}, \frac{\log x}{2\pi}\right) = \frac{\pi}{2}\,\frac{x-1}{x+1},$$

$$\psi_i\left(1, \frac{\log x}{2\pi}\right) = \frac{\pi}{2}\,\frac{x+1}{x-1} - \frac{\pi}{\log x},$$

d'où

$$(5)\qquad \int_0^\infty \frac{(2r+1)\,dy}{(1+y)(x+y)[\pi^2(2r+1)^2 + \log^2 y]} = \frac{x+1}{2(x-1)^2} - \frac{1}{x-1}\left[\frac{1}{\log x} + \sum_{n=1}^{n=r} \frac{2\log x}{4\pi^2 n^2 + \log^2 x}\right],$$

$$(6)\qquad \int_0^\infty \frac{2r\,dy}{(1+y)(x+y)(4r^2\pi^2 + \log^2 y)} = \frac{1}{2(x+1)} - \sum^{n<2r}{}' \frac{2\log x}{(x-1)(\pi^2 n^2 + \log^2 x)},$$

le signe Σ' indiquant que la sommation s'effectue uniquement pour n *impair*, dans ces deux formules r désigne un nombre entier

Posons maintenant $\log\Gamma(\alpha+ix) = \log|\Gamma(\alpha+ix)| + i\,\mathrm{amg}(\alpha, x)$, on a alors

$$(7)\qquad \int_0^{\infty} \frac{\log(\pi^2\alpha^2+\log^2 y)}{(1+y)(y+x)}\,dy = \frac{4\pi}{x-1}\,\mathrm{amg}\left(\frac{\alpha+1}{2}, \frac{\log x}{2\pi}\right) + 2\log 2\pi\,\frac{\log x}{x-1},$$

$$(7')\qquad \int_0^{\infty} \frac{\log(\log^2 y)}{(1+y)(y+x)}\,dy = \frac{4\pi}{x-1}\,\mathrm{amg}\left(\frac{1}{2}, \frac{\log x}{2\pi}\right) + 2\log 2\pi\,\frac{\log x}{x-1},$$

$$(8)\qquad \frac{1}{\pi}\int_0^{\infty} \frac{\operatorname{arc\,tg}\dfrac{\log y}{\pi a}}{(1+y)(x+y)}\,dy = \frac{1}{y-1}\log\frac{\Gamma^2\left(\dfrac{\alpha+1}{2}\right)}{\left|\Gamma\left(\dfrac{\alpha+1}{2}+i\dfrac{\log x}{2\pi}\right)\right|^2};$$

cette formule se simplifie si α est un nombre entier en particulier

$$(8')\qquad \frac{1}{\pi}\int_0^{\infty} \frac{\operatorname{arc\,tg}\dfrac{\log y}{\pi}}{(1+y)(x+y)}\,dy = \frac{1}{x-1}\log\left(\frac{x-1}{\sqrt{x}\log x}\right),$$

$$(8'')\qquad \frac{1}{\pi}\int_0^{\infty} \frac{\operatorname{arc\,tg}\dfrac{\log y}{2\pi}}{(1+y)(x+y)}\,dy = \frac{1}{x-1}\log\left[\frac{(x+1)\pi^2}{2\sqrt{x}(\pi^2+\log^2 x)}\right],$$

et ainsi de suite.

Une Note ultérieure fera connaître d'autres applications curieuses de la formule (2).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur quelques propriétés des fonctions méromorphes et de leurs dérivées.* Note de M. **Henri Milloux**, présentée par M. Paul Montel.

1. L'étude de la distribution comparée des valeurs d'une fonction méromorphe et de celles de sa dérivée se trouve facilitée par la résolution de deux problèmes fondamentaux, qui peuvent être condensés comme suit :

Soit D un domaine simplement connexe du plan z, et D' un domaine complètement intérieur. Soit $f(z)$ une fonction méromorphe dans D.

On suppose que l'une des deux fonctions $f(z)$, $f'(z)$ ne prend, dans D, qu'un petit nombre de fois trois valeurs distinctes, tandis que l'autre fonction prend, dans D', un grand nombre de fois deux valeurs distinctes.

Étudier le comportement, dans D, de la première de ces fonctions.

Le théorème suivant fournit la réponse à cette question :

Théorème. — *Soit* D *un domaine simplement connexe du plan de la variable complexe z; z_0 un point intérieur à* D*; on suppose que tout point frontière de* D *est à une distance de z_0 comprise entre e^m et e^{-m} (m positif). On fait la représentation conforme du domaine* D *sur le cercle unité du plan x, de façon que les points $z = z_0$ et $x = 0$ se correspondent. Soit Δ le domaine du plan z qui correspond au cercle $|x| = 0{,}9$. Enfin, soit $f(z)$ une fonction méromorphe dans* D.

PREMIER CAS. — *On ajoute les hypothèses suivantes :*

A. *Dans* D, *la fonction* $f(z)$ *ne prend pas plus de* n *fois chacune de trois valeurs dont les distances sphériques prises deux à deux sont au moins égales à* e^{-n}.

B. *Dans le domaine* Δ, *la dérivée* $f'(z)$ *prend au moins* n' *fois chacune de deux valeurs de module inférieur à* 1 *et dont la différence est au moins égale à* 0,1 ; *en particulier, c'est le cas lorsque* Δ *est de remplissage, avec indice au moins égal à* n', *pour la dérivée* $f'(z)$.

C. *On a*

$$m = n = 10^{-6} n'(1-\mu); \qquad n'(1-\mu) > -10^{7} \log(1-\mu),$$

où μ *est une certaine quantité comprise entre* 0,9 *et* 1.

Dans ces conditions, dans la presque totalité du domaine Δ' *qui correspond, dans le plan* z, *au cercle* $|x| \leqq \mu$, *on a l'inégalité*

$$\log|f(z)| > 10^{-4} n'(1-\mu).$$

DEUXIÈME CAS. — *On ajoute les hypothèses suivantes :*

A'. *Dans* D, *la dérivée* $f'(z)$ *ne prend pas plus de* n' *fois chacune de trois valeurs dont les distances sphériques prises deux à deux sont au moins égales à* $e^{-n'}$.

B'. *Dans le domaine* Δ, *la fonction* $f(z)$ *prend au moins* n *fois chacune de deux valeurs dont la distance sphérique est au moins égale à* 0,1 ; *en particulier, c'est le cas lorsque* Δ *est de remplissage, avec indice au moins égal à* n, *pour la fonction* $f(z)$.

C'. *On a*

$$m = n' = 10^{-11} n(1-\mu)^{4} > \log\frac{1}{1-\mu},$$

où μ *est une certaine quantité comprise entre* 0,96 *et* 1.

Dans ces conditions, dans la presque totalité du domaine Δ', *on a l'inégalité*

$$\log|f'(z)| > 10^{-9} n(1-\mu)^{4}.$$

Un énoncé plus général peut être obtenu lorsque le domaine Δ correspond, dans le plan x, au cercle $|x| \leqq \lambda < 1$.

On obtient également des résultats précis dans le premier cas, lorsque l'hypothèse B n'est qu'à moitié réalisée, c'est-à-dire lorsque la dérivée $f'(z)$ prend au moins n' fois des valeurs pouvant être enfermées dans un cercle de rayon 0,1 et de modules inférieurs à 1.

On remarquera que les résultats du deuxième cas ne sont pas si précis que ceux du premier cas (comparer les hypothèses C et C', ainsi que les conclusions). Les propriétés de base utilisées sont les inégalités fondamentales de M. R. Nevanlinna.

2. Soit $f(z)$ une fonction méromorphe d'ordre fini. On choisit convenablement une succession de domaines D s'éloignant indéfiniment, de façon que les

domaines Δ contiennent des cercles de remplissage soit de la fonction $f(z)$ (deuxième cas), soit de la dérivée $f'(z)$ (premier cas).

En choisissant convenablement μ, les conclusions du théorème précédent obligent la fonction $f(z)$ (premier cas) ou sa dérivée (deuxième cas) à être très grande dans des régions beaucoup plus proches de l'origine du plan z que ne l'est le cercle de remplissage de départ. Ces régions sont trop étendues et trop proches de l'origine pour que le résultat soit acceptable, de sorte que l'hypothèse A (premier cas) ou A' (deuxième cas) est impossible. En d'autres termes :

Le domaine D est de remplissage, avec indice au moins égal à n pour la fonction $f(z)$ (premier cas) ou à n' pour la dérivée $f'(z)$ (deuxième cas).

En particulier, ce qui précède s'applique à des cercles de remplissage situés au voisinage de toute direction de Borel-Valiron de la fonction $f(z)$ ou de sa dérivée. On obtient ainsi le théorème suivant, pressenti depuis longtemps :

THÉORÈME. — *Toute direction de Borel-Valiron d'une fonction méromorphe d'ordre fini est aussi direction de Borel-Valiron de sa dérivée et réciproquement.*

Un résultat partiel avait déjà été obtenu dans le cas des fonctions entières, mais limité au passage de la dérivée à la fonction [1].

3. Cette propriété s'étend à une classe importante de fonctions méromorphes d'ordre nul, et elle est susceptible d'extension à l'étude comparée de la distribution des valeurs d'une fonction méromorphe dans un cercle et de celles de sa dérivée, au voisinage des points de Borel-Valiron.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions fuchsiennes de deux variables complexes dans un bicercle.* Note de M. **MICHEL HERVÉ**, présentée par M. Paul Montel.

L'étude, dans une Note antérieure [1], des fonctions fuchsiennes relatives à un groupe γ discontinu, de la première famille [2], d'automorphismes d'un domaine D borné, est reprise et conduite à des résultats plus précis (*cf.* 6 et 7 ci-après) dans le cas où D est le bicercle $|x|<1$, $|y|<1$.

Notations. — $z=(x, y)$ point courant du bicercle D; $z'=f(z)$ automorphisme de D; $Df(z)/Dz$ déterminant fonctionnel de la transformation $f(z)$; F compact contenu dans D tel que D soit réunion des $f(F)$ pour $f\in\gamma$ [2]; q plus petit entier tel que tout automorphisme de γ qui laisse fixe au moins un point de D ait la transformation identique pour q^e itéré, fonction fuchsienne de dimension m : toute fonction $\theta(z)$ holomorphe sur D qui vérifie

$$(1)\qquad \theta[f(z)]=\theta(z)\left[\frac{Df(z)}{Dz}\right]^{-m} \quad \text{pour } f\in\gamma;$$

[1] H. MILLOUX, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 296-297.

[1] *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 673.

[2] L'expression « γ de la première famille » signifie que F existe.

$\alpha(z)$ fonction fuchsienne de dimension k telle que $\alpha = \partial\alpha/\partial x = \partial\alpha/\partial y = 0$ n'ait lieu qu'en des points isolés, donc que toute fonction holomorphe sur D et nulle sur la variété $\alpha = 0$ soit divisible par α; $\alpha_1(z)$ et $\alpha_2(z)$ fonctions fuchsiennes de dimension k_1 telles que $\alpha = \alpha_1 = 0$ n'ait lieu qu'en des points isolés et que $\alpha = \alpha_1 = \alpha_2 = 0$ n'ait lieu en aucun point [conditions réalisables (1) pourvu que k et k_1 soient multiples assez grands de q]; fonction α-fuchsienne de dimension m: toute fonction holomorphe sur D qui vérifie (1) sur la variété $\alpha(z) = 0$; $d(m)$ nombre maximum de fonctions fuchsiennes de dimension m linéairement indépendantes; $\delta(m)$ nombre maximum de fonctions α-fuchsiennes de dimension m, linéairement indépendantes sur la variété $\alpha = 0$.

Pour $m < 0$ les fonctions α-fuchsiennes de dimension m sont les fonctions divisibles par α, propriété utilisée dans (1); ici la nature de ces fonctions est précisée (*cf.* 4 ci-dessous) pour m positif assez grand.

1. Si $m > k - 2$, *à toute fonction* $\varphi(z)$, *α-fuchsienne* de dimension m, *on peut en associer une autre*, soit $\varphi'(z)$, *vérifiant* $\varphi' = \varphi$ *pour* $\alpha = 0$ *et, pour* x *et* y *quelconques, une inégalité* $|\varphi'(x, y)| < K[(1-|x|)(1-|y|)]^{-m-5}$.

Cette fonction φ' est construite à l'aide de l'intégrale de Cauchy : c'est pourquoi l'on suppose ici que le domaine D est un bicercle. Ce résultat n'est qu'une première étape et va être amélioré ci-dessous (nº 4).

2. *On a* $\delta(m) \leqq Am$, *la constante* A *ne dépendant que de* γ *et* α.

Même démonstration que pour établir (3) l'inégalité $d(m) \leqq Bm^2$: au lieu d'un recouvrement fini de F, on utilise un recouvrement fini de $F \cap (\alpha = 0)$.

3. *A toute fonction α-fuchsienne* $\varphi(z)$ *de dimension* m *assez grande, on peut associer deux fonctions α-fuchsiennes,* $\varphi_1(z)$ et $\varphi_2(z)$, de dimension $m - k_1$, *telles que* $\varphi = \alpha_1\varphi_1 + \alpha_2\varphi_2$ *pour* $\alpha = 0$.

On a, en effet, pour m assez grand, $\delta(m) = 2\delta(m - k_1) - \delta(m - 2k_1)$; en appliquant ensuite la propriété 1 à φ_1 et φ_2, il vient :

4. *Toute fonction α-fuchsienne de dimension assez grande est égale, pour* $\alpha = 0$, *à une fonction fuchsienne de même dimension,* qui est somme d'une série de Poincaré.

Par suite, pour m assez grand, $\delta(m) = d(m) - d(m - k)$.

5. *Toute fonction fuchsienne de dimension m assez grande peut s'écrire* $\alpha\theta + \alpha_1\theta_1 + \alpha_2\theta_2$, où θ, θ_1, θ_2 sont des fonctions fuchsiennes de dimensions $m - k$, $m - k_1$, $m - k_1$.

6. *Toute fonction fuchsienne de dimension assez grande est somme d'une série de Poincaré.*

7. *Pour m assez grand, on a* $d(m) = am^2 + b(r)m + c(r)$, où a est une constante, $b(r)$ et $c(r)$ des nombres ne dépendant que du reste r de la division de m par q.

Les propriétés 6 et 7 sont comparables aux résultats qu'a obtenus

(3) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 462.

Poincaré ([4]), par une méthode de caractère algébrique, pour les groupes discontinus de la première famille dans le cercle $|z| < 1$.

8. Les propriétés 5 et 7 peuvent servir à une théorie des idéaux de fonctions fuchsiennes, analogue à la théorie classique ([5]) des idéaux de formes algébriques : tout idéal a une base finie; la fonction caractéristique de l'idéal des fonctions fuchsiennes de la forme $\alpha\theta + \alpha_1\theta_1$ (où θ et θ_1 sont des fonctions fuchsiennes de dimensions $m-k$ et $m-k_1$), est, pour m assez grand, la constante $2akk_1$; c'est le nombre des conditions imposées à une fonction fuchsienne par son appartenance, en chaque point du bicercle (ou simplement de F) à l'idéal engendré en ce point par α et α_1, c'est-à-dire, d'une manière en général insuffisamment précise, le nombre des classes d'équivalence mod γ des zéros communs à α et α_1.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Généralisation du lemme de Schwarz et du principe de la mesure harmonique pour les fonctions pseudo-analytiques.* Note de MM. **Joseph Hersch** et **Albert Pfluger**, présentée par M. Paul Montel.

1. Nous appellerons une fonction complexe $w(z)$ *fonction* D-*pseudo-analytique* dans un domaine G si elle définit une application de G dans le plan de w satisfaisant aux conditions suivantes :

a. C'est une transformation intérieure au sens de Stoïlow ([1]).

b. Un module M de chaque « quadrilatère » dans G et le module correspondant M′ de son image satisfont aux inégalités

$$D^{-1}M \leqq M' \leqq DM, \qquad (1)$$

où D est une constante donnée $\geqq 1$.

Par *module d'un quadrilatère* (domaine de Jordan sur la frontière duquel on a désigné quatre points différents), on entend l'un des deux rapports des côtés du rectangle obtenu par application conforme.

Il suffit d'ailleurs de supposer que la condition (1) soit remplie pour les quadrilatères dans un voisinage de chaque point de G.

On remarquera que la fonction $w(z)$ n'est pas supposée posséder de dérivées partielles; si tel est le cas, notre définition revient à celle de Grötzsch ([2]), ([3]): l'image d'un cercle infinitésimal est une ellipse dont le rapport des axes $2a$ et $2b$ satisfait à la condition $D^{-1} \leqq a/b \leqq D$.

([4]) *Acta Math.*, 1, 1882, p. 193, ou *Œuvres*, 2, p. 169 (§ 6).

([5]) D. Hilbert, *Math. Ann.*, 36, 1890, p. 473 et E. Lasker, *Math. Ann.*, 60, 1905, p. 20.

([1]) *Leçons sur les principes topologiques de la théorie des fonctions analytiques*, Gauthier-Villars, Paris, 1938.

([2]) *Leipziger Ber.*, 80, 1928, p. 503-507.

([3]) *Leipziger Ber.*, 82, 1930, p. 69-80.

2. Théorème. — *Soit* $w(z)$ D-*pseudo-analytique dans* $|z|<1$, *telle que* $w(0)=0$ *et* $|w(z)|<1$ *pour* $|z|<1$. *Alors, pour tout* $|z|<1$,

$$|w(z)|\leqq k\left[q^{\frac{1}{D}}(|z|)\right],$$

où $k(q)=\vartheta_2^2/\vartheta_3^2$ *est la fonction inverse de la fonction* $q(k)=e^{-\pi[K'(k)/K(k)]}$ *connue dans la théorie des fonctions elliptiques, avec*

$$K(k)=\int_0^1\frac{dx}{\sqrt{(1-x^2)(1-k^2x^2)}}\qquad et\qquad K'(k)=K(\sqrt{1-k^2}).$$

La fonction $\Phi(P)$ de Teichmüller ([4]) n'est autre que $q^{-\frac{1}{2}}(1/P)$.

La borne indiquée est exacte. Pour $D>1$, la fonction extrémale dépend de z. Pour $D=1$, ce théorème donne le *lemme de Schwarz* connu pour les fonctions analytiques.

Le calcul numérique de la borne exacte de $|w(z)|$ en fonction de $|z|$ pour diverses valeurs de D est du ressort de la théorie des transformations de fonctions elliptiques. Pour $D=2$, on obtient par une transformation de Landen, ou aussi par une méthode géométrique élémentaire : $|w(z)|\leqq 2.\sqrt{|z|}/(1+|z|)$. Ce résultat se généralise pour $D=2^n$. Voici les formules asymptotiques pour les deux cas limites :

$$k\left(q^{\frac{1}{D}}(|z|)\right)=|z|^{\frac{1}{D}}4^{\frac{D-1}{D}}+o\left(|z|^{\frac{1}{D}}\right)\qquad\text{quand}\quad |z|\to 0;$$

$$1-k\left(q^{\frac{1}{D}}(|z|)\right)=\frac{(1-|z|)^D}{8^{D-1}}+o(1-|z|)^D\qquad\text{quand}\quad z\to 1.$$

3. On peut généraliser le théorème précédent comme *Pick* l'a fait pour le lemme de Schwarz. Si h est la distance hyperbolique de deux points d'un domaine simplement connexe et h' celle de leurs images, alors $h'\leqq H(D, h)$; la fonction $H(D, h)$ s'exprime à partir de la borne donnée au théorème précédent. La formule asymptotique

$$H(h)=Dh+(D-1)L2+o(1)\qquad\text{quand}\quad h\to\infty$$

se prête tout particulièrement à la transposition pour les fonctions pseudo-analytiques des résultats asymptotiques obtenus pour la borne du *théorème de Schottky* par plusieurs auteurs.

Une généralisation de l'*inégalité de Jensen*, qui s'obtient sans peine mais ne fournit pas la borne exacte, donne le théorème suivant :

Soient $w(z)$ *une fonction* D-*pseudo-analytique bornée dans* $|z|<1$ *et* a_1, a_2, a_3, ... *ses zéros. Alors la somme* $\sum_{n=1}^{\infty}(1-|a_n|)^D$ *converge.*

([4]) *Deutsche Math.*, 3, 1938, p. 621-678.

Si $D = 1$, c'est le *théorème de Blaschke*.

On peut aussi démontrer que, par des transformations quasi conformes, la *mesure harmonique* ne peut varier qu'entre des limites bien déterminées. Soit $\omega(z, \alpha; G)$ la mesure harmonique de l'arc frontière α au point z, relative au domaine simplement connexe G, et soient z', α' et G' leurs transformées D-quasi-conformes. On a alors les inégalités :

$$\sin\frac{\pi\omega'}{2} \leqq k\left(q^{\frac{1}{D}}\left(\sin\frac{\pi\omega}{2}\right)\right), \qquad \text{où} \quad \omega = \omega(z, \alpha; G), \qquad \omega' = \omega(z', \alpha'; G');$$

et

$$\cos\frac{\pi\omega'}{2} \leqq k\left(q^{\frac{1}{D}}\left(\cos\frac{\pi\omega}{2}\right)\right).$$

Ces inégalités ouvrent la voie à la généralisation de divers théorèmes de la théorie des fonctions.

4. La méthode de démonstration repose, d'une part sur les inégalités entre les modules M et M' d'un quadrilatère ou d'un domaine doublement connexe et de son image par une transformation D-pseudo-analytique; d'autre part sur les propriétés extrémales de ces modules.

Pour la définition des modules et pour la démonstration des propriétés extrémales, on peut employer avantageusement la théorie des longueurs extrémales ([5]), que le domaine image soit situé sur le plan ou sur une surface de recouvrement. Cela permet parfois d'éviter l'usage des théorèmes fondamentaux de la représentation conforme.

CALCUL ANALOGIQUE. — *Traceur automatique de trajectoires électroniques et son adaptation à la détermination des lignes de courant dans un bassin électrique*. Note (*) de M. **Jacques Marvaud**, présentée par M. Joseph Pérès.

La précision du traceur, dont j'ai donné précédemment le principe ([1]), a été vérifiée par application à des cas dans lesquels la trajectoire pouvait être calculée rigoureusement. Voici, pour fixer les idées, un exemple : dans le cas d'un condensateur sphérique, on sait que les trajectoires électroniques sont des ellipses; le traceur étant utilisé pour construire, à partir du sommet du grand axe, un quadrant d'ellipse de demi-axes 40 et 17 cm, a donné au sommet du petit axe une erreur de position inférieure à 1 mm, l'erreur sur la direction de la tangente (dont l'appareil calcule la pente) étant du demi-degré.

Le traceur de trajectoires peut être modifié en ce qui concerne son système

---

([5]) Ahlfors et Beurling, *Acta Math.*, **83**, 1950, p. 101-129.

(*) Séance du 19 décembre 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 476.

potentiométrique, de façon, à donner les lignes de courant du champ, dont l'équation est

$$\Phi'_x\, dy - \Phi'_y\, dx = 0, \qquad (1)$$

Φ étant le potentiel. Soit $\Delta_x\Phi$ et $\Delta_y\Phi$ les variations de Φ obtenues par des déplacements successifs de la sonde Δx et Δy dans les directions respectives Ox et Oy. Nous remplaçons (1) par l'équation approchée

$$\frac{\Delta_x\Phi}{\Delta x}\Delta y = \frac{\Delta_y\Phi}{\Delta y}\Delta x$$

qui sera satisfaite si Δx et Δy sont tels que

$$\overline{\Delta x}^2 = k\,\Delta_x\Phi, \qquad \overline{\Delta y}^2 = k\,\Delta_y\Phi; \qquad (2)$$

on utilisera donc des potentiomètres gradués proportionnellement à la racine carrée de leur résistance.

Le montage (*fig.* 1) est un peu différent de celui du traceur de trajectoires. Il comporte, en plus des potentiomètres Px et Py, un potentiomètre P.

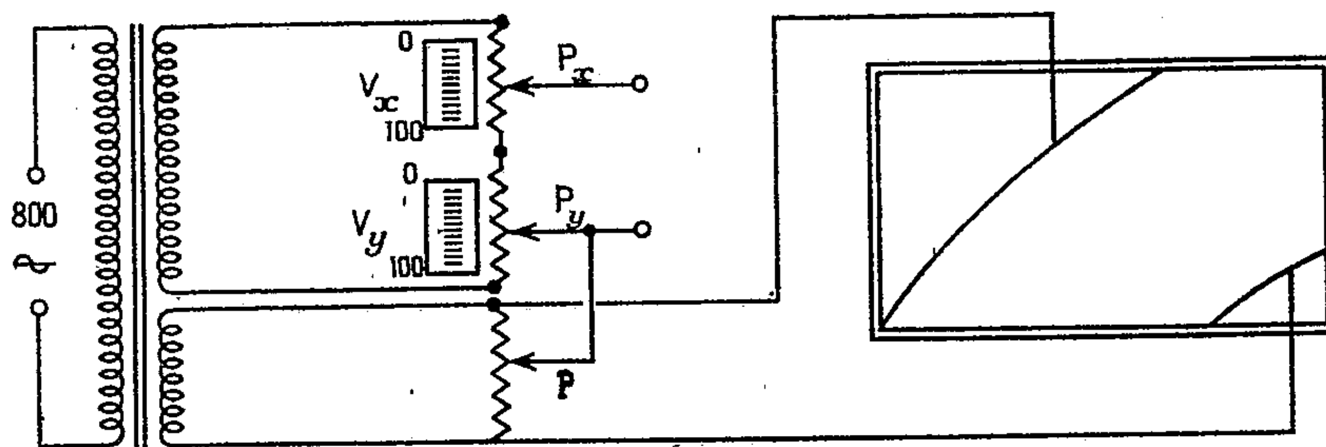


Fig. 1.

Pour tracer une ligne de courant partant d'un point donné d'un champ réalisé dans un bassin électrique, on place la sonde en ce point et l'on met le curseur de Px au potentiel de la sonde au moyen du potentiomètre P. Puis on déplace la sonde parallèlement à l'axe Ox. Durant ce déplacement le potentiel de la sonde varie; cette variation $\Delta_x\Phi$ du potentiel est enregistrée sur le potentiomètre Px. On arrête le mouvement de la sonde lorsqu'on a effectué un déplacement Δx égal à la valeur v_x indiquée par le potentiomètre Px,

$$\Delta x = v_x.$$

Or comme nous avons ([1]) : $v_x^2 = k\Delta_x\Phi$, la relation (2) est bien réalisée.

On fera effectuer de même à la sonde un déplacement Δy parallèle à l'axe Oy jusqu'à ce qu'on ait

$$\Delta x = v_x,$$

v_y étant la valeur lue sur le potentiomètre Py.

Après ces deux déplacements, la sonde se trouve sur un nouveau point de la ligne de courant.

On procédera de la même façon pour les points suivants.

Remarque. — Les traceurs peuvent être rendus entièrement automatiques en remplaçant chacun des potentiomètres Px et Py par le dispositif suivant (*fig.* 2).

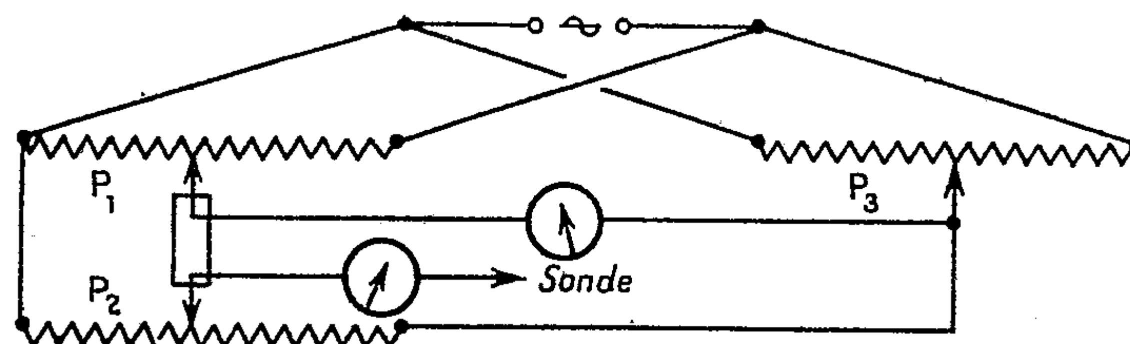


Fig. 2.

Les curseurs des potentiomètres P_1 et P_2 sont montés sur le même axe, donc solidaires mécaniquement mais non électriquement. Le potentiomètre P_3 permet d'alimenter le potentiomètre P_2 d'une tension égale à celle recueillie sur le curseur de P_1.

Si P_1, P_2 tourne d'un angle α, le potentiel recueilli sur le curseur de P_1 sera proportionnel à α. Le potentiel recueilli sur le curseur de P_2 sera par suite proportionnel à α^2.

Un système de télécommande donne aux chariots supportant la sonde un déplacement proportionnel à l'angle de rotation des curseurs de P_1, P_2. Lorsque ceux-ci auront tourné de façon que le potentiel recueilli sur le curseur de P_2 ait varié de zéro à $\Delta\Phi$; ils auront effectué une rotation d'une valeur φ telle que

$$\varphi^2 = k\Delta\Phi.$$

Les déplacements des chariots auront des valeurs proportionnelles à la racine carrée de la variation du potentiel. Les lectures sur les traceurs de trajectoires électroniques et de lignes de courant seront supprimées. Un commutateur permettra à chaque opération de s'effectuer l'une après l'autre et rendra l'appareil entièrement automatique.

ÉLASTICITÉ PLANE. — *Sur les points d'un prisme élastique, où la rupture s'amorce lorsqu'il est soumis à des efforts croissants.* Note (*) de M. **François Teissier du Cros**, présentée par M. Albert Caquot.

La rupture d'un solide qui est soumis à des efforts croissants, est l'apparition de surfaces séparatrices ou de zones de glissement au sein de la matière. En général, la rupture naît dans une région quasi ponctuelle, puis elle se

(*) Séance du 19 décembre 1951.

propage très rapidement. *La théorie de l'Élasticité peut donner certaines informations sur le point et l'instant de départ de ce phénomène.*

Le cas examiné est celui d'un prisme droit soumis sur sa face latérale à des forces de contact croissantes $F(t)$, qui développent une *contrainte à deux dimensions* indépendante de la distance z au plan d'une section droite D, pris pour plan de coordonnées x, y. La force est nulle sur tout élément d'une section plane $z = \text{const.}$, en particulier sur les abouts. Les $F(t)$ sont supposées nulles à l'instant zéro, elles croissent très lentement, proportionnellement au temps t, avec une direction fixe.

Avant rupture en un point $m(x, y)$, les tensions principales sont n'_t, n''_t, o, $(n'_t > n''_t)$; la tension moyenne et le rayon du cercle de Mohr relatifs au plan xOy sont $n_t = (1/2)(n'_t + n''_t)$, $r_t = (1/2)(n'_t - n''_t)$. Le *cercle de rupture*, de rayon R_t, a son centre à l'abscisse N_t. On a $R_t = N_t = (1/2)n'_t$, si n'_t et n''_t sont > 0; $R_t = -N_t = -(1/2)n''_t$, s'ils sont < 0; enfin $R_t = r_t$, $N_t = n_t$ si $n'_t > 0 > n''_t$. Entre les variables r_t, n_t, et les variables R_t, N_t, la correspondance est continue. Selon la théorie de M. A. Caquot, la stabilité de l'équilibre élastique au voisinage de m est assurée par une inégalité de la forme $R_t < F(N_t)$. Cette condition prend, en variables indépendantes r_t, n_t, une nouvelle forme $r_t < L(n_t)$.

L est déterminée par la courbe intrinsèque du matériau, nulle aux extrémités d'un certain intervalle $\alpha \leqq n_t \leqq \beta$, dans lequel elle est positive et convexe. Admettons pour simplifier que le matériau a des limites de réversibilité et de proportionnalité égales (loi de Hooke), de sorte que $r_t = tr_1$, $n_t = tn_1$ jusqu'à la rupture, et posons

$$(1) \qquad \delta(x, y, t) = s_t(x, y) - r_1(x, y); \qquad s_t = t^{-1}L(tn_1(x, y)).$$

La condition de stabilité devient $\delta > 0$. $\delta(x, y, t)$ est fonction continue des trois variables $x, y, t (t > 0$ jusqu'à la rupture.

Définitions. — *Instant critique* t_1 : plus petite valeur de t pour laquelle δ s'annule quelque part dans D.

Ensemble critique ε : le ou les points où $\delta(x, y, t_1) = 0$. Voici des cas où ε est situé sur le contour de D.

En chaque point $m(x, y)$, s_t décroît lorsque t croît. Pour $t = \text{const.}$, $s_t(x, y)$ est fonction surharmonique de x, y, parce que L est convexe de n_t, et n harmonique de x, y. Supposons $r_1(x, y)$ sousharmonique, ε ne peut avoir de point intérieur à D, car un pareil point aurait dans son voisinage, des points où δ serait nul avant l'instant t_1, ce qui est absurde.

ε n'a donc aucun point dans le ou les domaines où $r_1(x, y)$ est sousharmonique.

Exemples. — *a.* Si le quasi équilibre engendré par les forces appliquées $F(t)$ est un *état à centre,* on sait que $r_1(x, y)$ est sousharmonique dans D [1]. *ε appartient tout entier au contour.*

---

[1] *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 223.

b. Tout état d'équilibre est la superposition de deux états à centre, dont les centres a, b peuvent être choisis arbitrairement. Les formules de décomposition étant

$$n_1(x, y) = \frac{1}{2}(N_1 + N_2) = \text{Ré}\, p(z), \qquad p(z) = p_a(z) + p_b(z), \text{ dérivées } p'_a, p'_b.$$

$$\frac{1}{2}(N_1 - N_2) - iT_3 = M(z, \bar{z}) = M_a(z, \bar{z}) + M_b(z, \bar{z}), \qquad r_1(x, y) = (M),$$

supposons que p'_a, p'_b soient régulières sur le contour et qu'elles y satisfassent pour un choix convenable de a et b :

$$(2) \qquad \arg p'_a p'^{-1}_b (z - a)^{-1}(z - b) \equiv 0 \qquad (\text{mod } 2\pi).$$

On voit que la fonction sousharmonique $|M_a| + |M_b|$ est égale à $r_1(x, y)$ sur le contour, tandis qu'elle le majore à l'intérieur de D, et l'on déduit de là, comme plus haut, que ε *appartient tout entier au contour lorsque* (2) *a lieu*.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Un passage de l'Élasticité à la Résistance des matériaux*. Note (*) de M. **Henri Pailloux**, présentée par M. Jean Chazy.

A partir des résultats rigoureux de l'Élasticité, et grâce à des approximations contrôlables, les méthodes du Calcul fonctionnel permettent d'obtenir des équations assez voisines des équations usuelles de la Résistance des matériaux. On peut faire intervenir d'une manière plus satisfaisante la répartition des charges à la surface.

La méthode est exposée pour une poutre dont Ox est la fibre moyenne, les axes d'inertie de la section droite étant parallèles à Oy et Oz ; s désigne l'arc du contour de la section droite. La poutre de section constante est soumise sur sa surface latérale à des charges unitaires données $\mathfrak{X}$, $\mathfrak{Y}$, $\mathfrak{Z}$, fonctions de s et x. Pour simplifier, nous négligeons les forces massiques.

Un point dont les coordonnées sont x, y, z quand la poutre n'est pas chargée, subit une déviation de composantes U, V, W sous l'effet des charges précédentes. y et z ont un champ de variation borné à l'intérieur de la section droite, mais ce ne sont pas des quantités infiniment petites. Nous admettons une répartition de charges assez régulière pour pouvoir développer U, V, W suivant les puissances croissantes de y et z :

$$U = u + y a_1 + z a_2 + \frac{1}{2}(y^2 a_{11} + 2yz a_{12} + z^2 a_{22}) + \frac{1}{6}(y^3 a_{111} + 3y^2 z a_{112} + \ldots) + \ldots.$$

On aurait pour V et W des formules analogues où u, a seraient remplacés par v, b ou w, c. u, v, w, a, b, c sont fonctions uniquement de x.

(*) Séance du 19 décembre 1951.

Si nous arrêtons au second ordre le développement de Taylor de U, pour que les formules soient correctes, il faut que les dérivées secondes soient calculées en un certain point de la section droite. Au lieu de ce point nous prenons le centre de gravité de la section droite : telle est l'approximation que nous proposons. L'erreur est faible si les dérivées secondes varient peu dans chaque section droite. L'approximation d'ordre 1 est celle qui tient compte uniquement de u, v, w. L'approximation d'ordre 2 tient compte en outre de $a_1, \ldots, c_2$.

L'approximation d'ordre 1, très médiocre, déplace chaque section par translation. L'approximation du second ordre transforme la section droite en une surface plane, comme dans l'hypothèse de Bernoulli, mais cette section n'est plus en général normale à la ligne élastique, ni indéformable; elle subit une affinité caractérisée par les nombres $a_1, \ldots, c_2$. L'hypothèse actuelle, plus générale que celle de Bernoulli, doit donc être tenue pour une approximation meilleure que celle de la Résistance des matériaux classiques. L'approximation du troisième ordre transforme une section droite en un morceau de quadrique.

L'approximation d'ordre 1 conduit aux équations suivantes :

$$A(\lambda+2\mu)u''+X=0, \qquad A\mu v''+Y=0, \qquad A\mu w''+Z=0,$$

où A représente l'aire de la section droite, et X, Y, Z les composantes de la charge par unité de longueur de la poutre. La première équation est assez satisfaisante malgré le remplacement de E par $\lambda+2\mu$. Les deux autres sont éloignées des équations usuelles.

L'approximation d'ordre 1 conduit à quatre systèmes d'équations ayant respectivement 3, 2, 2 et 2 inconnues. Aux seconds membres figurent des termes dépendant des charges et qui ne se trouvent pas dans les équations usuelles. Ainsi w vérifie l'équation suivante :

$$(\lambda+2\mu)\,\mathrm{I}w''=\int_x^l (\mathrm{T}''_z-\mathrm{L}_2)\,dx-\frac{\lambda+2\mu}{2\mu\mathrm{A}}\mathrm{Z}+\mathrm{H},$$

où nous avons posé

$$\mathrm{Z}=\int_c \mathfrak{Z}\,ds, \qquad \mathrm{T}''_z=\int_x^l \mathrm{Z}\,dx+\mathrm{K}, \qquad \mathrm{L}_2=\int_c z\,\mathfrak{X}\,ds,$$

et où H et K sont des constantes d'intégration. L'équation précédente est à rapprocher de l'équation

$$\mathrm{EI}w''=\mathrm{M} \qquad (\mathrm{L}_2=0),$$

qu'on rencontre dans la théorie classique. En dehors d'un terme correctif, on note le remplacement de E par $\lambda+2\mu$.

L'approximation d'ordre 3 conduit à un système différentiel de 18 équations à 18 inconnues. Les expressions suivantes :

$$\iint y^3\,dy\,dz, \quad \iint y^2 z\,dy\,dz, \quad \ldots, \quad \iint y^4\,dy\,dz, \quad \ldots; \quad \int_c y^2\mathfrak{X}\,ds, \quad \int yz\,\mathfrak{X}\,ds, \quad \ldots$$

figurent comme coefficients, et dans les seconds membres.

En principe les calculs précédents ne sont pas applicables aux charges isolées. En pareil cas on peut étaler la charge ou procéder à des intégrations convenables dans les systèmes différentiels. La méthode s'applique à une poutre courbe, dont la section n'est pas constante, ou dont les axes principaux de l'ellipse d'inertie varient en direction.

La méthode s'applique pour l'étude dynamique d'une poutre grâce à l'extension des équations de Lagrange aux systèmes matériels définissables à l'aide de fonctions-paramètres. Dans une prochaine Note nous indiquerons comment on peut résoudre les problèmes de statique et dynamique des membranes.

Les lignes directrices de la méthode exposée restent les mêmes si des considérations de physique conduisent à admettre une autre forme de potentiel interne.

On peut aussi concevoir un développement du déplacement $U = \Sigma a(x)\psi(y, z)$ mieux adapté à certains problèmes, avec des fonctions ψ autres que des polynomes.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Sur le durcissement des ciments.* Note (*) de Mlle **Édith Couillaud**, présentée par M. Albert Caquot.

L'augmentation de température de durcissement accélère la prise des liants hydrauliques d'une façon très différente suivant leur nature.

Nous avons rendu compte de nos premières études dans les deux Notes de 1938 et 1939 [1]. La précision des résultats obtenus dans la mesure des résistances, grâce au matériel que nous avons mis au point pour le malaxage et pour le remplissage des moules, correspond aujourd'hui à un écart probable de 3 % seulement.

Par cette précision dans les mesures, nous avons pu obtenir des résultats très cohérents pour l'influence de la température sur le durcissement dont nous avons prolongé la période d'essai dans certains cas jusqu'à 2 ans.

Les essais prolongés confirment nos premiers résultats.

Pour le ciment de Portland, la chaux hydraulique et le ciment de laitier, l'augmentation de température agit dans l'ensemble comme une diminution du paramètre temps, la résistance finale étant inchangée.

Le ciment de Portland est le moins sensible, et le ciment de laitier le plus sensible à la variation de température.

Au voisinage de la température de référence de 18°, la diminution du paramètre temps dans les courbes Résistance-Temps, est de l'ordre de 3 % pour le

(*) Séance du 19 décembre 1951.

(1) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 985 et 209, 1939, p. 397.

Portland, 4 % pour la chaux hydraulique et 10 % pour le ciment de laitier par augmentation de température de 1° C.

La proportion n'est pas constante, à 45° la diminution par degré centigrade du paramètre temps est :

1,5 % pour le Portland, 3 % pour la chaux hydraulique et 4 % pour le ciment de laitier.

A 70°, ces mêmes coefficients sont respectivement de l'ordre de 0,5 % ; 2 % et 2 %.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Recherches sur le jet critique plan.* Note (*) de M. **Charles Roumieu**, présentée par M. Joseph Pérès.

Formation d'une équation aux différences finies réalisant une approximation de l'équation des fluides compressibles.
Application au jet critique plan, à partir de l'équation approchée de Tricomi et à partir de l'équation exacte.

1. Lorsqu'on pose $\sqrt{\eta}\,d\eta = \sqrt{k}\,d\sigma$, l'équation $kf_{\theta\theta} + f_{\sigma\sigma} = 0$ des fluides compressibles prend la forme

$$(1)\qquad L(f) \equiv T(f) - a(\eta) f_{\eta} = 0,$$

avec

$$T(f) \equiv \eta f_{\theta\theta} + f_{\eta\eta} \quad \text{et} \quad a(\eta) = -\sqrt{\frac{\eta}{k}}\frac{d}{d\eta}\left(\sqrt{\frac{k}{\eta}}\right).$$

Considérons le quadrillage défini par les droites $\theta = mh$, $\eta = \eta_n$; h est une constante positive, m et n des entiers; les η_n forment une suite croissante $\eta_0 = 0$. Lorsque h et les différences $k_n = \eta_{n+1} - \eta_n$ sont assez petites, on obtient une bonne approximation de (1) en y remplaçant les dérivées par des rapports de différences finies, ce qui donne une relation linéaire entre f^n_{m+1}, f^n_{m-1}, f^{m+1}_n, f^{n-1}_m et f^n_m, on pose $f^j_i = f(ih, \eta_j)$.

En supersonique, on peut annuler le coefficient f^n_m dans cette relation en posant $k_{n-1} = h^2/k_n\eta_n$, ce qui définit les $\eta_n (n < 0)$ à partir de $\eta_0 = 0$ et de η_{-1}. L'équation (1) est alors remplacée par :

$$(2)\qquad f^n_{m+1} + f^n_{m-1} - f^{n+1}_m - f^{n-1}_m + \frac{k_n - k_{n-1} - h^2\dfrac{a(\eta_n)}{\eta_n}}{k_n + k_{n+1}}(f^{n+1}_m - f^{n-1}_m) = 0,$$

dans laquelle ne figure plus f^n_m. Les diagonales du quadrillage présentent alors à l'égard de (2) des propriétés analogues à celles des caractéristiques de (1); en particulier, on peut résoudre le problème de Cauchy pour

(*) Séance du 19 décembre 1951.

l'équation (2) en calculant les f_m^n de proche en proche le long de ces diagonales. η_{-1} semble arbitraire, mais, en général la suite des k_n est non monotone et les diagonales ne tendent pas vers des courbes ayant une tangente continue. Il existe une valeur particulière $\eta_{-1} = -1{,}125\, h^{\frac{2}{3}}$ pour laquelle la suite des k_n est monotone; les diagonales tendent alors vers les caractéristiques de (1).

En subsonique, on pose $k_n = h^2/\eta_n k_{n-1}$ et $\eta_1 = -\eta_{-1}$. L'équation (1) est alors remplacée par

$$(3)\qquad f_{m+1}^n + f_{m+1}^n - f_m^{n-1} + f_m^{n-1} - 4f_m^n + \frac{k_{n-1} - k_n + h^2\,\dfrac{a(\eta_n)}{\eta_n}}{k_{n-1} + k_n} = 0,$$

grâce au choix de η_1 le dernier terme de cette équation devient très petit dès qu'on s'éloigne de la ligne sonique, ce qui rend très aisé l'emploi de la méthode de relaxation.

2. La fonction de courant $f(\theta, \eta)$ du jet critique est la solution de (1) définie par les conditions aux limites :

$$\eta = 0, \quad 0 < \theta \leqq \frac{\pi}{2}, \quad f = 0; \qquad \theta = 0, \quad \eta > 0, \quad f = 1;$$
$$\theta = \frac{\pi}{2}, \quad \eta \geqq 0, \quad f = 0.$$

L'approximation de Tricomi consiste à remplacer $f(\theta, \eta)$ par la fonction $g(\theta, \eta)$ solution de $T(g) = 0$, vérifiant les mêmes conditions aux limites. $g(\theta, \eta)$ a été calculé de deux manières :

a. $g\theta, (\eta)$ est discontinue à l'origine. Mais soit la fonction $U[4\eta^3/(4\eta^3 + 9\theta^2)]$ telle que $T(u) = 0$, $u(0) = 0$, $u(1) = 1$. La différence $g^* = g - u$ vérifie des conditions aux limites continues. On a calculé g^* par la méthode de relaxation en remplaçant $T(g^*) = 0$ par l'équation aux différences finies obtenue en faisant $a = 0$ dans (3). En prenant $h = \pi/40$, on a obtenu, a désignant la demi-largeur aval :

longueur du jet : $X_T = 1{,}959\,a$, demi-largeur amont : $Y_T = 1{,}520\,a$.

b. En cherchant $g(\theta, \eta)$ sous forme d'un développement trigonométrique, et en sommant ce développement, on a obtenu

$$g(\theta, \eta) = -\frac{4}{\sqrt{\pi}\,\Gamma\left(\frac{1}{3}\right)\Gamma\left(\frac{1}{6}\right)} \int_1^\infty \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{tg}\theta}{\pi h \frac{2}{3} \eta^{\frac{3}{2}} t} \, \frac{dt}{(t^2-1)^{\frac{5}{6}}}.$$

Cette expression donne tous les éléments du jet. On a calculé X_T, Y_T et vérifié les valeurs trouvées précédemment.

3. Pour obtenir $f(\theta, \eta)$, on a utilisé $g(\theta, \eta)$ et calculé la fonction :

$$H(\theta, \eta) = g - bf + (b-1)\left(1 - \frac{2\theta}{\pi}\right); \qquad b = \exp\left(\frac{1}{2}\int_0^\eta a\, d\eta\right),$$

$H(\theta, \eta)$ est nulle sur le contour de la demi-bande $0 \leq \theta \leq \pi/2$, $\eta \geq 0$, et vérifie l'équation $L(H) = -b(a^2/4 - a'/2)$. Le calcul a été fait en remplaçant l'équation précédente par l'équation aux différences finies correspondante qui s'obtient en écrivant au second membre de (3) $-b(a^2/4 - a'/2)h^2/\eta_n$ à la place de 0. On a obtenu ainsi : longueur du jet : $x = 1{,}59a$; demi-largeur amont : $y = 1{,}34a$. D. F. Ferguson and M. J. Lighthill (1) ont obtenu $y = 1{,}3428a$ par une méhode tout à fait différente. G. Guderley (2) a indiqué le premier que le jet critique avait une longueur finie. P. Germain (3) a donné une démonstration de ce fait, mais à notre connaissance, aucune valeur numérique de cette longueur n'avait encore été donnée.

AÉROTHERMODYNAMIQUE. — *Mesure des coefficients de convection aux grandes vitesses et aux températures élevées.* Note (*) de MM. **Edmond Brun** et **Max Plan**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Le dispositif décrit ici a servi à mettre au point une méthode destinée à étudier la convection forcée dans un domaine jusqu'ici peu exploré, celui des grandes vitesses et des températures élevées.

Un tube de section circulaire, en maillechort, d'un diamètre extérieur de 10 mm et d'une épaisseur de 0,25 mm, est coiffé, à l'amont, par une ogive. Il est placé dans la veine d'une soufflerie, de manière que son axe ait la direction de la vitesse de l'air dans la veine. Il est porté à température élevée (850° C) par un courant électrique, de forte intensité (jusqu'à 700 A), qui le parcourt, à partir de la base de l'ogive, sur une longueur de 60 mm. Les connexions électriques du tube avec la source d'énergie sont assurées par deux doubles tubes parcourus par un courant d'eau froide : l'un des doubles tubes passe à l'intérieur du tube en maillechort et aboutit à l'ogive, qui se trouve ainsi maintenue sensiblement à la température de l'eau de circulation; l'autre double-tube est soudé à un manchon, lui-même parcouru par le courant d'eau, qui limite, à l'aval, la partie chaude du tube de maillechort. Ainsi, d'une part, les soudures, bien refroidies, tiennent facilement et, d'autre part, la chaleur transmise par conduction le long des connexions métalliques est négligeable.

A l'aide d'un pyromètre optique à filament disparaissant, visant à travers la glace qui limite la veine de la soufflerie, la température est mesurée en un nombre de sections suffisant pour que l'on puisse tracer, avec assez de précision, la courbe de répartition des températures le long du tube chauffé.

(1) *Proc. Roy. Soc.* A **191**, p. 323; A **192**, p. 135.

(2) *Tech. Rep.*, n° F-TR 2168 N. D., Air Materie Command (Wright Field), 1947.

(3) *Note technique O.N.E.R.A.*, 1/1323 A.

(*) Séance du 19 décembre 1951.

L'influence des bouts refroidis se manifeste, de chaque côté, sur une longueur d'une dizaine de millimètres.

La puissance thermique, entraînée par le courant d'air, est égale à la différence entre la puissance électrique fournie et les puissances thermiques qu'enlève le courant d'eau, d'une part, et que rayonne le tube de maillechort, d'autre part. Ces grandeurs sont déterminées quand on mesure l'intensité du courant électrique, la différence de potentiel aux extrémités de la portion chauffée du tube, le débit constant de l'eau dans chaque connexion, l'échauffement de l'eau lors de son trajet dans une connexion, le facteur d'émission du tube.

De la valeur moyenne de la température du tube, sur sa partie chauffée, on déduit le coefficient moyen de convection, en prenant, dans ce calcul, pour température de l'air, non point sa température réelle dans la veine, mais celle qu'aurait la paroi du tube dans la veine s'il n'était pas parcouru par un courant électrique (1).

En déterminant, à l'aide du gradient de température aux extrémités, la puissance transmise de chaque côté, au courant d'eau, par conduction à travers le tube de maillechort, il est possible de connaître également les coefficients locaux de convection aux diverses sections du tube.

Les expériences ont été faites, avec le même appareil, dans les mêmes conditions de température, successivement en écoulement subsonique (nombres de Mach compris entre 0,35 et 0,75) et en écoulement supersonique (nombres de Mach égaux à 1,90, 2,40 et 2,95).

Étant donnée la difficulté de l'interprétation théorique des résultats obtenus avec ce premier dispositif, il convient de ne pas attribuer trop d'importance aux valeurs absolues obtenues, les résultats étant surtout destinés à préciser l'évolution du phénomène de convection en fonction des conditions de l'écoulement. La précision des mesures est, d'ailleurs, plus grande en écoulement subsonique qu'en écoulement supersonique, car la fraction de la puissance électrique enlevée par convection est plus grande dans le premier cas que dans le deuxième, et cela pour deux raisons : d'une part, la pression de l'air est d'autant plus grande que la vitesse est plus faible; d'autre part, dans le domaine exploré, le coefficient de convection, à égalité de masse spécifique, est beaucoup plus grand en régime subsonique qu'en régime supersonique.

La représentation des résultats n'a de sens que si on les traduit en nombre sans dimension (par exemple, nombre de Margoulis $\mathcal{M}$ en fonction des nombres de Reynolds $\mathcal{R}$). Une difficulté se présente alors dans le calcul de ces nombres : c'est de savoir à quelle température de référence doivent être calculées les grandeurs qui y figurent pour que la représentation soit

(1) E. Brun et M. Jampy, *J. Phys.*, 7, n° 6, 1936, p. 575.

indépendante des conditions de température et, si possible, du nombre de Mach M (température de l'air Θ_a, ou température de la paroi Θ_p, ou une température intermédiaire entre les deux précédentes). H. A. Johnson et M. W. Rubesin [2] ont proposé, à la suite de considérations empiriques, de choisir la température Θ définie par

$$\Theta = 0{,}42\,\Theta_a(1 + 0{,}076\,\mathrm{M}^2) + 0{,}58\,\Theta_p.$$

En fait, avec une telle température, les résultats obtenus ici se placent, en *régime subsonique*, sur la courbe $\mathcal{M} = f(\mathcal{R})$ qui représente ceux obtenus, à des températures plus faibles, par d'autres auteurs.

Dans le cas de l'*écoulement supersonique*, le nombre de Margoulis augmente avec le nombre de Reynolds, ce qui indiquerait que la partie étudiée du tube correspond à la zone de transition. Ce résultat est confirmé par la forme de la courbe de répartition des températures le long du tube. Notons qu'en régime subsonique, pour les mêmes nombres de Reynolds, l'écoulement serait turbulent, mais le nombre de Reynolds critique augmente avec le nombre de Mach, et d'autant plus vite que la température est plus basse.

HYDRAULIQUE. — *Sur un dispositif électrique de mesure des niveaux rapidement variables en hydraulique.* Note (*) de MM. **Jean Lagasse** et **Jean Nougaro**, transmise par M. Charles Camichel.

Les auteurs proposent un dispositif de mesure et d'enregistrement des niveaux dynamiques basé sur l'emploi d'une jauge à fils ou à plaques plongeant dans le liquide.

Ils donnent un aperçu des applications de ce dispositif.

Pour des mesures de variations rapides de niveau, les dispositifs mécaniques habituellement utilisés présentent certains inconvénients provenant de leur inertie. Il nous a paru utile d'étudier et de réaliser un dispositif purement électrique dont un élément, facilement mesurable, serait fonction du niveau. L'inertie inhérente à tout système mécanique se trouve ainsi éliminée et il est possible d'enregistrer des oscillations de fréquence élevée.

Le dispositif proposé (*fig.* 1) est constitué par une jauge de mesure, insérée dans un circuit alimenté en courant alternatif, qui comprend l'équipage courant d'un oscillographe électromagnétique. L'alimentation est assurée par l'intermédiaire d'un transformateur et d'un auto-transforma-

---

(2) *Trans. A.S.M.E.*, 71, n° 5, 1949, p. 447.

(*) Séance du 19 décembre 1951.

teur de réglage; le transformateur à secondaire isolé supprime les phénomènes d'électrolyse continus dus à des retours de courant par l'eau, dans le cas de distributions alternatives où le neutre n'est pas mis à la terre.

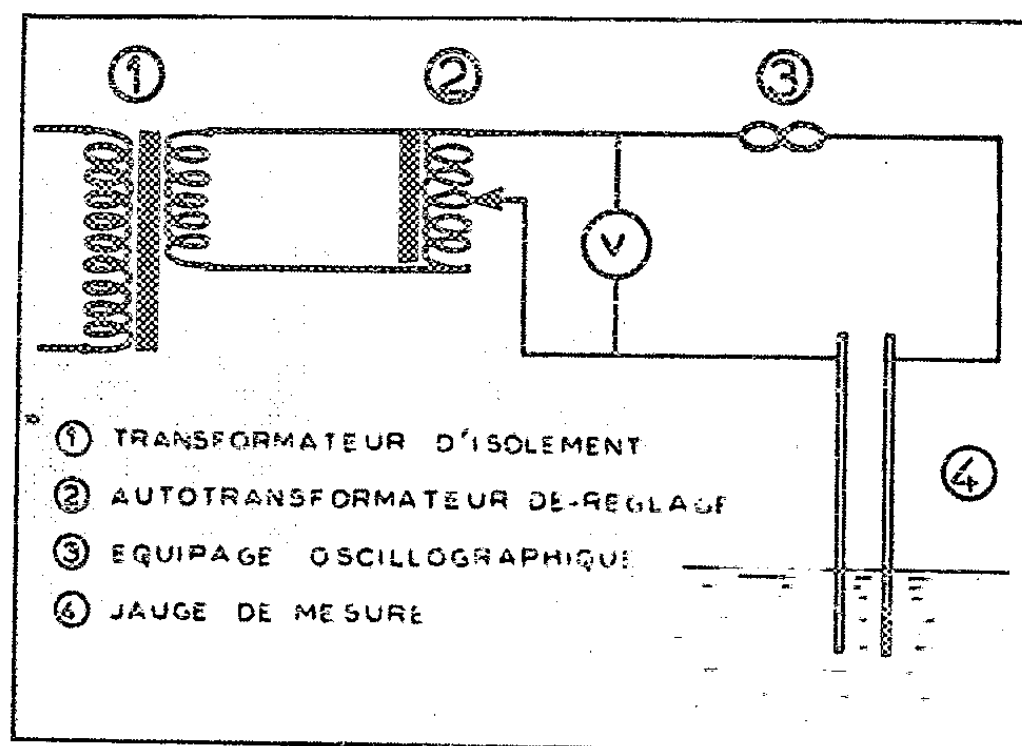


Fig. 1. — Schéma du dispositif.

Les jauges de mesure peuvent être constituées par deux fils d'argent de faible diamètre tendus entre deux armatures en matériau isolant, plexiglass par exemple, ou encore plus simplement, par des électrodes planes en duralumin.

La distance entre les deux électrodes est à adapter à la mesure à effectuer, pour tenir compte en particulier des effets de capillarité.

L'intérêt majeur du dispositif réside dans le fait que sa courbe de réponse est linéaire. Les variations ΔI de l'intensité du courant en fonction des variations correspondantes Δx du plan d'eau, sont données par la loi :

$$\Delta I = \frac{V}{K} \Delta x.$$

La détermination du coefficient K est effectuée par un étalonnage préalable de la jauge en niveaux statiques.

Nous avons appliqué le dispositif ci-dessus, dans un canal à ciel ouvert, à la mesure des surélévations du niveau, résultant de la propagation d'un phénomène d'intumescence.

Le canal était équipé de jauges de mesure, permettant l'enregistrement des variations de niveaux en six points, par l'intermédiaire d'un oscillographe électromagnétique Cambridge à six équipages.

Le dispositif a de même été utilisé pour la détermination des oscillations du plan d'eau dans un modèle réduit de cheminée d'équilibre (1).

(1) J. COTTE, *Thèse de doctorat d'Université*, Toulouse, 1950.

Les mesures ont été effectuées avec une jauge de 1,20 m de longueur à électrodes planes en duralumin poli; les résultats ont été comparés avec ceux obtenus à l'aide d'un appareil enregistreur à flotteur (*fig.* 2).

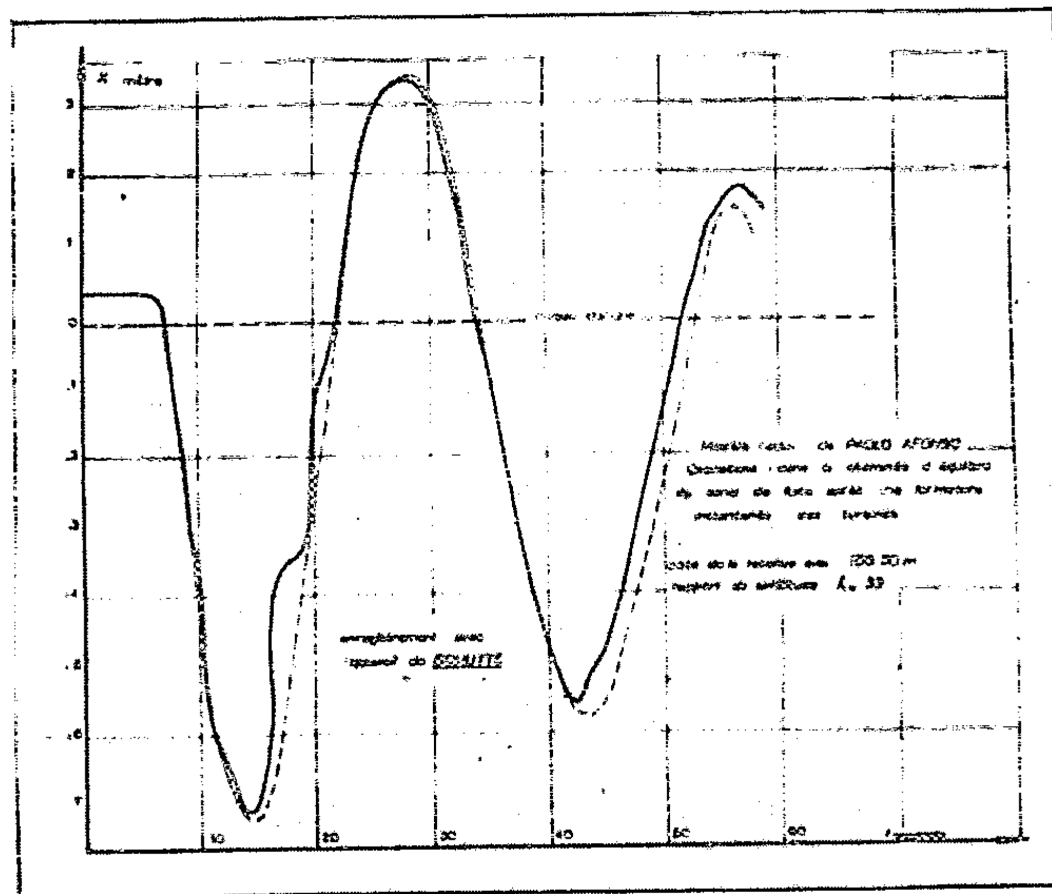


Fig. 2. — Enregistrement des oscillations dans un modèle réduit de cheminée d'équilibre effectué par le dispositif décrit (trait continu) et par un enregistreur à flotteur (trait interrompu).

Le rapprochement des deux courbes montre nettement que le poids et les dimensions du flotteur introduisent des erreurs appréciables qui nuisent à la précision de l'enregistrement.

On peut utiliser également ce dispositif avec une alimentation haute fréquence du circuit et un oscillographe électromagnétique à nombre de boucles important.

ASTRONOMIE. — *Sur la déviation du vertex.* Note (*) de M. Jean Delhaye, présentée par M. André Danjon.

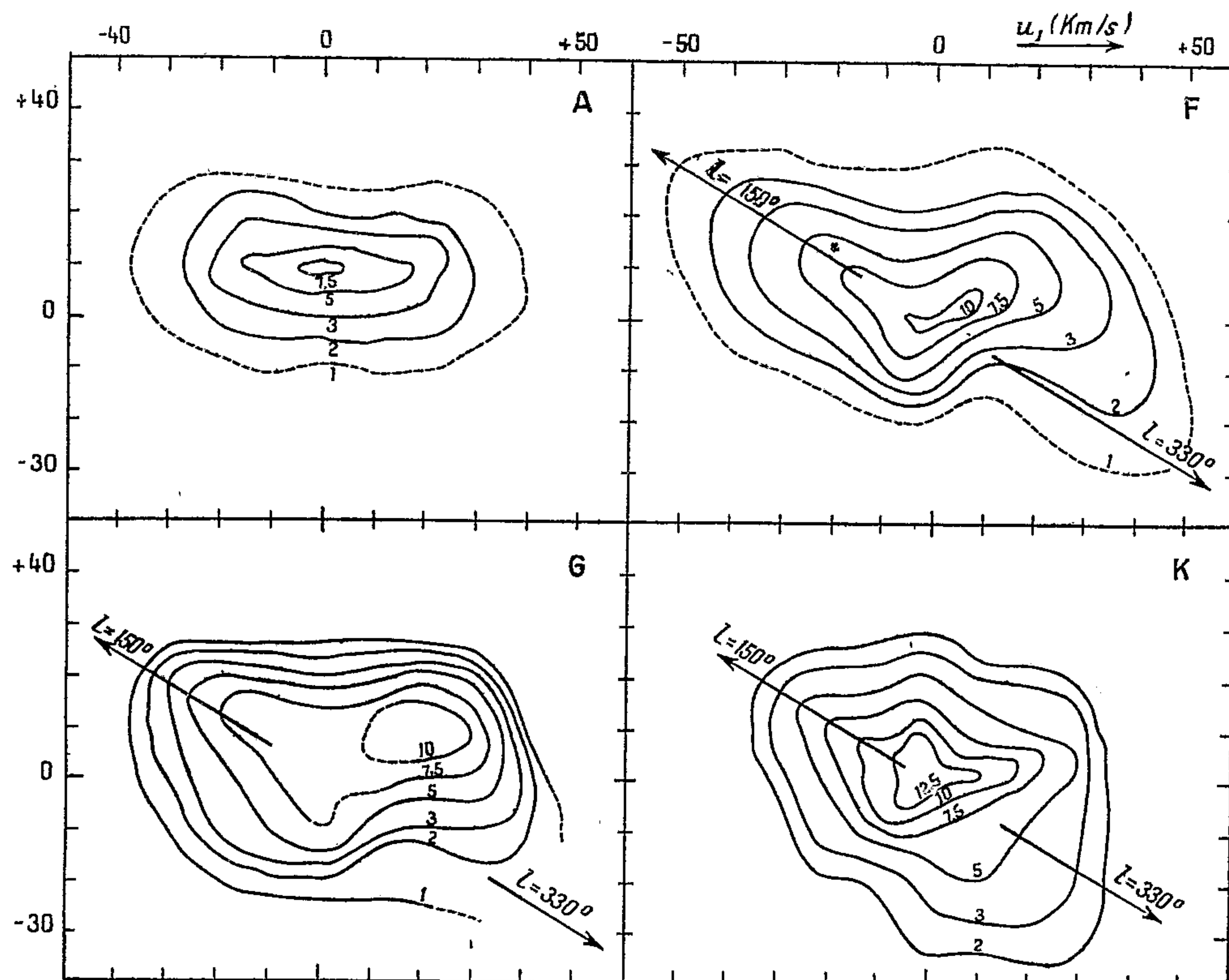
D'après la théorie de Oort-Lindblad, la direction du vertex devrait coïncider avec celle du centre galactique. Or, on a constaté un écart systématique entre ces deux directions, au moins pour les étoiles brillantes. J'ai moi-même trouvé cet écart pour les étoiles de magnitude 7 ([1]) en déterminant les éléments de leur ellipsoïde des vitesses au moyen de la *méthode de Schwarzschild*. En employant pour la détermination des mêmes éléments la *méthode des dispersions*

(*) Séance du 19 décembre 1951.

([1]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1454; *voir* aussi *Bull. Astron.*, **16**, 1951, p. 1.

proposée par Blaauw, j'ai retrouvé des résultats identiques pour les étoiles A, mais un vertex non dévié pour les étoiles F et K ([2]). J'ai proposé dans cette dernière Note une explication de ces différences.

Cette hypothèse consiste à rendre les petites vitesses responsables de la déviation du vertex, les grandes vitesses ayant un vertex normal.



Il est possible de préciser ce phénomène en étudiant la distribution des *vitesses spatiales* des étoiles brillantes. Pour le mettre en évidence, il a semblé que la méthode la plus directe était de tracer des courbes d'égale densité *empiriques* (uniquement à partir de dénombrements dans des aires égales) dans le nuage des points-vitesses en projection sur le plan galactique.

Vyssotsky ([3]) ayant montré que les vitesses de grande composante perpendiculaire au plan galactique semblaient ne pas présenter de déviation dans leur vertex, on n'a étudié que les vitesses pour lesquelles cette composante est inférieure en valeur absolue à 10 km : s.

Ces courbes sont représentées sur la figure; l'axe u_1 est dirigé vers la longitude 0° et l'axe v_1 vers la longitude 90°, les composantes u_1 et v_1 se rapportant

([2]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1422.

([3]) *Astron. J.*, 56, 1951, p. 62.

aux *vitesses corrigées du mouvement classique du Soleil* (de composantes + 17,0 km : s dans la direction de l'axe *u* et + 7,4 km : s dans la direction de l'axe *v*). La direction $l = 330°$ (voisine de la direction du centre du système galactique) qui est indiquée sur la figure ne résulte d'aucune détermination spéciale et n'a été portée sur les différentes parties de la figure que pour en faciliter l'examen.

On voit qu'il existe en effet une perturbation dans la distribution des vitesses des étoiles F et G et peut-être aussi dans celle des étoiles K. Cette perturbation affecte la forme des courbes de grande densité, donc la distribution des petites vitesses. Elle se situe en gros entre les longitudes 350 et 70° : dans la direction opposée au vertex ($l = 150°$) les courbes sont toutes régulières et allongées dans la direction normale, tandis que vers le vertex, seules les courbes de faible densité (grandes vitesses) ont leur grand axe normalement orienté.

Pour les étoiles A les courbes sont entièrement différentes, et elles expliquent le bon accord trouvé entre les résultats obtenus par les deux méthodes. Il semble que la plus grande partie des étoiles A appartiendrait à la *population perturbatrice*. On peut aussi rattacher à ce caractère anormal de la distribution des vitesses les variations trouvées dans le mouvement du Soleil par rapport aux étoiles des différents types spectraux, et notamment la plus petite vitesse du Soleil par rapport aux étoiles A et F.

Il resterait à trouver une interprétation dynamique de ce phénomène. Oort (4) et Vyssotsky (3) ont déjà amorcé une discussion de ce genre et les résultats indiqués dans la présente Note semblent bien montrer l'intérêt qu'il y aurait à la poursuivre.

ASTROPHYSIQUE. — *Photomètre infrarouge astronomique. Résultats préliminaires.* Note (*) de M. **Robert Hardie**, présentée par M. André Danjon.

On décrit un photomètre sensible à l'infrarouge utilisant pour la première fois un multiplicateur d'électrons à grande amplification. L'usage de cette cellule multiplicatrice rend possible l'utilisation jusque dans l'infrarouge des techniques qui ont déjà fait leurs preuves dans la région visible du rayonnement stellaire.

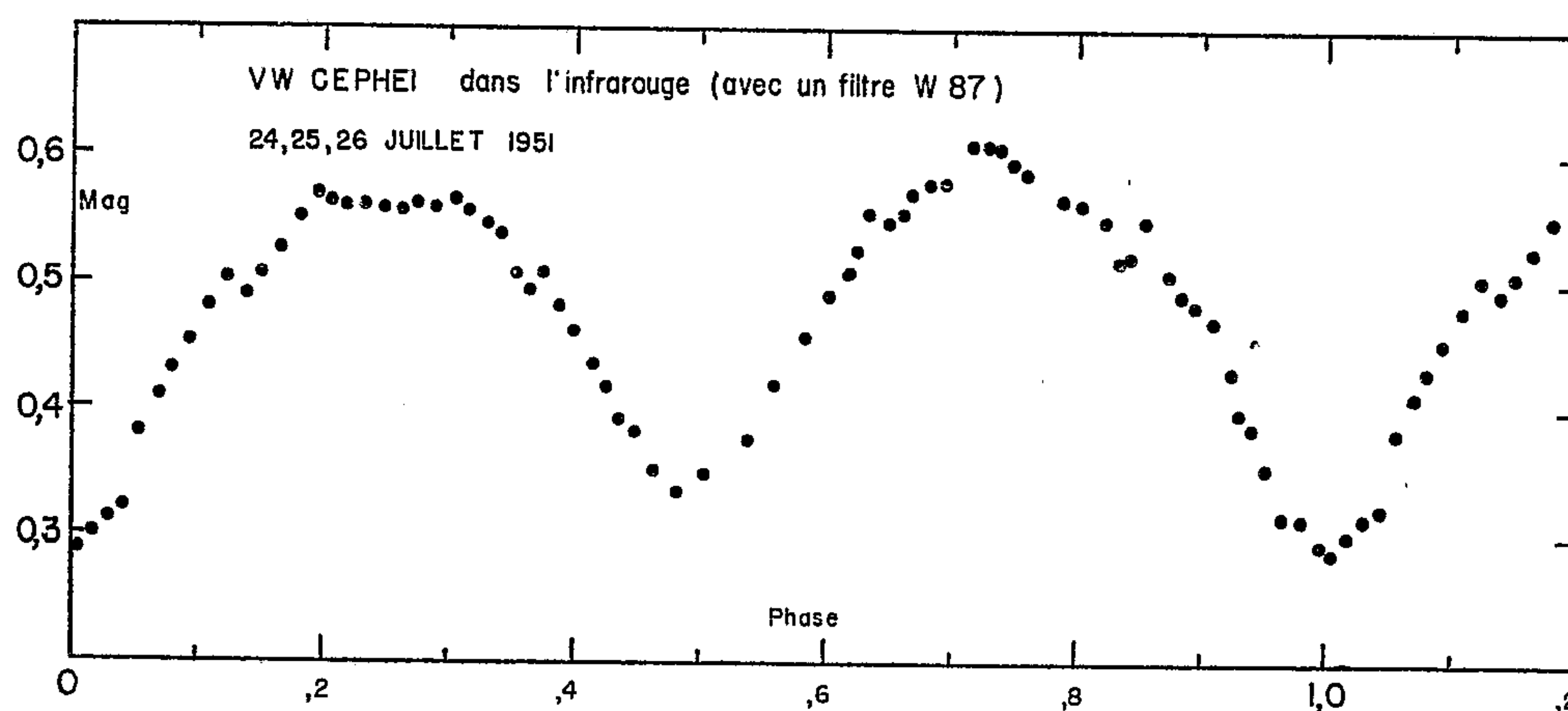
La partie essentielle de l'instrument est constituée par une cellule multiplicatrice construite à l'Observatoire de Paris par M. A. Lallemand. La cathode est du type $AgCs_2O$-Cs dont le maximum de sensibilité se situe vers 8500 Å. La sensibilité de la cathode est de l'ordre de 50 μA : lumen (pour une source de lumière de 2300° C environ); cette sensibilité s'abaisse d'environ 70 % lorsqu'on

(4) *Astrophys. J.*, 91, p. 273, 1940.

(*) Séance du 19 décembre 1951.

utilise un filtre Schott UG 7. La cellule possède 19 étages de multiplication. Elle fournit normalement un gain de 5 à 10.10^7. Une des particularités intéressantes de cette cellule est son faible courant d'obscurité.

Dans le montage la cellule est contenue dans un récipient très étanche afin d'empêcher le dépôt de vapeur d'eau, ou d'autres substances conductrices, sur la cellule. La grande émission thermique de la cathode $AgCs_2O$-Cs exige une réfrigération de l'ensemble. Celle-ci est réalisée en entourant complètement la ellule par de la glace carbonique. On doit prendre de grandes précautions pour empêcher le récipient contenant la cellule d'aspirer de la vapeur d'eau pendant le refroidissement.



On a construit spécialement une alimentation stabilisée utilisant le secteur (110 V, 50 périodes). On a trouvé que le stabilisateur le plus commode était un stabilisateur *de courant*. Le schéma utilisé est essentiellement celui décrit par M. Gingrich [1], sauf que la résistance de charge a été remplacée par 36 lampes au néon en série. Des essais ont montré que des variations de $\pm 20\,\%$ dans la tension du secteur n'entraînaient pas plus de $\pm 0,02\,\%$ dans les tensions appliquées à la cellule. La sensibilité de l'ensemble du dispositif peut être modifiée, en agissant sur la tension des dynodes, pour cela on dispose d'une gamme de 10 tensions entre 90 et 120 V par étage d'alimentation. De cette façon on peut faire varier le gain d'environ 5.10^5 à environ 5.10^7, et comme le gain est une fonction logarithmique de la tension, à chacun des dix intervalles de tension correspond une variation de sensibilité d'une demi-magnitude. En shuntant le galvanomètre on peut diminuer la sensibilité, cependant cette façon de procéder ne doit être utilisée qu'avec de grandes précautions pour éviter de surcharger l'anode de la cellule.

Le galvanomètre utilisé dans les mesures avait une sensibilité d'environ 5.10^{-10} A:division. Nous avons pour certaines observations disposé d'un

[1] *Rev. Sc. Instr.*, 7, 1936, p. 207.

enregistreur photographique du spot. La constante de temps du galvanomètre était d'environ une demi-seconde. Le courant d'obscurité débité par la cellule, normalement refroidie, était de l'ordre de 10^{-9} A pour la tension la plus élevée et l'amplitude moyenne du bruit de fond voisine de la même valeur.

Les filtres comprenaient des filtres Schott UG 7, UG 8 et des filtres Wratten 87, 88. On a trouvé le Wratten 87 particulièrement commode pour les mesures décrites ci-dessous ; on estime que le centre de la bande est situé vers 8500-9000 Å.

Les observations ont été effectuées à l'aide du télescope de 80 cm de l'Observatoire de Haute-Provence, utilisé en Cassegrain (*f* 15). Des mesures faites pour plusieurs étoiles montrent que l'appareil est sensible à la lumière d'une étoile du type A 0 de magnitude 10 en utilisant un télescope de 80 cm et un filtre W 87 en conservant toujours un rapport favorable entre le signal et le bruit (au moins 10). Pour une étoile du type K 5 on a un indice de couleur d'environ 2,5 magnitudes.

On avait espéré obtenir des observations de quelques systèmes doubles du type Algol pour lesquels on ne connaît pas bien la forme des éclipses secondaires, mais le temps n'a permis que très peu d'observations. Néanmoins on a l'indication que la profondeur de l'éclipse secondaire de U Sge est de l'ordre de 0,2 magnitude dans l'infrarouge.

On a étudié l'étoile VW Cep (HD 197433) du type W *Ursæ Majoris*. Malgré que l'on n'ait pas obtenu la courbe de lumière entière dans une nuit (la période est 6 h 41 mn), on a vu que certaines caractéristiques changent d'un cycle à l'autre, et il n'est pas possible de combiner, pour une analyse soigneuse, des cycles distincts. La courbe présentée dans cette Note n'est qu'une illustration de la technique et ne se prête pas à une analyse minutieuse. Elle est obtenue en utilisant les mesures du 24-25 juillet et du 25-26 juillet 1951, pour montrer les caractéristiques générales, les bosses avant et après les maxima et qui changent de formes et de phase d'un cycle à un autre. Il faut d'autres observations de cycles complets de cette étoile, faites au cours de nuits très bonnes pour étudier les caractéristiques fluctuantes de ce système intéressant.

ASTROPHYSIQUE. — *Températures électroniques et degrés d'excitation des nébuleuses gazeuses.* Note (*) de M. **Henri Andrillat**, présentée par M. André Danjon.

Nouvelles déterminations des températures électroniques de neuf nébuleuses gazeuses. Les valeurs obtenues croissent linéairement avec le degré d'excitation de la nébuleuse, caractérisé par le rapport des intensités des raies He II (4686)/H β(4861) ou He II (4686)/He I (4471).

La température électronique T_ε d'une nébuleuse gazeuse se déduit aisément

(*) Séance du 19 décembre 1951.

du rapport des intensités énergétiques des raies $^3P - {}^1D$ et $^1D - {}^1S$ de [O III]. La seule difficulté pratique provient du fait que les premières raies (5007 et 4959 Å) sont beaucoup plus fortes que la dernière (4363 Å). Dans une Note précédente (1), j'ai décrit les méthodes photométriques que j'utilise. La difficulté signalée plus haut est éliminée et j'ai indiqué les résultats des premières déterminations relatives à cinq nébuleuses (quatre nébuleuses planétaires et la nébuleuse d'Orion). De nouveaux clichés pris encore à l'Observatoire de Haute-Provence avec le même spectrographe et mesurés suivant les mêmes méthodes, m'ont permis de préciser ces premières valeurs et d'évaluer les températures électroniques de quatre autres nébuleuses planétaires. J'ai utilisé cette année les plaques Eastman Kodak 103 *a*O de préférence aux plaques 103 *a*G, la rapidité des 103 *a*O m'ayant permis d'étudier des nébuleuses de brillance plus faible. Le passage des intensités photographiques aux intensités énergétiques par l'intermédiaire du spectre continu d'une étoile de température de couleur bien connue, conduit toujours sensiblement au même résultat que le passage effectué à l'aide des raies Hβ et Hγ et du décrément de Balmer (1). La discussion de l'ensemble de mes mesures (années 1950 et 1951) conduit aux températures électroniques ci-après. J'indique successivement le numéro de la nébuleuse, sa température électronique, l'écart quadratique moyen des diverses déterminations E et le nombre de ces déterminations n concernant une même nébuleuse :

N. G. C...	7 662.	6 720.	7 027.	II 5 217.	6 803.	7 009.	6 572.	Orion.	6 543.
T_ε (°K)..	25 500°	24 000°	21 500°	18 000°	16 500°	15 000°	15 000°	10 000°	9 500°
E........	1 600°	?	1 650°	–	–	470°	400°	–	–
n........	8	1	14	1	1	4	6	1	1

Ces valeurs paraissent exactes en général à 1000° près; elles sont, pour la plupart, plus élevées que celles proposées par les observateurs précédents (2).

Qualitativement, la température électronique semble croître avec le degré d'excitation de la nébuleuse, comme je l'ai déjà indiqué (1). Pour caractériser quantitativement ce degré d'excitation, on peut, comme le propose Page (3), mesurer le rapport des intensités des raies He II 4686/Hβ 4861 A, ou encore quand cela est possible, le rapport des intensités de raies He II 4686/He I 4471. Ces mesures sont aisées, car les raies comparées sont proches et les rapports d'intensités voisins de l'unité. En portant en abscisse les rapports He II 4686/Hβ ou He II 4686/He I 4471 et en ordonnées les températures électroniques T_ε mesurées, on obtient les graphiques reproduits aux figures 1 et 2. On voit que, dans l'ensemble, les points se placent bien sur une droite. Le seul point

(1) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1432.
(2) Menzel, Aller et Hebb, *Astrophys. J.*, **93**, 1941, p. 230.
(3) *Astrophys. J.*, **96**, 1942, p. 78.

aberrant sur la figure 1 correspond à la nébuleuse de la Lyre (N. G. C. 6720) dont l'unique cliché a été pris dans des conditions défavorables d'observation.

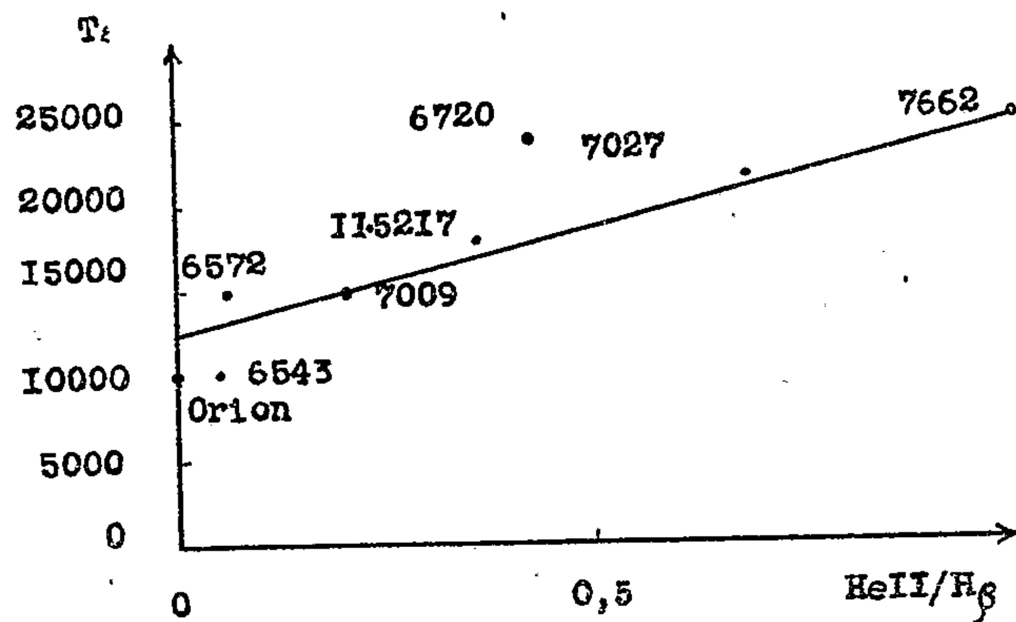


Fig. 1.

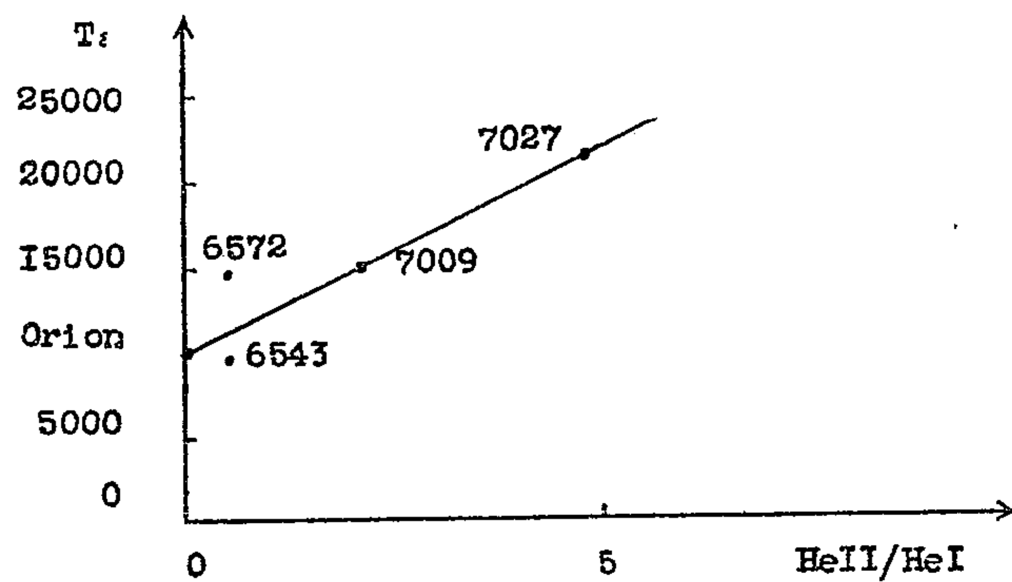


Fig. 2.

J'ai constaté encore l'existence d'une assez bonne corrélation linéaire entre les températures électroniques données ci-dessus et les températures des étoiles centrales excitatrices des nébuleuses planétaires correspondantes. Ces températures d'étoiles sont celles données par Vorontsov-Velyaminov ([4]).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la quantification de la nouvelle théorie classique de Dirac*. I. Note de M. **Jean G. Valatin**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'introduction de l'aspect ondulatoire de la matière dans la nouvelle théorie classique redonne les équations d'une théorie antérieure de Dirac. Ces équations se réduisent pour $\hbar \to 0$ aux équations classiques. Le quantum élémentaire e de la charge n'apparaît que dans les relations de commutation d'une seconde quantification.

Dirac a proposé récemment une nouvelle théorie de l'électrodynamique

([4]) *Russian Astrophysical Journal*, 11, 1934, p. 40.

classique [1]. Le contenu de cette théorie devient encore plus clair dans la lumière d'un résultat antérieur de Marcel Riesz selon lequel, étant donné un ensemble des lignes d'univers d'électrons obéissant à l'équation de Lorentz, le champ produisant le mouvement des électrons peut être calculé à partir d'un potentiel proportionnel au champ de quadrivitesse [2]. Les équations données par Dirac expriment donc sous une forme simple que le mouvement des charges s'effectue dans le champ produit par les charges elles-mêmes.

En essayant de formuler le problème analogue pour un milieu continu, chargé, sans spin et soumis aux lois de la mécanique ondulatoire, on retrouve les équations d'une théorie déduite antérieurement par Dirac à partir des considérations générales concernant sa théorie des hypersurfaces paramétrisées [3]. Nous voulons expliciter ces équations sans faire appel à la théorie des hypersurfaces, en montrant que dans la limite $\hbar \to 0$ ces équations se réduisent aux équations classiques de Dirac. Elles représentent donc une première quantification de cette théorie.

Considérons donc l'équation d'onde

$$\frac{1}{2m}\left\{-\left(i\hbar\,\partial_\mu + \frac{e}{c}A_\mu\right)\left(i\hbar\,\partial^\mu + \frac{e}{c}A^\mu\right) + m^2c^2\right\}\psi = 0, \tag{1}$$

comme décrivant le mouvement d'un milieu continu chargé. En suivant l'idée de Dirac, posons

$$\psi = a\,e^{i\theta}, \qquad \psi^* = a\,e^{-i\theta}, \tag{1 a}$$

$$\frac{e}{c}V^\mu = \frac{e}{c}A^\mu - \partial^\mu(\hbar\theta), \tag{1 b}$$

avec des fonctions a et θ réelles. L'équation (1) se décompose en deux équations réelles

$$\left\{\frac{\hbar^2}{2m}\partial_\mu\,\partial^\mu + \frac{1}{2}mc^2 - \frac{1}{2}\frac{e^2}{mc^2}V_\mu\,V^\mu\right\}a = 0, \tag{2}$$

$$\partial_\mu\left\{2\frac{e^2}{c^2}a^2V^\mu\right\} = 0. \tag{3}$$

(3) est l'équation de continuité $\partial_\mu s^\mu = 0$ du courant

$$s^\mu = \frac{e}{c}\left\{\left(i\hbar\,\partial^\mu - \frac{e}{c}A^\mu\right)\psi^*\psi - \psi^*\left(i\hbar\,\partial^\mu + \frac{e}{c}A^\mu\right)\psi\right\} = -2\frac{e^2}{c^2}a^2V^\mu. \tag{4}$$

Ce courant est proportionnel au potentiel V^μ dont la jauge est liée selon (1 b) à la phase θ des ondes décrivant le mouvement du milieu.

---

(1) P.A.M. Dirac, *Conférence faite à Copenhague*, le 10 juillet 1951, *Proc. Roy. Soc.*, A, 209, 1951, p. 291.

(2) Résultats non publiés.

(3) P.A.M. Dirac, *Nuovo Cimento*, 7, 1950, p. 925.

Si l'on demande, d'autre part, que les champs dérivés du potentiel A^μ ou V^μ satisfassent aux équations de Maxwell $\partial_\nu F^{\mu\nu} = -s^\mu$, avec l'expression (4) du courant, on obtient les équations

$$\partial_\nu(\partial^\mu V^\nu - \partial^\nu V^\mu) = 2\frac{e^2}{c^2}a^2 V^\mu. \tag{5}$$

L'équation (3) est alors une conséquence des équations (5).

Remarquons maintenant que si $a \neq 0$, l'équation (2) peut s'écrire sous la forme

$$V_\mu V^\mu = \frac{1}{e^2}\frac{1}{a}\{(\hbar c)^2\partial_\mu\partial^\mu + (mc^2)^2\}a, \tag{2a}$$

$$V_\mu V^\mu = \left(\frac{mc^2}{e}\right)^2 \quad \text{pour} \quad \hbar \to 0. \tag{2b}$$

On voit qu'avec $\lambda = 2(e^2/c^2)a^2$ les équations (5) et (2b) résultant de (5) et de (2) pour $\hbar \to 0$, sont les équations de la nouvelle théorie classique de Dirac. Pour $\hbar \neq 0$ la longueur du potentiel vecteur V^μ n'est plus constante, mais dépend de a suivant (2a). Dans la théorie classique, la condition (2b) correspondait avec (1b) et $S = \hbar\theta$ à l'équation de Hamilton-Jacobi des charges Celle-ci est remplacée par l'équation d'onde (2).

En introduisant les quantités

$$B^\mu = \frac{e}{c}V^\mu, \qquad b = \sqrt{2}\frac{e}{c}a, \tag{6a}$$

les équations (5) et (2) s'écrivent sous la forme

$$\left\{\begin{array}{l} \partial_\nu(\partial^\mu B^\nu - \partial^\nu B^\mu) = b^2 B^\mu, \\ \{\hbar^2\partial_\mu\partial^\mu + m^2c^2 - B_\mu B^\mu\}b = 0. \end{array}\right. \tag{6}$$

Sous cette forme elles ne contiennent plus la constante e, en accord avec le point de vue d'un milieu chargé continu. L'aspect ondulatoire de la matière introduit la constante $\hbar$ dans la théorie, tandis que le quantum élémentaire de la charge ne doit apparaître qu'après la quantification de la charge. Selon (6a) elle apparaîtra dans la constante des relations de commutation d'une seconde quantification, en introduisant des opérateurs pour les quantités B^μ et b. La quantification de la charge électrique et du champ électromagnétique se feront dans la même étape de la théorie. Pour $e^2 \to 0$ les commutateurs correspondants tendront vers zéro, et l'on retrouvera la théorie des équations (6) sans seconde quantification.

La variation de $\int d^4x\, L(x)$ avec la densité de Lagrange

$$L = -\frac{1}{4}(\partial_\mu B_\nu - \partial_\nu B_\mu)(\partial^\mu B^\nu - \partial^\nu B^\mu) + \frac{1}{2}b^2 B_\mu B^\mu + \frac{1}{2}\hbar^2\partial_\mu b\,\partial^\mu b - \frac{1}{2}m^2c^2b^2 \tag{7}$$

donne les équations (6) comme équations de champ. Pour $\hbar \to 0$, (7) se réduit à la densité de Lagrange classique de Dirac, avec la factorisation $\lambda = b^2$.

Nous reviendrons au problème de la formulation hamiltonienne et de la quantification de la charge et du champ dans la Note suivante.

CHALEUR. — *Théorie simplifiée de la hauteur des flammes laminaires de diffusion.* Note (*) de M. **Francis Guyomard**, présentée par M. Gustave Ribaud.

En vue d'établir une théorie qui rende compte de la forme et des propriétés des flammes de diffusion, Burke et Schumann ([1]) opèrent avec un dispositif expérimental constitué par deux cylindres coaxiaux amenant le combustible et le comburant en contact à la même vitesse. Ils déterminent le champ des concentrations C en considérant uniquement un phénomène de diffusion, ils admettent ensuite que celui-ci n'est pas modifié par la combustion, le front de flamme est défini par la surface où $C = 0$ (C, concentration en volume du combustible).

Si l'on considère les vitesses de réaction et de diffusion, il est possible de démontrer que la combustion a lieu dans une pellicule dont l'épaisseur e est de l'ordre du millimètre. Envisageons un élément cylindrique de rayon R ($C_{\text{init}} = 1$), animé de la vitesse U parallèle à son axe, et étudions l'évolution de C à l'intérieur de cet élément. Faisons intervenir la combustion comme condition à la limite; elle a pour effet de maintenir $C = 0$ pour $r = R$; pour être rigoureux il faudrait prendre $C = 0$ pour $R - e < r < R$, car la variation de C dans la pellicule n'est plus seulement fonction de la diffusion; toutefois si l'on tient compte du rapport de e à R, on peut montrer que cette erreur est faible.

Nous traiterons le problème en trois parties :

1° Nous faisons les hypothèses simplificatives successives suivantes : Coefficient de diffusion δ constant; rayon de l'élément égal à R_0 = rayon du brûleur, diffusion exclusivement radiale; champ de vitesses uniforme; $C = 0$ pour $r = R$.

2° Dans la solution obtenue, on envisage les modifications amenées par la combustion.

3° On envisage les modifications dues à une répartition parabolique des vitesses; l'air de combustion étant immobile.

Premier cas. — On est conduit à l'équation

$$\delta\left(\frac{\partial^2 C}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial C}{\partial r}\right) = \frac{\partial C}{\partial t}. \tag{1}$$

(*) Séance du 19 décembre 1951.

([1]) *Indust. Engng. Chem.*, 20, 1928, p. 998.

On ne garde que la solution fondamentale et :

$$C(r, t) = J_0\left(2,4\frac{r}{R}\right)\exp - 5,76\,\delta\frac{t}{R^2}.$$

Si l'on considère différents brûleurs, C donnée sera atteinte après des temps $\alpha R_1^2/\delta$, $\alpha R_2^2/\delta$, ..., la hauteur atteinte sera $h = Ut = \alpha U(R^2/\delta)$, donc :

1° pour un brûleur donné la hauteur est proportionnelle à la vitesse;

2° pour des brûleurs différents la hauteur est proportionnelle au débit ($\pi R^2 U$).

Pour déterminer la hauteur de la flamme, il faudrait connaître la valeur limite de C.

Deuxième cas. — La chaleur dégagée élève la température des gaz, δ varie comme $\delta_0(T/T_0)^n$ ($n \neq 2$).

On peut écrire, si les masses spécifiques du combustible et du comburant diffèrent peu,

$$\int_0^R 2\pi r u^2 \rho_0 \frac{T_0}{T}\,dr = \pi R_0^2 u_0^2 \rho_0 \qquad \left(\text{conservation de } m\vec{V}\right),$$

$$\int_0^R 2\pi r u \frac{T_0}{T}\,dr = \pi R_0^2 u_0 \qquad (\text{conservation de } m).$$

On déduit $u = u_0$. Mais la température T dans une section plane de l'élément est de la forme

$$T = T_p - (T_p - T'_0)\,J_0\left(2,4\frac{r}{R}\right)\exp - \frac{5,76\lambda}{C\rho R^2}t.$$

Dans ce cas les termes considérés comme constants dans l'équation (1) sont variables et il est impossible de résoudre le problème.

On aura recours à une simplification en choisissant une température moyenne, dans ce cas $R^2 = R_0^2 T_m/T'_0$, $\delta = \delta_0(T_m)^2/T_0$ (T_p, température de la pellicule; T'_0, température à la sortie du brûleur; T_0, température ambiante).

Troisième cas. — Si l'air de combustion est immobile, il y a déformation de l'élément, envisageons une zone voisine de l'axe où les vitesses sont pratiquement égales, dans ce cas

$$U = U_M \times C_{axe}, \qquad U_M = 2U_{moy} = \frac{2Q_0 T'_0}{\pi R_0^2 T_0},$$

et la hauteur atteinte $h_{(c_0)} = \int_0^{t_0} V\,C\,dt$. Cette intégrale converge rapidement et l'on peut l'étendre à l'infini, sans erreur appréciable, d'où

$$h = \frac{2Q_0 T_0}{5,76 \times \pi \times \delta_0 \times T_m};$$

si l'on applique le résultat aux valeurs extrêmes avec

$Q_0 = 35\ \text{cm}^3/\text{sec}$, $T_0 = 300°\text{K}$, $\delta_0 = 0,135$, $T'_0 = 400°\text{K}$,

$T_m = 1600$ ou $400°\text{K}$, $h_{1600} = 5,4\ \text{cm}$, $h_{400} = 21,6\ \text{cm}$, or $h\,(\text{exp}) = 20\ \text{cm}$.

Le résultat peut être considéré comme satisfaisant compte tenu des approximations faites. De plus il permet d'interpréter qualitativement la variation de h en fonction du préchauffage (celui-ci diminue h, par augmentation de T_m).

MOUVEMENT BROWNIEN. — *Vérification expérimentale de la théorie du mouvement brownien à l'aide de mesures de diffusion d'un sol de noir de carbone.* Note de MM. **Jean-Baptiste Donnet** et **Charles Sadron**, transmise par M. Jacques Duclaux.

On vérifie expérimentalement avec des hydrosols de noir de carbone, que la loi de Stokes est encore valable pour des sphérules dont le diamètre est de l'ordre de deux centaines d'Angströms.

Les célèbres expériences de J. Perrin (1) et de ses collaborateurs (2) ont montré que la théorie du mouvement brownien telle que l'a faite Einstein (3), (4) est bien vérifiée par l'expérience pour les sols de gomme gutte, avec des particules de dimensions comprises entre 0,21 μ et quelques microns.

Il apparaissait nécessaire de vérifier expérimentalement que cette théorie demeure valable pour des particules plus petites.

Nous nous sommes proposé cette étude en utilisant un sol de noir de carbone contenant des particules sphériques (5) dont la répartition des diamètres donnée par la figure a été déterminée au microscope électronique.

Le principe de cette vérification expérimentale consiste à comparer la constante de diffusion Δ calculée à partir des dimensions des particules, grâce à la formule (1), à la valeur de Δ mesurée par des expériences de diffusion solution-solvant.

La théorie d'Einstein conduit en effet à la formule

$$\Delta = \frac{kT}{f}, \tag{1}$$

dans laquelle k est la constante de Boltzmann, T la température absolue, f le coefficient de frottement hydrodynamique de la particule en mouvement dans

(1) *Comptes rendus*, **147**, 1908, p. 475 et 594; *Ann. Chim. Phys.*, **18**, 1909, p. 1; *Comptes rendus*, **152**, 1911, p. 1165.

(2) J. Perrin et N. Bjerrum, *Comptes rendus*, **152**, 1911, p. 1569; J. Perrin et Dabrowski, *Comptes rendus*, **149**, 1909, p. 477; Chaudesaigues, *Comptes rendus*, **147**, 1908, p. 1044. D'autres vérifications expérimentales dans le même domaine de dimensions ont été faites. *Voir* à ce sujet : J. Duclaux, *Mouvement Brownien* I et II, Hermann et Cie, Paris, 1937 et 1938.

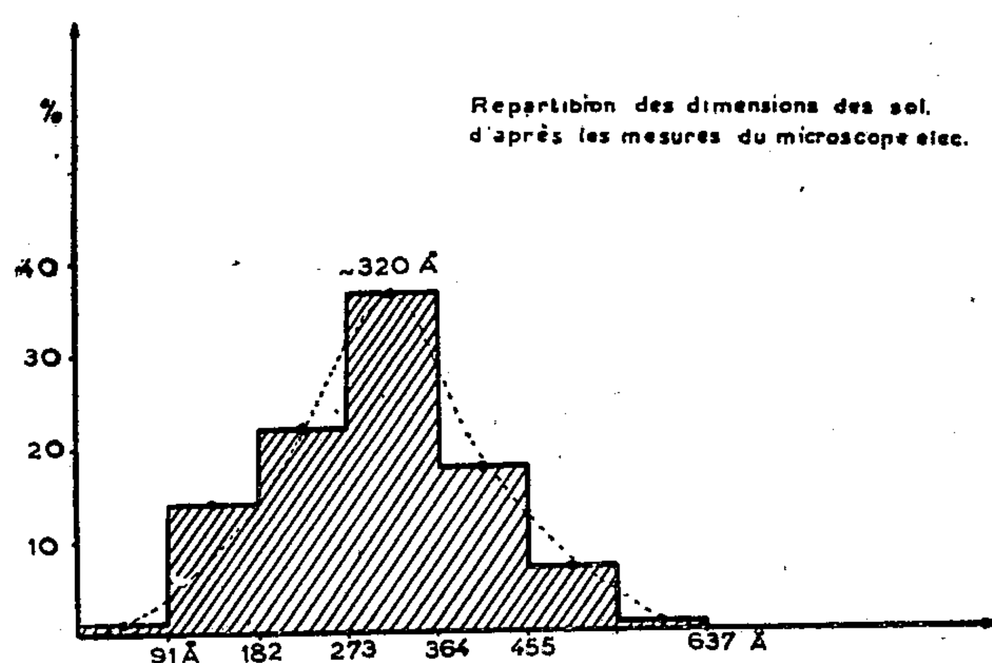
(3) *Ann. Physik.*, **17**, 1905, p. 549; **19**, 1906, p. 371.

(4) *Voir* aussi : Smoluchowski, *Bull. Acad. Cracovie*, 1906, p. 577.

(5) J.-B. Donnet et J. Boissier, *Comptes rendus*, à paraître.

un fluide visqueux; pour une sphère, on admet avec Stokes (6) $f = 6\pi\eta_0 r$, η_0 étant la viscosité du solvant, r le rayon de la particule sphérique.

Cette formule n'est applicable qu'aux milieux monodispersés. Dans le cas d'un milieu polydispersé comme l'est la suspension de noir de carbone que nous avons employée, la courbe de répartition de la concentration dans la cuve



de diffusion à un instant donné a la forme prévue par la théorie pour un milieu dispersé (7) dont la constante de diffusion apparente Δ serait donnée par la formule

$$(2) \qquad \Delta = \left(\frac{1}{\Sigma_i \frac{c_i}{\sqrt{\Delta_i}}}\right)^2 = \frac{1}{\left(\Sigma \frac{c_i}{\sqrt{r_i}}\right)^2} \frac{kT}{6.\pi.\eta_0}.$$

Dans cette équation Δ_i représente la constante de diffusion des particules de rayon r_i dont le pourcentage dans le mélange est égal à c_i.

Dans le présent cas, avec les valeurs de r_i et c_i données par la courbe de distribution de la figure, on a à la température de 293,0°K :

$$\Delta_{\text{calc}} = 1,4.10^{-7}\ \text{C.G.S.} \pm 10\%.$$

L'erreur provient de l'incertitude sur les dimensions mesurées au microscope électronique.

Nos mesures de diffusion ont été faites avec un montage déjà décrit (8) que nous avons dû toutefois perfectionner à bien des égards, la réalisation de mesures correctes dans le domaine de concentration accessible aux mesures (entre 1 et 2.10^{-5} g : cm³) étant particulièrement difficile.

---

(6) *Camb. Phil. Soc. Trans.*, 7, 1842.
(7) D. Kahn et A. Polson, *J. Phys. Coll. Chem.*, 51, 1947.

Les courbes expérimentales $c = f(x)_t$ ont été obtenues par absorption de la lumière et Δ calculé par la méthode du point d'inflexion ([7]).

Nous avons vérifié, qu'aux erreurs d'expériences près, Δ mesuré est indépendant de la concentration dans ce domaine, et que les courbes expérimentales sont bien des courbes de Gauss. Nos expériences donnent à 293°K ± 0,1

$$\Delta_{mes} = 1{,}5.10^{-7}\ \text{C. G. S.} \pm 10\,\%.$$

L'écart entre Δ_{calc} et Δ_{mes} est inférieur aux erreurs expérimentales, il s'ensuit que la théorie du mouvement brownien est vérifiée tout au moins à la précision de nos expériences, et que la loi de Stokes est encore valable pour des sphérules de 100 Å de diamètre.

ULTRASONS. — *Étude du dégazage des liquides sous l'effet des vibrations ultrasonores à* 80 *et* 17,7 *kc:s*. Note (*) de M. **Brice Derouet**, présentée par M. Jean Cabannes.

On a observé le dégazage de l'eau ayant dissous de l'air sous diverses concentrations en fonction de l'amplitude des vibrations ultrasonores et de la pression maintenue au-dessus du liquide étudié. On en a déduit un mécanisme possible de formation des bulles dans le liquide et une détermination du rayon minimum des bulles formées. Les expériences ont eu lieu avec des ondes planes et stationnaires.

1. *Mécanisme de la formation des bulles.* — La concentration en gaz du liquide étant C_0, on la repère par la pression P_0 que devrait avoir le gaz au-dessus du liquide pour que celui-ci soit saturé au sens de la loi de Henry. On appelle P la pression effective au-dessus du liquide (P est bien entendu supérieure à P_0), et ΔP l'amplitude de la pression ultrasonore.

L'expérience prouve que, quelle que soit P_0, l'apparition des bulles a lieu pour une valeur déterminée de $P - P_0$ telle que $(P - P_0)/\Delta P$ ne dépend que de la fréquence, au moins à la limite pour les grandes valeurs de ΔP. D'autre part, les bulles naissent aux ventres de pression, ce qui est particulièrement observable à 17,7 kc : s.

Sur un graphique, portons en abscisses les distances d'un point considéré à la source ultrasonore, en ordonnée les pressions. La pression ultrasonore oscille autour de P. Au sein du liquide, et *aux ventres de pression,* on a, à l'instant *t*, une pression qu'on peut représenter par exemple par

$$P + \Delta P \sin \omega t.$$

A partir de l'instant τ_1 défini par

$$P + \Delta P \sin \omega\tau_1 = P_0,$$

([8]) J.-B. Donnet, H. Zbinden, H. Benoit, M. Daune, N. Dubois, J. Pouyet, G. Scheibling et G. Vallet, *J. Chim. Phys.*, 47, 1950, p. 52.

(*) Séance du 19 décembre 1951.

le ventre de pression que l'on a repéré sur le graphique en X_0 se trouve être un point sursaturé de gaz et il y reste jusqu'à l'instant τ_2 défini encore par

$$P + \Delta P \sin \omega\tau_2 = P_0.$$

De même, depuis l'instant τ_2 jusqu'à l'instant τ_3 tel que

$$\sin \omega\tau_3 = \sin \omega\tau_1,$$

le liquide, au point X_0, n'est plus saturé, puisque dans l'intervalle $(\tau_2 - \tau_3)$ la pression dans le liquide est supérieure à P_0.

Dans l'intervalle $(\tau_1 - \tau_2)$ il naît des bulles; elles atteignent un certain rayon r. Sous l'effet de l'excès de pression qui suit dans l'intervalle $(\tau_2 - \tau_3)$, elles se résorbent, ou ne se résorbent pas, suivant que le temps nécessaire à lenr résorption est inférieur ou supérieur à l'intervalle $\tau_2 - \tau_3$.

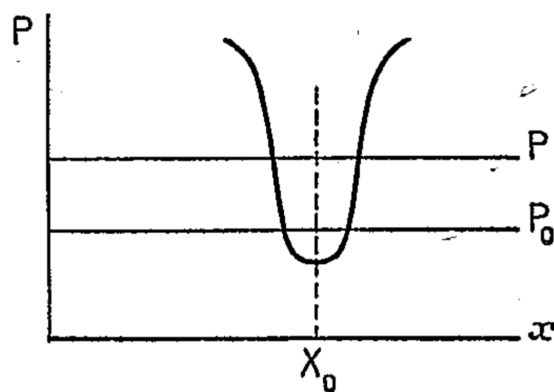
2. *Temps de résorption d'une bulle.* — Van Iterson avait déjà fourni, en 1936 [1], un temps d'écrasement d'une bulle de rayon r, dans un liquide de densité ρ et de constante de tension superficielle A. Il obtenait

$$t = 0,878\sqrt{\frac{r^3\rho}{2A}}.$$

En faisant intervenir les équations qui régissent les ébranlements à symétrie sphérique dans un fluide, on a pu trouver un temps

$$t = 0,815\sqrt{\frac{r^3\rho}{2A}}.$$

3. *Résultats expérimentaux.* — Au fur et à mesure que ΔP croît, $P - P_0$ croît, mais $(P - P_0)/\Delta P = \sin \omega\tau_1$ tend vers une limite qui ne dépend que de la fréquence. A 80 kc : s $\sin \omega\tau_1$ devient très vite peu différent de 0,28 alors que cette valeur est portée à 0,35 pour 17,7 kc : s.



Les intervalles $\tau_2 - \tau_3$ valent alors respectivement $7,31/10^6$ sec et $34,65/10^6$ sec à 80 kc : s et 17,7 kc : s, et les rayons des plus petites bulles formées qui leur correspondent sont $2,0/10^6$ cm et $6,6/10^6$ cm. L'importance de ce dernier rayon rend accessible l'observation du phénomène à 17,7 kc : s.

(1) *Proc. Kön. Aca. Wetenschappen*, Amsterdam, 39, 1936, n° 3, p. 330.

Ainsi, à une fréquence ultrasonore déterminée, un accroissement de ΔP n'entraîne pas un accroissement proportionnel du diamètre des bulles formées. Ce dernier tend vers une limite qui n'est fonction que de la seule fréquence.

Bien entendu, ces bulles une fois formées aux ventres se rassemblent aux nœuds de pression, de sorte que si l'on a des ondes stationnaires ultrasonores bien formées, on obtient un aspect assez frappant des bulles définitives étagées tous les $\lambda/2$ avec dans les intervalles à $\lambda/4$ une création continue de petites bulles dans des tranches très minces.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Éléments cardinaux d'un nouveau modèle de lentille électronique.* Note (*) de M. **Pierre Grivet**, présentée par M. Louis de Broglie.

On donne des formules simples facilitant l'usage du modèle mathématique de lentille décrit dans une Note précédente [1] et un tableau de valeurs des éléments cardinaux.

Le modèle mathématique de lentille décrit dans une Note précédente se montre fidèle dans nombre d'applications. Mais les fonctions auxquelles il fait appel pour représenter les rayons électroniques, les fonctions de Legendre $P_\nu(\operatorname{th} x)$, d'indice ν non entier sont peu connues en physique, c'est pourquoi je décris ici les tables numériques que j'ai établies et les formules qui leur servent de base.

1. Éléments cardinaux classiques. — Le tableau donne f/a et z_F/a, calculés à l'aide de la table de $\psi(\nu)$ de la référence [2].

2. Éléments cardinaux immergés. — 1° *Position du foyer* G. — La difficulté est de déterminer les racines de $P_\nu(\operatorname{th}\xi)=0$. Nous écrirons cette équation $P_\nu(\cos\theta)=0$ en adoptant la forme $P_\nu(\cos\theta)$ usuelle en mathématique et nous diviserons le domaine des valeurs de ν, physiquement intéressant $0<\nu\leqq 3/2$ en plusieurs morceaux.

Pour les faibles valeurs de $\nu(0<\nu<0,6)$ P_ν est bien représentée par son asymptote corrigée au premier ordre par la méthode des perturbations [*cf.* [3], p. 196-199]. On obtient

$$(1)\qquad y_2=(\alpha x+\beta)[1-h^2\log(1+e^{2x})]+\alpha h^2\left[e^{2x}-\frac{e^{4x}}{4}+\frac{e^{6x}}{9}\cdots\right],$$

l'expression $y_1=\alpha x+\beta$ résumant l'équation de l'asymptote donnée dans la Note précédente à laquelle nous renvoyons pour les notations. Pour les

(*) Séance du 19 novembre 1951.

(1) P. Grivet, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 921.

(2) Jahnke-Emde, Tables de fonctions.

(3) Schelkunoff, *Applied Mathematics*, New-York, 1948.

valeurs de ν comprises entre $1/2$ et $3/2$, θ_G est voisin de $\pi/2$, $\cot\theta$ est petit et l'on a approximativement [(³), p. 417]

$$P_\nu(\cos\theta) = \frac{A\sin(\gamma\theta - \varphi)}{\sqrt{\sin\theta}}, \qquad \gamma^2 = \left(\nu + \frac{1}{2}\right)^2 + \frac{1}{4}. \tag{2}$$

Les constantes A et φ sont déterminées par les conditions initiales rigoureuses, en $\theta = \pi/2$ qui sont connues. On obtient

$$\operatorname{tg}\left(\varphi - \gamma\frac{\pi}{2}\right) = \frac{\nu}{2}\left|\frac{\left(\frac{\nu-1}{2}\right)!}{\left(\frac{\nu}{2}\right)!}\right|\cot\frac{\pi\nu}{2}, \tag{3}$$

$$\gamma A = \frac{-2}{\sqrt{\pi}}\,\frac{\sin\frac{\pi\nu}{2}}{\cos\left(\gamma\frac{\pi}{2} - \varphi\right)}\,\frac{\left(\frac{\nu}{2}\right)!}{\left(\frac{\nu-1}{2}\right)!}. \tag{4}$$

L'emploi des factorielles ne présente aucune difficulté, car ces fonctions sont bien tabulées (²). Ces formules sont très précises et donnent θ_G avec une erreur bien inférieure au millième dans tout l'intervalle. On le vérifie facilement aux limites $\nu = 1/2$, $\nu = 3/2$, en effet l'intégrale de Mehler [*cf.* (⁴), p. 27] mène par le changement de variable $\sin\varphi = \sin\psi\sin(\theta/2)$ [notations de la référence (⁴), aux expressions

$$P_{\frac{1}{2}}(\cos\theta) = \frac{2}{\pi}\left[2E\left(\sin\frac{\theta}{2}\right) - K\left(\sin\frac{\theta}{2}\right)\right], \tag{5}$$

$$P_{-\frac{1}{2}}(\cos\theta) = \frac{2}{\pi}K\left(\sin\frac{\theta}{2}\right). \tag{6}$$

A partir de là, les intégrales de récurrence des P_ν conduisent à

$$P_{\frac{3}{2}}(\cos\theta) = \frac{2}{3\pi}\left[8\cos\theta\, E\left(\sin\frac{\theta}{2}\right) - (1 + 4\cos\theta)\, K\left(\sin\frac{\theta}{2}\right)\right], \tag{7}$$

E et K étant les intégrales elliptiques complètes de première et de seconde espèce qu'on trouve par exemple dans les tables de Potin.

2° *Distances focales.* — Elles sont liées aux valeurs de la dérivée en θ des P_ν. Les représentations approchées précédentes sont un peu insuffisantes pour le calcul de cette fonction au bord de leurs intervalles de validité. On subvient à ce défaut lorsque ν est petit, en s'aidant du Wronskien des P_ν qui donne

$$\frac{dP_\nu(\cos\theta)}{d\theta} = \frac{2\sin\nu\pi}{\pi\sin\theta}\,\frac{1}{P_\nu(-\cos\theta)}, \tag{8}$$

$P_\nu(-\cos\theta)$ étant facile à évaluer par un développement en série, car θ est

(⁴) Hobson, *Spherical Harmonics.*

alors voisin de π. Lorsque ν est compris entre 1/2 et 3/2 on peut améliorer la dérivée de la formule (2) en employant encore la méthode des perturbations; on obtient

$$m_2 \cos\alpha = m_0 + h^2 m_1 \sqrt{\cos\alpha}\left[\frac{1-\cos\gamma\alpha}{\gamma^2} - \frac{\alpha^4}{48}\right],$$

m_0 et m_1 étant les valeurs obtenues par dérivation de la formule (2) en $\theta = \pi/2$ et $\theta = \theta_G$ respectivement; $\alpha = \theta - (\pi/2)$. On parvient ainsi à une précision de 1/1000 en valeur relative pour la distance focale g. Les valeurs ainsi obtenues sont représentées au tableau.

ν.	k^2.	$\frac{z_G}{a}$.	$\frac{g}{a}$.	$\frac{f}{a}$.	$\frac{z_F}{a}$.
0,1.......	0,1908	3,787	3,86	3,850	3,787
0,2.......	0,4163	1,861	2,025	2,029	1,860
0,3.......	0,6765	1,190	1,450	1,474	1,176
0,4.......	0,9539	0,8302	1,180	1,254	0,779
0,5.......	1,301	0,5914	1,0276	1,193	0,466
0,6.......	1,659	0,4200	0,932	1,254	0,1464
0,7.......	2,065	0,2847	0,864	1,474	−0,2700
0,8.......	2,496	0,1745	0,820	2,029	−0,987
0,9.......	2,965	0,0810	0,786	3,860	−2,962
0,95.....	3,211	–	–	7,525	−6,796
1.........	3,469	0	0,7593	∞	∞
1,1.......	4,007	0,0717	0,739		
1,2.......	4,579	0,1359	0,722	$T(z) = \operatorname{sech}\left(1{,}317\frac{z}{a}\right)$	
1,3.......	5,186	0,1933	0,708		
1,4.......	5,828	0,2477	0,697	$\frac{d^2R}{dz^2} + \frac{k^2}{a^2}T^2(z)R = 0$	
1,5.......	6,504	0,2968	0,688		
2.........	10,407	0,500	0,658		

PHOSPHORESCENCE. — *Niveaux électroniques dans les corps phosphorescents cristallins à centres « poisons »* (Fe, Ni, Co). Note de MM. **Noubar Arpiarian** et **Daniel Curie**, présentée par M. Jean Cabannes.

On décrit deux types de schémas de niveaux électroniques qui permettent de rendre compte du comportement expérimental nettement différent du fer et du nickel, d'une part, du cobalt, de l'autre.

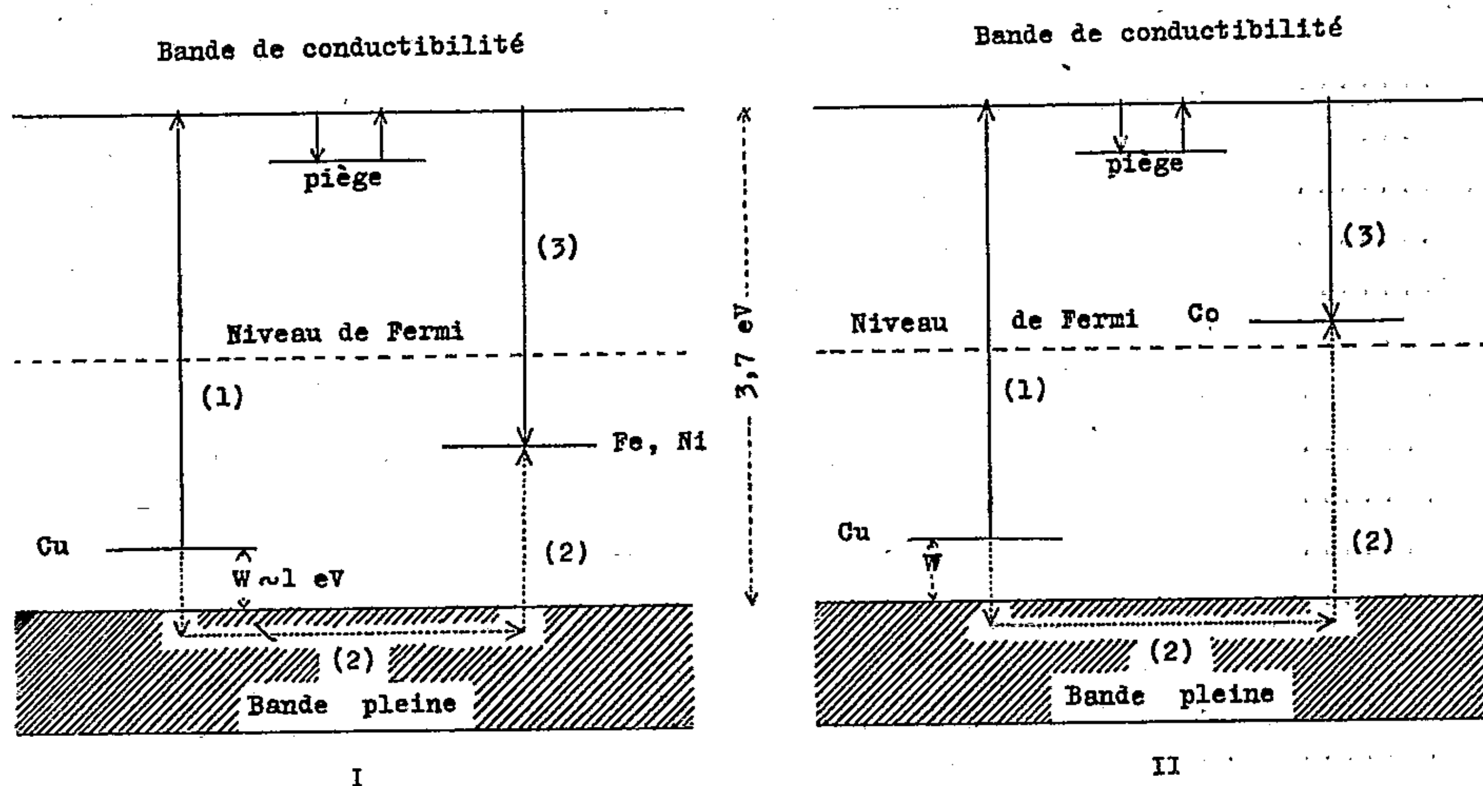
L'introduction dans un cristal phosphorescent des éléments extincteurs (poisons) de la luminescence fait apparaître de nouveaux niveaux localisés. Le mécanisme de l'extinction fait intervenir des transferts d'activation des centres luminogènes aux niveaux poisons (1) et l'on admet que les transitions relatives à ces niveaux ont lieu sans émission lumineuse. Diffé-

(1) M. Curie et J. Saddy, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2040.

rents auteurs ont cherché à préciser théoriquement la nature de ce mécanisme en considérant des centres plus ou moins profonds, donc pleins ou vides dans le sulfure non excité ([2]), ou des pièges ([3]).

1. Une étude expérimentale effectuée sur ZnS (Cu), additionné d'extincteur en proportion variable et excité en ultraviolet ([4]), permet de déterminer, parmi ces hypothèses, celle qui est la plus conforme à la réalité.

Pour Fe et Ni, l'effet extincteur est plus fort en phosphorescence que sous excitation; au contraire, Co éteint plus la luminescence brève que la luminescence durable ([5]).



Le cas de Fe et de Ni s'interprète en admettant que les centres Fe et Ni sont pleins dans le sulfure non excité. L'effet d'extinction nécessite alors le vidage préalable de ces centres, qui se fait, en général, par transfert d'activation à partir des centres Cu (il n'est toutefois pas exclu qu'un certain nombre de centres poisons soient vidés directement du fait de l'excitation). On a le schéma I, dans lequel figurent les transitions suivantes : (1) excitation, (2) migration d'un trou, (3) chute d'un électron sans émission de lumière. La probabilité du transfert est d'autant plus grande que l'électron est resté captif plus longtemps dans le piège et donc l'extinction augmente avec le temps du déclin.

([2]) S. Roberts et F. Williams, *J. Opt. Soc. Amer.*, 40, 1950, p. 516.

([3]) N. R. Nail, F. Urbach et D. Pearlman, *J. Opt. Soc. Amer.* 39, 1949, p. 693; M. Schön, *Zeitsch. für Naturforschung*, 6*a*, 1951, p. 251.

([4]) N. Arpiarian et J. Saddy, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1948; N. Arpiarian, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 387.

([5]) *Voir* aussi des indications du même ordre d'idées dans L. Lévy et D. W. West, *Luminescence, a general discussion*, Londres, 1938, p. 128.

Dans le cas de Co, les centres poisons seraient, au contraire, vides dans le sulfure non excité (schéma II). La transition sans émission (3) peut s'effectuer dès l'excitation (1), sans attendre le transfert (2), qui ne peut intervenir qu'ensuite pour vider le centre poison et ramener le sulfure dans l'état initial. Le nombre des centres Co vides décroît pendant la durée du déclin et l'effet extincteur diminue, conformément à l'expérience.

2. Si l'on introduit un niveau de Fermi situé à mi-distance entre les deux bandes ([1]), les centres Co sont, dans notre conception, au-dessus de ce niveau, alors que les centres Fe et Ni sont au-dessous de lui, tout en restant plus haut que les centres Cu (sinon les transferts auraient surtout lieu en sens inverse). La notion de niveau de Fermi ne semble pas avoir été examinée théoriquement dans le cas présent où existe une bande continue de niveaux émetteurs et, en outre, les niveaux d'impureté, mais elle garde sans doute un sens au moins approximatif.

3. La simple observation de la *montée de la luminescence* sous excitation semble fournir une justification des schémas présentés ici. On remarque une montée extrêmement lente pour les sulfures au cobalt, attribuable à la chute des électrons excités dans les centres Co vides et, au contraire, une montée très rapide pour les sulfures au fer et au nickel, comparable à celle des produits au cuivre pur : les centres Fe et Ni ne peuvent donc agir qu'après le transfert (2).

4. L'introduction de *pièges liés à l'élément extincteur*, comme aussi à l'élément luminogène, a été établie par la méthode des courbes de thermoluminescence ([6]). Mais nous ne croyons pas qu'il faille attribuer à ces pièges un rôle essentiel dans l'effet extincteur.

Pour Co en particulier, il peut sembler difficile de distinguer entre les centres peu profonds envisagés dans le schéma II et des pièges très profonds. Nous adopterons, pour cette distinction, le critère suivant : possibilité, dans le cas d'un piège, d'une sortie, soit thermique, soit infrarouge, vers la bande de conductibilité. Dans l'hypothèse où les niveaux poisons seraient des pièges et non des centres, la montée lente de la luminescence des sulfures au cobalt s'interpréterait par le remplissage d'un très grand nombre de pièges poisons. Ces sulfures, en voie de déclin, seraient donc susceptibles d'une stimulation infrarouge considérable, effet que l'on n'observe pas.

D'autre part, dans cette hypothèse, le nombre des pièges serait du même ordre que celui des centres : or, l'un de nous a montré qu'il existe des objections générales contre une telle conception ([7]).

([6]) W. HOOGENSTRAATEN, *Communic. au Congrès d'Heidelberg-Mosboch*, juillet 1951.

([7]) D. CURIE, *Thèse*, Paris, 1951.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur la cristallisation des couches minces de cuivre. Résultats expérimentaux.* Note (*) de MM. **Antoine Colombani** et **Gaston Ranc**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Dans deux Notes précédentes nous avons présenté les résultats obtenus dans l'étude de la cristallisation de couches très minces d'or déposées par évaporation thermique sur des supports de nature différente [1].

Nous avons étendu cette étude au cas du cuivre, du plomb et du bismuth, en utilisant la même technique d'évaporation : vide de l'ordre de 10^{-6} mm obtenu à l'aide d'une pompe à diffusion d'huile en présence d'air liquide. L'évaporation a lieu à partir d'un ruban plan de tungstène et l'épaisseur des dépôts est mesurée à 6 % près à l'aide d'un étalonnage pondéral préalable dans la cloche d'évaporation.

Aux très faibles épaisseurs, la loi d'Ohm n'est évidemment pas vérifiée. Sans nous attacher pour l'instant à une étude systématique de ce phénomène, nous avons mesuré sous vide et sous faible tension l'évolution de la conductibilité des dépôts métalliques. Les risques d'échauffement et de cristallisation parasite sont ainsi éliminés; cependant, comme pour le cas de l'or, nous avons très nettement constaté que « l'épaisseur critique » qui marque le changement du sens d'évolution de la conductibilité est indépendante de la tension de mesure, du moins jusqu'à 220 V : cm.

Les dépôts de cuivre, à cause de l'activité chimique de ce métal, sont plus délicats à obtenir que ceux d'or. Cependant, après de nombreuses évaporations, nous avons obtenu des résultats analogues à ceux déjà présentés par l'or. Les voici très brièvement :

1°. Dépôt sur support amorphe : plexiglas.

Pour toute épaisseur inférieure à 110 Å, l'évolution de la résistivité des dépôts dès leur formation est une fonction croissante du temps. Au-dessus de cette épaisseur, elle est décroissante. Dans les deux cas, l'évolution se stabilise suivant un palier (*fig.* 1).

2° Dépôt sur cristal orienté : NaCl.

Mêmes observations, mais le changement de sens d'évolution se produit vers 65 Å.

Les faits suivants sont à retenir :

A. L'épaisseur à partir de laquelle apparaît l'évolution cristalline (décroissance de la résistivité en fonction du temps) est *toujours plus faible* pour un dépôt obtenu sur support orienté (25 couches atomiques) que sur un support amorphe (43 couches) (*fig.* 2).

(*) Séance du 19 décembre 1951.

(1) A. Colombani et G. Ranc, **232**, 1951, p. 1344; **233**, 1951, p. 46.

B. A épaisseur égale, la résistivité du dépôt de cuivre sur cristal orienté est *toujours inférieure* à celle du dépôt sur support amorphe (*fig.* 3).

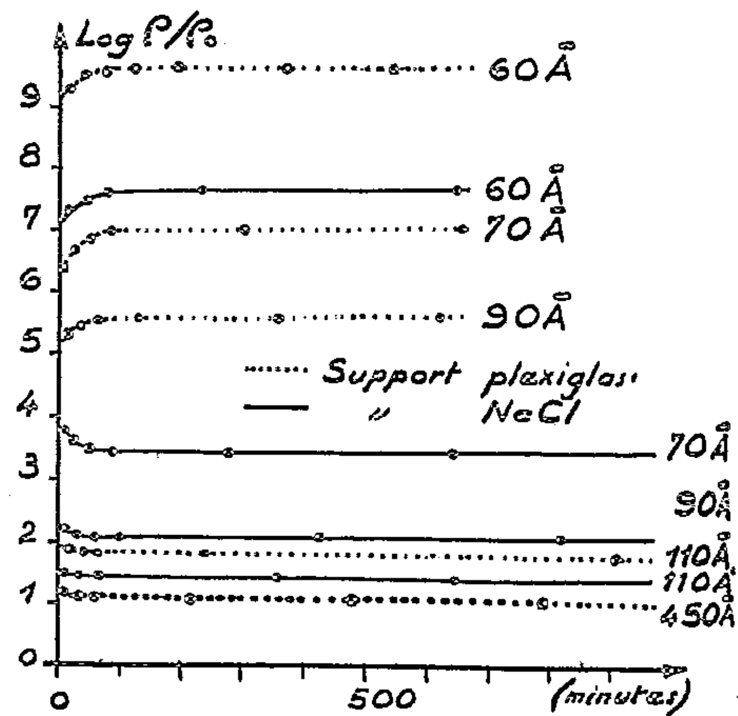


Fig. 1.

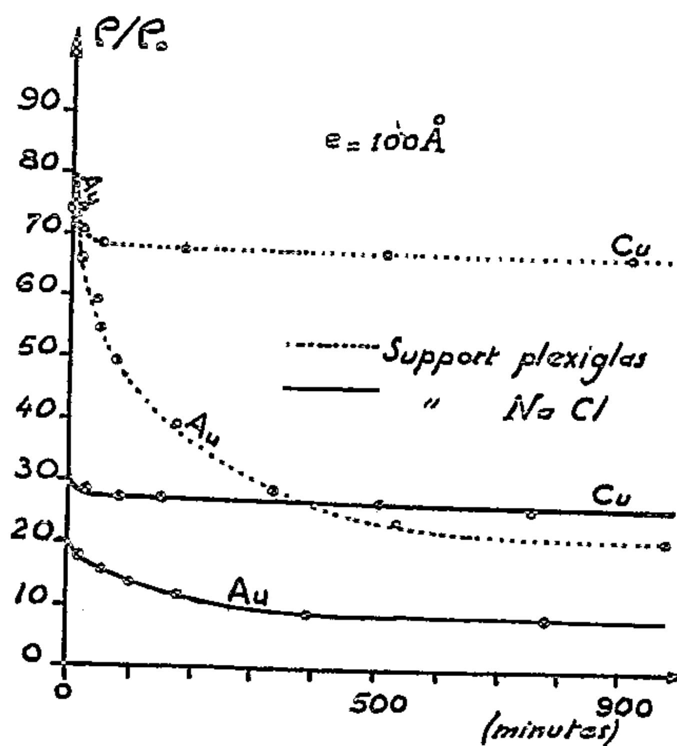


Fig. 2.

C. L'influence ionique, les actions d'orientation cristalline et la différence certaine des forces d'adsorption des deux supports font qu'à épaisseur égale, dès l'obtention du dépôt la profondeur d'évolution est beaucoup

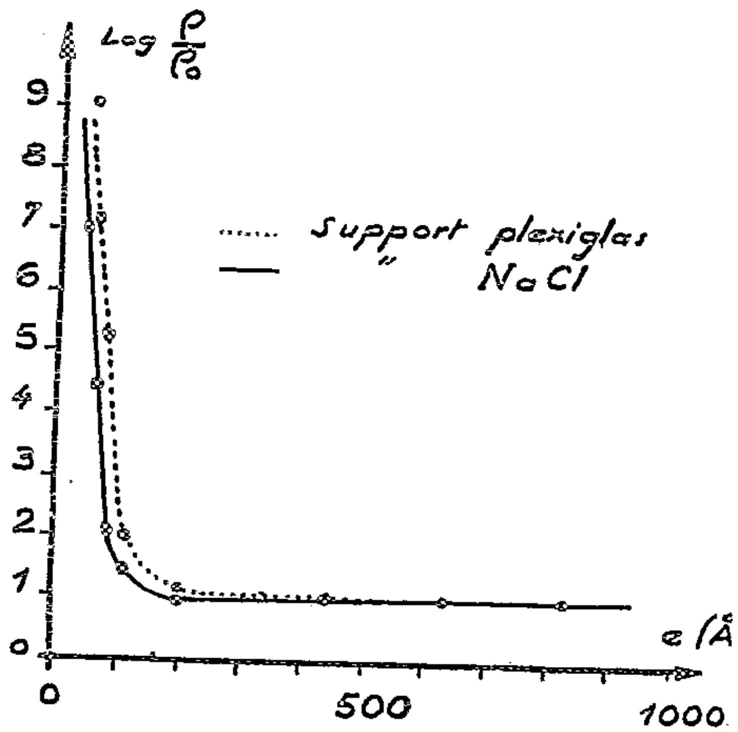


Fig. 3.

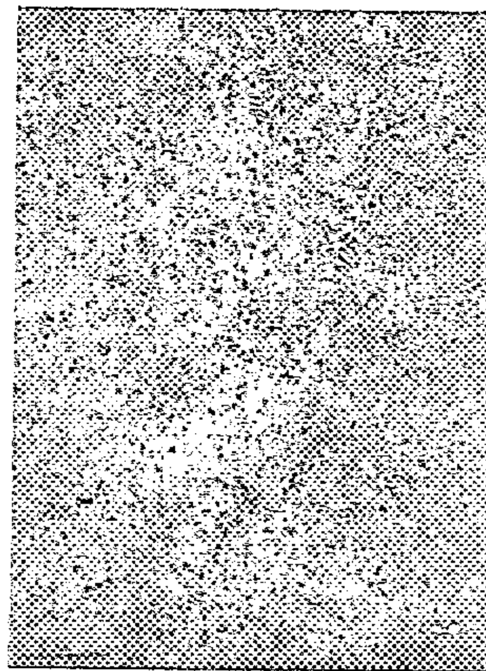


Fig. 4.

plus accentuée sur support amorphe que sur support orienté. Et cela d'autant plus que l'épaisseur est plus faible ([2]). *Dans le cas de l'or, ce phénomène est encore plus net* (*fig.* 2).

([2]) LONDON, *Z. Physik. Chem.* B, 11, 1930, p. 222.

Avec un pouvoir séparateur de 60 Å le microscope électronique indique la présence d'une multitude de microcristaux, beaucoup plus nombreux sur support orienté que sur support amorphe. Leur nombre et leur dimension croissent avec l'épaisseur du dépôt. Leur grandeur moyenne est de 160 Å, pour l'épaisseur 90 Å. Mais déjà à cette épaisseur (température ambiante), certains atteignent 2 000 Å. Sur notre cliché (*fig.* 4; G = 15 000) obtenu à partir d'une couche de 90 Å déposée sur NaCl et séparée de son support, les cristaux apparaissent en noir, tantôt entourés de cuivre paraissant non cristallisés, tantôt isolés. Dans les deux cas, leur croissance est faite aux dépens de leur voisinage et s'accélère avec l'élévation de température, comme nous l'avons constaté. Dans une prochaine publication, nous montrerons que cette croissance en fonction de la température est discontinue.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Détermination absolue des facteurs de condensation de jets moléculaires d'antimoine sur une surface.* Note de M. MARCEL DEVIENNE, présentée par M. Gustave Ribaud.

Nous avons précisé, dans un certain nombre d'autres Notes, l'utilisation des radioéléments artificiels pour l'étude de la condensation des jets moléculaires sur les surfaces.

Dans le cas de l'antimoine, la détermination de la valeur absolue du « facteur de condensation » soulève une difficulté du fait que l'atomicité de la vapeur d'antimoine, à basse température et pour des pressions très faibles, n'est pas rigoureusement connue. Il est en conséquence impossible d'évaluer numériquement le nombre d'atomes heurtant, pendant un temps donné, une surface donnée et, par conséquent, d'en déduire la valeur du facteur de condensation qui est égale au rapport du nombre d'atomes condensés sur le nombre d'atomes reçus par la surface.

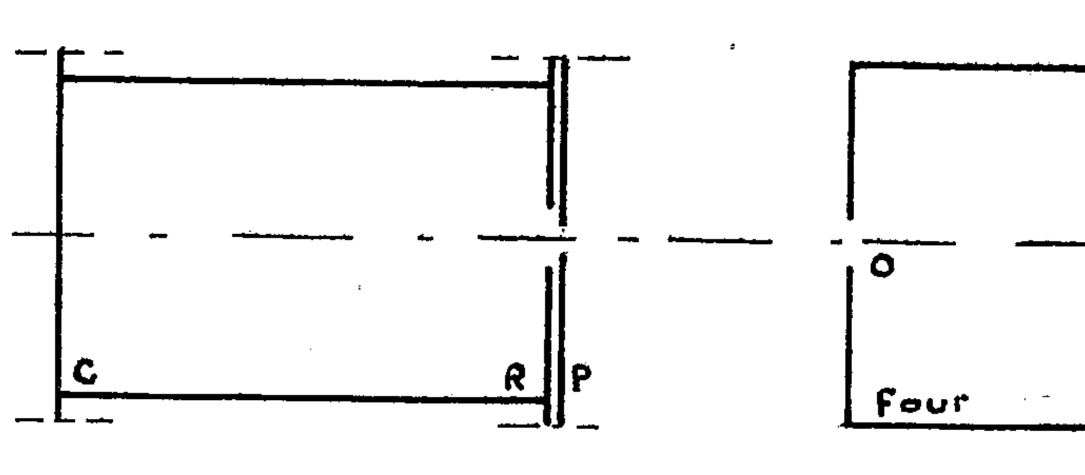
Nous avons surmonté la difficulté de la façon suivante : Le jet moléculaire qui sort de l'orifice O du four (diamètre 2 mm) pénètre dans un cylindre métallique de longueur 20 mm et de diamètre 12,5 mm, après avoir traversé les deux plaques accolées P et R, percées d'orifices ayant respectivement pour diamètres 1 mm et 2 mm, la première plaque protégeant la seconde vis-à-vis du rayonnement direct (*figure*). Le jet moléculaire ainsi diaphragmé vient heurter le fond du cylindre amovible qui est constitué par une plaque C de cuivre ou d'un corps de nature différente. Les molécules qui sont réfléchies par la plaque viennent se condenser

---

(1) RIBAUD et DEVIENNE, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1811; 231, 1950, p. 740; DEVIENNE, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1088.

partiellement sur les parois latérales L du cylindre constituées par une feuille très mince de cuivre (ou de clinquant) dont on mesure la radioactivité après l'avoir dépliée.

Les molécules réfléchies presque normalement par la surface réceptrice viennent se condenser sur une plaque de réflexion R. La distance du diaphragme O du four à l'orifice du cylindre est telle que la section du jet moléculaire par la surface de la plaque de condensation C en cuivre est nettement inférieure à celle du cylindre. Le centrage du dispositif, particulièrement soigné, est vérifié ultérieurement par des autoradiographies de la condensation de l'antimoine sur la plaque de cuivre réceptrice.



La valeur absolue du facteur de condensation est alors donnée par le rapport entre la valeur de la radioactivité du dépôt sur la plaque de condensation et la somme des radioactivités de ce dépôt et des condensations sur la surface latérale du cylindre et sur la plaque de réflexion. Les mesures sont effectuées de manière à éliminer l'influence du backscattering et de façon à diminuer l'influence de la géométrie dans le comptage.

Les expériences montrent que, pour une température de la plaque de condensation voisine de 25° C et pour une épaisseur condensée d'environ 40 Å, le facteur de condensation de l'antimoine sur le cuivre est très voisin de 0,74. Six mesures répétées dans des conditions analogues pour des épaisseurs très voisines donnent des facteurs de condensation compris entre 0,73 et 0,75 (température du four : 320° C; pression inférieure à 10^{-4} mm de mercure).

Avec l'antimoine radioactif dont nous disposions pour ces expériences, nous n'avons pu faire des mesures précises pour des épaisseurs nettement plus faibles. Indiquons toutefois que, d'après les mesures que nous avons effectuées, il semble que le facteur de condensation augmente avec l'épaisseur; en effet, pour des épaisseurs condensées de l'ordre de 14 Å, on trouve des valeurs de l'ordre de 0,55, alors que pour des épaisseurs nettement plus grandes, de l'ordre d'une centaine d'angströms, les facteurs de condensation sont égaux à 0,76.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Sur la mise en évidence d'une différence entre noyaux légers et lourds dans les échanges de charges de nucléons très rapides.* Note de MM. **Pierre Cüer** et **Jean Combe**, présentée par M. Louis de Broglie.

Notre hypothèse de sous-structures instantanées dans les noyaux légers de l'émulsion semble rendre compte d'un résultat nouveau que nous venons de mettre en évidence sur les échanges de charges nucléoniques et des principaux résultats expérimentaux connus dans le domaine des grandes énergies, inexplicables dans le schéma classique nucléon-nucléon.

Les émulsions utilisées ont été exposées au Synchro-cyclotron de Berkeley à des spectres de neutrons de ~ 90 et 270 MeV et à des protons monoénergétiques de 340 MeV.

Les noyaux désintégrés sont classés en deux catégories suivant le critère de la barrière de potentiel : légers (C, N, O) et lourds (Ag, Br). Ces deux groupes montrent une différence fondamentale pour les interactions primaires.

1. *Du point de vue de la charge.* — (Nucléons émergents de grande énergie). Phénoménologiquement dans un noyau lourd le nucléon sort en ayant changé de charge en moyenne une fois sur deux; dans les légers il garde 9 fois sur 10 son identité.

	Neutrons ~ 270 MeV		Protons 340 MeV	
	noyaux légers (%).	noyaux lourds (%).	noyaux légers (%).	noyaux lourds (%).
Pourcentage d'étoiles possédant une branche énergique visible émergente ($E > 30$ MeV)..	8	40	84	52
Nombres d'étoiles utilisées dans la statistique..	430	250	85	300

D'après les idées actuelles sur la transparence, on peut suivre choc par choc un nucléon très énergétique dans son trajet à travers un essaim de nucléons en mouvement. Les valeurs expérimentales connues des sections efficaces inélastiques nous permettent de calculer le libre parcours moyen λ dans la matière nucléaire en fonction de E. Pour C^{12} à 270 MeV, on peut ainsi calculer à l'aide de $\lambda \sim 7.10^{-13}$ cm que sur 100 traversées efficaces, ~ 80 donnent un choc et ~ 20 donnent deux chocs. Pour un noyau moyen intermédiaire entre Ag et Br, il y aurait 60 chocs simples, 30 doubles et 10 triples. Les probabilités des chocs sur les protons et les neutrons sont différentes et dans l'état actuel de nos connaissances, on peut fixer ainsi les limites : $1/4\, \sigma_{np} \leqq \sigma_{nn} = \sigma_{pp} \leqq \sigma_{np}$. Les calculs ont été conduits dans ces différentes hypothèses en supposant une proportion de 50 % de forces d'échange. Le résultat est relativement peu sensible aux suppositions sur σ. Dans le cas le plus en faveur actuelle-

ment $\sigma_{nn} \simeq 1/4\, \sigma_{np}$ on obtiendrait pour 100 neutrons incidents, 44 protons émergents pour des noyaux lourds et 40 pour des noyaux légers. Les résultats relatifs aux noyaux lourds sont donc en accord avec cette théorie courante nucléon-nucléon, comme l'a déjà remarqué indépendamment Bernardini (1). Par contre les noyaux légers peuvent être exclus de ce genre d'interactions.

Nous pensons que les résultats peuvent s'expliquer par l'existence d'une structure instantanée dans les noyaux légers que l'un de nous (2) a postulé déjà dans le mécanisme d'absorption et d'émission des mésons nucléaires où des énergies du même ordre de grandeur interviennent. La majorité des interactions des nucléons avec des noyaux légers serait donc composée de chocs quasi-élastiques (sans échange de charges) contre ces groupements de nucléons positivement chargés (α ou groupes d'α, tritons, deutérons) relativement stables par rapport au temps de collision ($\sim 0,5 \cdot 10^{-22}$ sec). Ces chocs peuvent être étudiés théoriquement par analogie avec certaines diffusions connues nucléon-α et nucléon-deutéron.

II. *Du point de vue de la distribution angulaire des particules chargées émergentes,* la différence entre lourds et légers est également visible. Les résultats seront détaillés ici dans une prochaine Note.

Un certain nombre de résultats importants relevés dans la littérature peuvent également s'expliquer par l'idée de structure instantanée dans les noyaux légers.

a. Temmer (3) a trouvé que des protons éjectés à 90° de protons incidents de 340 MeV par une cible de carbone ont une répartition énergétique anormalement élevée. Il explique ce résultat par l'existence de très grandes énergies d'agitation dans les noyaux s'élevant jusqu'à 200 MeV. L'existence d'une sous-structure α dans C^{12} explique quantitativement ce phénomène, que nous avons confirmé dans les émulsions exposées aux protons de 340 MeV, sans faire intervenir de tels moments anormaux.

b. On trouve expérimentalement (Bristol par exemple) dans les étoiles σ (provoquées par les mésons nucléaires) une proportion faible de $\sim 5\,\%$ de particules énergiques de charge $|e|$ issues des noyaux légers. Avec notre hypothèse on peut expliquer quantitativement ce résultat par une interaction primaire du genre : méson $+ \alpha \rightarrow$ triton $+$ neutron. Le neutron énergique (~ 90 MeV) échange rarement sa charge dans ses collisions ultérieures contre les groupements du noyau. Les échanges de charge sont plus fréquents pour les noyaux lourds (21,5 % de particules chargées énergiques). Le modèle nucléon-nucléon n'a pu jusqu'ici expliquer cette différence.

c. Les idées actuelles des interactions nucléaires de γ de 200 à 300 MeV

---

(1) BERNARDINI, E. T. BOOTH et S. J. LINDENBAUM, *Phys. Rev.*, 83, 1951, p. 669.
(2) P. CUER, *Phys. Rev.*, 80, 1950, p. 906.
(3) *Phys. Rev.*, 83, 1951, p. 1067.

(Walker, Levinger, Bethe, Heidmann) (4) introduisent l'existence de photo-désintégrations de deutérons et particules α au sein des noyaux légers.

d. Avec des protons de 340 MeV, Knox (5) a trouvé que le rendement des neutrons était $\sim$ 50 % plus élevé avec des cibles de Be^9 qu'avec du C^{12}. Le neutron isolé par rapport à Be^8 dans notre schéma peut aisément se détacher sous l'action des forces ordinaires. En outre le rendement par atome est trouvé $\sim$6 fois plus élevé pour Ag que pour C^{12}, ce qui coïncide exactement avec nos résultats expérimentaux et reste inexplicable en appliquant le schéma nucléon-nucléon aux noyaux légers.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Observation d'un méson lourd du type K dans une plaque photographique nucléaire.* Note (*) de MM. **Jean Crussard, Claude Mabboux, Daniel Morellet, Jacques Trembley** et M[lle] **Agnès Orkin-Lecourtois**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

Dans une plaque photographique Ilford à émulsion de type G 5 de 600 μ d'épaisseur, envoyée par ballons jusqu'à une altitude d'environ 35 000 m, nous avons observé le phénomène suivant : une particule de charge unité s'arrête dans l'émulsion et donne naissance à une trajectoire rapide partant à angle droit environ. La longueur de la trajectoire incidente (1 300 μ) est suffisante pour que le sens de parcours soit certain.

La grande longueur de la trajectoire émise (20 000 μ environ) a permis une bonne estimation de son énergie par la mesure du scattering.

p étant l'impulsion de la particule, et βc sa vitesse, nous avons trouvé :

par la méthode du scattering latéral (1),

$$p\beta c = 174 \begin{cases} +24 \text{ MeV}, \\ -19 \text{ MeV}; \end{cases}$$

par la méthode du scattering en profondeur (2), (3)

$$p\beta c = 190 \begin{cases} +50 \text{ MeV}, \\ -35 \text{ MeV}. \end{cases}$$

Le comptage de grains sur cette trajectoire indique une ionisation constante et égale à 5 % près, au minimum d'ionisation.

Il ne peut s'agir de la désintégration d'un méson μ. Si la particule secondaire est un électron, son énergie est donc $\geqq$155 MeV, valeur très éloignée

(4) *Phys. Rev.*, 84, 1951, p. 149 et 84, 1951, p. 43.

(5) *Phys. Rev.*, 81, 1951, p. 667.

(*) Séance du 19 décembre 1951.

(1) D'Espagnat, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 800; *J. Phys. Rad.* (à paraître).

(2) Mabboux, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1091 et 2309.

(3) Mesure effectuée sur 8 000 μ seulement.

du maximum du spectre d'énergie des électrons de désintégration du méson μ(55 MeV), et même bien supérieure à l'énergie de masse du méson μ(108 MeV).

On peut calculer la valeur minima de la masse d'une particule capable de donner par désintégration une particule chargée de $p\beta c = 155$ MeV (minimum de la valeur observée) et une particule neutre : on trouve 600 m_e, m_e étant la masse de l'électron.

Nous sommes donc amenés à rapprocher ce phénomène du cas analogue observé récemment par O'Ceallaigh ([4]), cas qu'il explique par la désintégration d'un méson lourd auquel il a donné la désignation k_1.

L'aspect de la trajectoire primaire confirme cette hypothèse. Une estimation grossière de la masse du primaire peut être obtenue par la mesure du scattering aux différents parcours restants. Par la méthode employée par Rochat et Menon ([5]), nous avons trouvé, après étalonnage sur quatre mésons et deux protons :

$$m_{k_1} = 1200 \begin{cases} +1900\, m_e, \\ -\ 740\, m_e. \end{cases}$$

Par ailleurs l'examen du début de la trajectoire (à 1200 μ du point d'arrêt) montre immédiatement que son ionisation est beaucoup plus forte que celle d'un méson π à la même distance; la comparaison a été faite avec plusieurs trajectoires de mésons π de la même plaque.

Cette ionisation a été, en outre, estimée de façon plus précise, au moyen d'une mesure de l'opacité de la trace effectuée à l'aide d'une méthode photoélectrique. La comparaison a été faite avec des trajectoires de protons, de mésons π et de mésons μ s'arrêtant dans la plaque, en tenant compte des petites corrections rendues nécessaires par l'influence du niveau de la trace dans l'émulsion sur l'indication de l'appareil. On constate que l'ionisation du méson k_1 est beaucoup plus voisine de celle d'un proton que de celle d'un méson π, tout en étant probablement légèrement inférieure à la première.

Pour conclure :

1° La particule émettrice ne peut certainement pas être un méson π ni même un méson μ, à cause de l'énergie trop grande du secondaire et de l'aspect de la trajectoire du primaire. Un proton à l'arrêt ne pouvant émettre une particule très énergique, il s'agit indubitablement d'un méson lourd de masse $\geqq 600\, m_e$. Si l'on en croit les indications concordantes fournies par le scattering et par l'ionisation, cette masse serait un peu inférieure à celle du proton, la valeur la plus probable étant d'environ 1200 m_e.

2° Sur la nature du secondaire, on ne peut être fixé. Sa masse est certaine-

---

([4]) *Phil. Mag.*, 42, 1951, p. 1032.
([5]) *Phil. Mag.*, 42, 1951, p. 1232.

ment $\leqq 400\, m_e$, sinon son ionisation vaudrait 1,3 fois le minimum, ce qui serait perceptible. Un méson π ou un méson μ sont possibles. L'électron ne peut pas être exclu non plus. Cependant, il est un peu moins vraisemblable : la perte d'énergie la plus probable sur les 20 000 μ de la trace serait plus forte que celle qu'on observe.

De façon plus précise, la mesure du scattering sur 5 000 μ a donné :

$$\text{au départ : } 217\begin{cases} +65\text{ Mev,} \\ -40\text{ Mev,}\end{cases} \qquad \text{à la fin : } 198\begin{cases} +59\text{ Mev,} \\ -37\text{ Mev.}\end{cases}$$

La perte d'énergie serait donc, pour un électron,

$$\Delta E = 20 \pm 8\text{ Mev.}$$

En tenant compte des probabilités des diverses valeurs de ΔE, et en se servant des courbes données par Bethe et Heitler ([5]) pour les probabilités des diverses pertes d'énergie par Bremsstrahlung, on trouve qu'un électron aurait environ une chance sur quatre d'avoir une perte d'énergie inférieure ou égale à celle qui a été mesurée.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur l'interaction nucléon-leptons dans la théorie de la désintégration* β. Note de MM. **Robert Bouchez** et **Roger Nataf**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'analyse de la valeur de l'élément de matrice nucléaire, correspondant aux transitions permises pour Z petit, semble montrer que l'on ne peut utiliser uniquement l'interaction tensorielle. Les relations donnant les probabilités de transitions β comprendraient environ 85 % provenant d'une interaction du type Gamow-Teller (T ou A) et 15 % provenant d'une interaction du type Fermi (S ou V).

La théorie de la désintégration β conduit pour l'interaction entre particules lourdes et légères à une combinaison linéaire de cinq formes possibles. Parmi celles-ci la forme V correspond, pour les transitions permises, aux règles de sélection $\Delta J = 0$, $\Delta L = 0$; mais ces règles, en contradiction avec l'expérience, ont été remplacées par celles de Gamow-Teller associées à l'interaction T ou A et correspondant pour les transitions permises à $\Delta L = 0$, $\Delta J = 0$ ou 1.

On a tendance ([1]) a admettre actuellement une interaction T principalement avec peu ou pas de mélange d'autres interactions. Toutefois, notre présente

([5]) *Proc. Roy. Soc.*, 146, 1934, p. 83.

([1]) R. Bouchez, *Thèse*, Paris, 1950; R. Nataf, *Thèse*, Paris, 1951; C. S. Wu, *Phys. Rev.*, 82, 1951, p. 957-958 L; Fulbright et Milton, *Phys. Rev.*, 82, 1951, p. 274 L; D. L. Pursey, *The Philosoph. Mag.*, 42, 1951, p. 1193.

étude est en faveur du mélange d'interactions (²) $H_\beta \equiv c_t H_t + c_f H_f$ avec $|c_t|^2 \simeq 0,85$, $|c_f|^2 \simeq 0,15$; H_t désignant l'interaction T ou A et H_f l'interaction S ou V.

Considérations théoriques. — 1° Dans cette étude, on se limite aux transitions permises. Dans ce cas, la probabilité de transition est donnée par

$$P = \frac{g^2}{2\pi^3} |M_0|^2 f_0(Z, \varepsilon_0) \qquad \text{ou encore} \qquad \frac{1}{t} = \frac{|M_0|^2}{T_0} f_0.$$

L'élément de matrice nucléaire M_0 pour les interactions S, V, T, A se réduit à deux formes

$$M_S \simeq M_V = \int \Psi_f^* \Psi_i \, d\tau \equiv M_f \qquad \text{et} \qquad M_T \simeq M_A = \int \Psi_f^* \frac{\vec{\sigma}}{\sqrt{3}} \Psi_i \, d\tau \equiv M_t;$$

plus généralement, dans le cas d'un mélange (S ou V) avec (T ou A) on aurait $|M_0|^2 = |c_t|^2 |M_t|^2 + |c_f|^2 |M_f|^2$, le terme croisé étant nul. En outre (¹)

$$|M_0|^2 = |a|^2 |M_\rho|^2 \qquad \text{avec} \quad M_\rho \equiv \int G_f^* G_i \, d\tau_r,$$

$G(r)$ désignant la grande composante de la fonction radiale d'un niveau nucléaire. $|a|^2$ dépend des parties angulaires des fonctions propres, et de l'interaction

$$|a|^2 \equiv \sum_{M'} \langle JLM | c_t H_t + c_f H_f | J'L'M' \rangle^2 = |c_t|^2 |a_t|^2 + |c_f|^2 |a_f|^2.$$

2° Pour calculer le facteur angulaire $|a|^2$, on considérera une structure nucléaire en couches, et l'on supposera (³) qu'un niveau nucléaire possède un moment orbital assez bien défini (L nombre quantique approché). Avec ces hypothèses on distingue :

a. Noyaux A impair pour lesquels les transitions β sont du type $^2(L)_J \to {}^2(L)_{J'}$ $|a_f|^2 = 1$ si $J' = J$, $|a_t|^2$ est donné (⁴) par des relations analogues à celles d'Hönl-Kronig en spectroscopie atomique.

b. Noyaux A pair pour lesquels les transitions sont de deux types :

b_1. $^1S_0 \rightleftharpoons {}^3S_1$ la transition est interdite par l'interaction du type Fermi, tandis que $|a_t|^2 = (2/3)(^3S_1 \to {}^1S_0)$, $2(^1S_0 \to {}^3S_1)$.

b_2. $^1S_0 \to {}^1S_0$ (probablement $^{14}O \to {}^{14}N^*$). La transition $0 \to 0$ est interdite par l'interaction du type Gamow-Teller : $|a_t|^2 = 0$, mais permise par celle du type Fermi : $|a_f|^2 = 2$.

3° En ce qui concerne le facteur radial, M_ρ sera d'autant plus grand que les

(²) S. R. de Groot et H. A. Tolhoek, *Physica*, 16, 1950, p. 456-479.

(³) R. Nataf, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 532 et 737; R. Bouchez, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 440; 1950, 231, p. 139 et 275.

(⁴) L. Rosenfeld, *Nuclear Forces*, 1948, p. 377.

fonctions radiales se recouvriront mieux, c'est-à-dire que les niveaux nucléaires de la transition seront moins différents; la plus grande valeur possible, $|M_\rho|^2 = 1$, correspond au cas extrême de la transition $n \to p$. La valeur précise de M_ρ se déduit de la valeur du produit $f_0 t$ de la transition $f_0 t = T_0/|a|^2 |M_\rho|^2$, après avoir choisi l'interaction et calculé $|a|^2$. La comparaison de ces valeurs de $|M_\rho|^2$ doit donc donner des indications sur le choix de l'interaction.

	i	f	E_0 KeV	$f_0 t$	$\lvert a_t\rvert^2$	$T_0/\lvert M_\rho^t\rvert^2$	$\lvert M_\rho^t\rvert^2$	$\lvert a_f\rvert^2$	$0{,}15\lvert a_f\rvert^2+0{,}85\lvert a_t\rvert^2$	$T_0/\lvert M_\rho\rvert^2$
I	n $S_{1/2}$	p $S_{1/2}$	782	1380	1	1380±300	1	1	1	≃ 1000
A impair	^{3}H $S_{1/2}$	^{3}He $S_{1/2}$	18,5	1150	1	1150±150	1	1	1	
	^{7}Be $P_{3/2}$	^{7}Li $P_{3/2}$	(352)	1900	5/9	1060	≃1	1	0,625	1200
	^{13}N $P_{1/2}$	^{13}C $P_{1/2}$	1200	4680	1/9	520	1,92	1	0,245	1240
	^{15}O $P_{1/2}$	^{15}N $P_{1/2}$	1683	3720	1/9	420	2,4	1	0,245	1030
	^{33}Cl $D_{3/2}$	^{33}S $D_{3/2}$	4130	3980	1/5	796	1,26	1	0,32	1280
	^{6}He $^1S_0$	^{6}Li $^3S_1$	3230	550	2	1100	≃1	0	1,7	940
II A pair	^{26}Al $^3S_1$	^{26}Mg $^1S_0$	2990	2200	2/3	1460	< 1	0	0,57	1250
	^{14}O $^1S_0$	^{14}N* $^1S_0$	1800	3150	0	—	—	2	0,3	950

Comparaison avec l'expérience. — On a indiqué dans les tableaux I et II, pour quelques transitions permises ($A < 40$), les valeurs de $f_0 t$, $|a_f|^2$, $|a_t|^2$, et les valeurs de M_ρ obtenues pour chaque interaction. A partir des données sur $n \to p$ et $^3H \to {}^3He$, on prend $T_0 \simeq 1000$ comme limite inférieure en supposant $|M_\rho|^2 = 1$ pour ces deux transitions. On voit alors qu'une interaction G. T. pure conduirait à des valeurs de M_ρ trop faibles pour ^{13}N, ^{15}O, ^{35}Cl et interdirait la transition $^{14}O \to {}^{14}N^*$.

Les anomalies sur les noyaux miroirs (^{13}N, ^{13}C), (^{15}O, ^{15}N), (^{33}Cl, ^{33}S) sont particulièrement importantes; ces noyaux sont très analogues, leur différence de masse est sensiblement égale à la différence d'énergie coulombienne, compte tenu de la différence de masse neutron-proton, leurs fonctions propres doivent donc être très voisines et leur J égal. Les noyaux ($^{14}O \to {}^{14}N^*$ 2,3 MeV) ont probablement aussi des fonctions propres voisines, leur différence de masse pouvant être obtenue de la même manière que pour les noyaux miroirs; leur J serait aussi égal.

Ces anomalies disparaissent lorsqu'on choisit l'interaction indiquée.

Conclusions. — On est donc conduit soit à choisir le mélange d'interaction précédent, soit à rejeter la règle empirique sur les J des noyaux miroirs et corrélativement modifier l'ordre de certains niveaux dans les modèles en couches,

soit enfin à rejeter le modèle en couches pour les noyaux légers et admettre que plusieurs nucléons sont affectés par la transition. Il faudrait aussi admettre $J(^{14}N^*) = 1$ malgré l'argumentation précédente.

Un mélange d'interactions est donc probable : (T, V) s'accorde seul avec le principe de symétrie de de Groot et Tolhoek (³); (A, S) semble exclu par la forme du spectre du ^{36}Cl (Wu[1]). (T, S) et (A, V) seraient aussi possibles. L'étude des transitions β interdites permettra de préciser ce mélange.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur l'évaporation du radium* E.
Note (*) de M. **Takashi Mikumo**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Il existe une abondante bibliographie sur l'évaporation et la distillation dans le vide ou dans un courant gazeux d'une source de Po obtenue sur un support en métal non volatil, alors que peu de publications se rapportent à l'évaporation de RaE.

J'ai étudié la distillation de RaE déposé sur un support de nickel en vue de préparer une source utilisable en spectrographie magnétique et en même temps j'ai poursuivi l'étude de l'évaporation de Po.

1. *Appareils.* — Pour obtenir les sources primaires, j'ai traité de vieilles ampoules de Rn de deux ans et demi à trois ans suivant la méthode ordinaire. Pour distiller le radio-élément on opère dans un tube en quartz (*fig.* 1). Dans la branche C est placé un thermo-couple Cu-constantan. Les sources de RaE à évaporer sont placées en S. On chauffe avec un chalumeau à oxygène, en envoyant dans le tube un courant gazeux desséché par l'acide sulfurique concentré. Le récepteur L, sur lequel se déposera l'activité est soudé à l'extrémité d'un tube de cuivre cylindro-conique refroidi par un courant d'eau.

2. *Expériences.* — Le but de ces expériences est de préparer une source intense de RaE. J'ai étudié toutefois, en même temps, l'influence des facteurs suivants :

a. Nature et vitesse du courant gazeux.

b. Température et durée du temps de chauffage.

c. Méthode de chauffage et refroidissement.

d. Influence du récepteur.

e. Affinité entre le support (ou le récepteur) et RaE.

L'intensité des sources de RaE utilisées avant le chauffage (un seul côté) est de l'ordre de 10 à 100 μC.

On a trouvé, que dans un courant d'hydrogène, le rendement de condensation de la vapeur de RaE sur le récepteur est meilleur que dans le vide ou dans un courant d'argon ou d'azote.

(*) Séance du 19 décembre 1951.

Si l'on chauffe fortement en présence d'hydrogène jusqu'à l'étranglement E (*fig.* 1), bien que l'on opère à plus basse température, la vaporisation est meilleure que sans courant. RaE commence à se vaporiser dans ces conditions nettement en dessous de 100°. La courbe de vaporisation (*fig.* 2) se rapporte à un temps de chauffage de 10 mn. La distillation de RaE est donc complète à 650-750° au bout de 30 mn. Si le courant

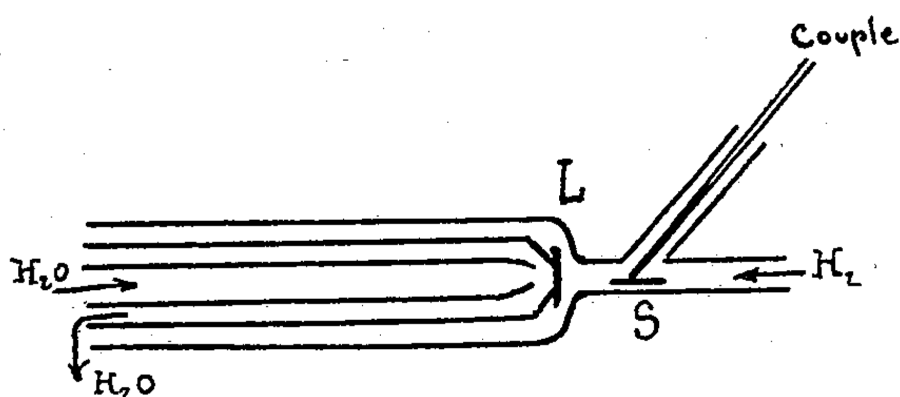


Fig. 1.

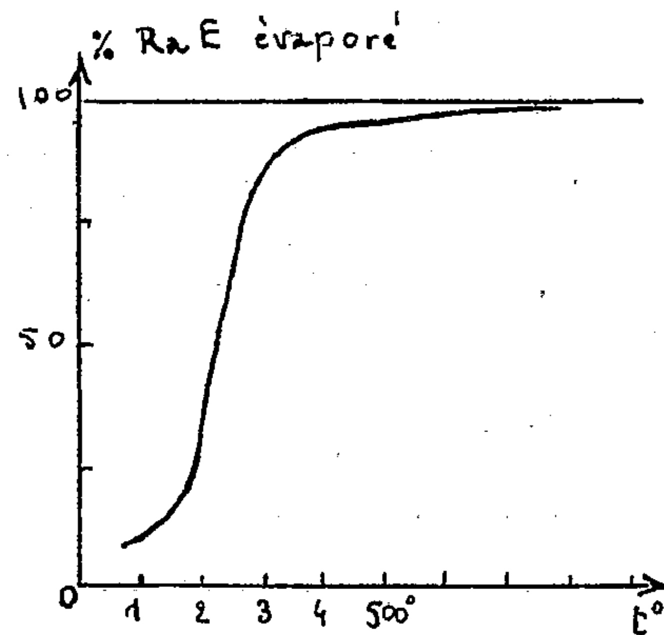


Fig. 2.

d'hydrogène est trop rapide, on ne peut condenser la vapeur sur une petite surface. Au cours de la préparation de sources de Po, E. Rona [1], [2] et ses collaborateurs signalent que le débit optimum de gaz est d'environ 12 cm³ : mn. J'ai utilisé un débit légèrement supérieur (20 cm³ : mn environ).

Pour obtenir une source de RaE à grande activité spécifique, il est nécessaire de concentrer le dépôt sur une surface d'aire minima, à défaut d'un point.

Dans le cas de Po, on peut en condenser une plus grande quantité sur Pt ou Pd que sur Cu ou Ni [3], toutes choses égales d'ailleurs, tandis qu'avec RaE je n'ai pas trouvé jusqu'à maintenant d'affinité particulière. La paroi intérieure se couvre, durant l'expérience, d'une substance noire, si stable qu'on ne peut la vaporiser en chauffant très fortement, ni la dissoudre dans les acides chlorhydrique ou nitrique concentrés. Au cours de l'essai à blanc avec un support de Ni inactif, on obtient un miroir de Ni soluble dans les acides.

Enfin, j'ai chauffé le tube de quartz en refroidissant fortement le récepteur L (lame ou disque) de métal (*fig.* 1) et j'ai constaté que la plus grande partie du RaE se dépose sur ce récepteur. Les méthodes de chauffage et de

---

(1) E. Rona et Schmidt, *Z. Phys.*, 48, 1928, p. 784.
(2) E. Rona et Schmidt, *Wien-Ber.*, 137, 1928, p. 103.
(3) Paneth et Hevesy, *Wien-Ber.*, 122, 1913, p. 1049.

refroidissement constituent les facteurs les plus importants. L'impossibilité de refroidir un seul point rend extrêmement difficile l'obtention d'une source quasi ponctuelle. Après avoir éliminé la majeure partie de Po par rotation d'une lame d'argent en solution chlorhydrique, on a chauffé les sources primaires et l'on a pu recueillir en L de 70 à 80 % de l'activité initiale. On répète la condensation sur le même récepteur. La source la plus intense de RaE obtenue par cette méthode a été déposée sur un disque de cuivre de 8 mm de diamètre et possédait une activité de l'ordre de 1 mC.

CHIMIE-PHYSIQUE. — *Sur l'oxydation de l'uranium métallique.*
Note (*) de M. **Jean Loriers**, présentée par M. Pierre Chevenard.

L'uranium s'oxyde selon un mécanisme comparable à celui du cérium. La pellicule initiale d'oxyde, homogène et protectrice, s'épaissit en se fragmentant, de telle sorte que la courbe d'oxydation masse-temps, enregistrée à la thermobalance, évolue du type parabolique au type linéaire.

L'uranium possède une pyrophoricité comparable à celle du cérium. Comme ce dernier, il peut s'enflammer à l'air, même sous forme de lingot, et les chaleurs de formation des oxydes obtenus finalement sont voisines : environ 281 000 cal pour U_3O_8 et 235 000 cal pour CeO_2, par atome-gramme de métal. De plus, malgré la diversité de composition et de structure des oxydes d'uranium ([1]), leur évolution présente une certaine analogie avec le passage de Ce_2O_3 cubique à CeO_2 ([2]). En effet, UO_2 fixe de l'oxygène avec contraction de la maille cristalline, et le volume équivalent de U_3O_7 (23,0 cm^3) est inférieur à celui de UO_2 (24,5 cm^3). On peut donc s'attendre à retrouver avec l'uranium les aspects de la loi d'oxydation établie pour le cérium. Cette loi, presque parabolique à température ordinaire, est de forme générale asymptotique, et se réduit à une expression linéaire au voisinage de l'inflammation ([3]).

La variation de la vitesse d'oxydation de l'uranium en fonction de la température a été étudiée par analyse thermique différentielle. Dans l'oxygène, l'échauffement commence à devenir appréciable vers 150° C, et présente deux régions d'accroissement rapide vers 240° C et 350° C. L'inflammation a lieu un peu au-dessus de 360° C pour des lingots et

---

(*) Séance du 19 décembre 1951.

([1]) Rundle, Baenzinger, Wilson, *J. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 99; Grønvold et Haraldsen, *Nature*, 162, 1948, p. 69; Alberman et Anderson, *J. Chem. Soc. Supp. Iss.*, n° 2, 1949, p. 303; Boulle-Jarry-Domine, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 214.

([2]) J. Loriers, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 547.

([3]) J. Loriers, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 522.

vers 245° C pour des échantillons présentant une grande surface d'attaque par rapport à la masse (tortillons de quelques dixièmes de millimètre d'épaisseur).

Les courbes d'oxydation à température constante en fonction du temps (*fig.* 1 et 2) ont été obtenues à l'aide d'une thermobalance à ressort d'élinvar, permettant de travailler dans l'oxygène. Suivant la structure des oxydes formés, examinés aux rayons X par la méthode des poudres, on peut distinguer, dans l'oxydation, trois domaines de températures successifs.

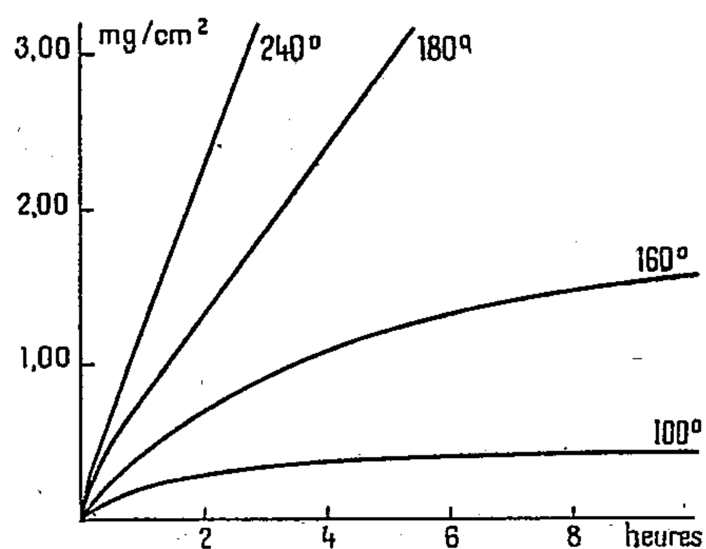


Fig. 1.

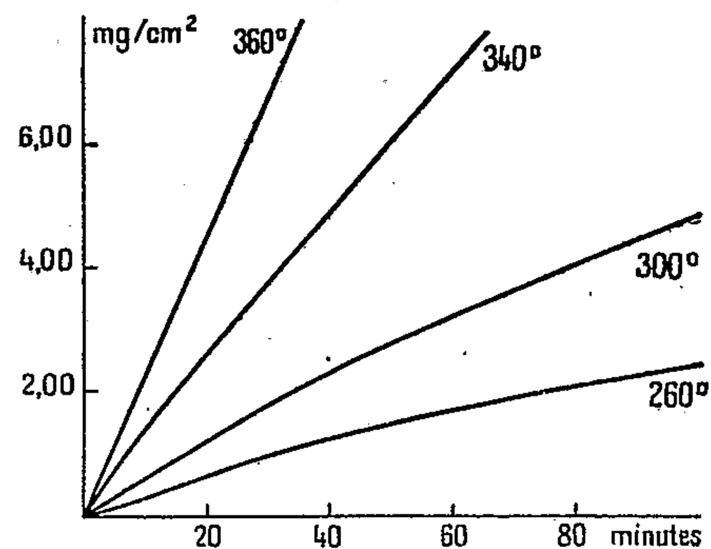


Fig. 2.

Jusqu'à 140° C environ, on observe la structure cubique à faces centrées de UO_2. Le paramètre de la maille est $a = 5,46$ Å. L'oxyde protège le métal de plus faible volume équivalent (12,7 cm³). Les courbes ont une allure parabolique, indiquant un processus d'oxydation par diffusion. La formation d'un oxyde inférieur tel que UO n'a pu être établie avec certitude. L'interprétation des phénomènes n'en serait d'ailleurs pas modifiée (UO est cubique type NaCl; V. E. = 18,2 cm³).

Entre 140° C et 240° C, les rayons X font apparaître une contraction continue de la maille cristalline, dont le paramètre diminue jusqu'à 5,41 Å, sans qu'il soit possible de mettre en évidence la déformation du réseau cubique en réseau quadratique, signalée dans l'oxydation de UO_2 [1]. Des observations au microscope métallographique montrent qu'on a maintenant deux couches d'oxyde, *la couche extérieure fissurée*, résultant sans doute de la rupture du film initial de UO_2 par suite de la contraction du réseau au cours de l'oxydation. L'épaisseur de *la pellicule inférieure continue* diminue progressivement jusqu'à devenir inappréciable à 230° C. Parallèlement, les courbes d'oxydation, encore paraboliques à 150° C, évoluent vers le type asymptotique et deviennent presque linéaires à 240° C.

Au-dessus de 240° C, apparaît une nouvelle structure cristalline, orthorombique comme U_3O_8. Elle forme une pellicule superficielle qui s'écaille facilement, tandis que la couche sous-jacente, formée d'un composé cubique

dont le paramètre de maille est $a = 5{,}41$ Å environ, adhère bien au métal. Les courbes de ce domaine sont asymptotiques, et tendent vers la forme linéaire, atteinte vers 350° C.

En conclusion, on voit que le mécanisme d'oxydation de l'uranium est comparable à celui du cérium à partir de 140° C. Le revêtement d'oxyde comprend alors toujours une pellicule protectrice contre le métal, et à l'extérieur, une couche poreuse facilement traversée par l'oxygène. La loi résultante est de type asymptotique, avec comme limites des formes paraboliques et linéaires.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Étude par diffraction électronique de la déshydratation et de la décomposition des sels.* Note (*) de Mme RENÉ LECUIR et M. RENÉ LECUIR, présentée par M. Paul Pascal.

En utilisant le vide qui règne dans l'appareil de diffraction électronique, la décomposition et la déshydratation des sels ont été étudiées dans l'appareil lui-même. Divers modes de décomposition ont été observés; en particulier, le départ de l'eau de coordination dans les exemples étudiés, est lié à l'existence de diagrammes présentant des raies larges et floues caractéristiques.

Certains composés fragiles se décomposent sous l'action du vide qui règne dans l'appareil de diffraction électronique; ceci a été considéré comme un des inconvénients de cette technique. Cependant, la rapidité avec laquelle peuvent être pris les clichés de diffraction électronique, nous a permis d'étudier par cette méthode des composés en cours d'évolution sous l'action du vide, seul, ou accompagné d'un traitement thermique.

A titre d'exemple, la cadence d'une expérience avec chauffage est exprimée par le tableau suivant (nitrate de cuivre hydraté) : 20°, 17 h 22 mn; 100°, 17 h 32 mn; 150°, 17 h 41 mn; 230°, 17 h 46 mn, etc.

Nous avons pu observer plusieurs modes de transformation :

1° Certains composés changent brusquement de structure et donnent sans stade intermédiaire, le diagramme du nouveau corps formé;

2° D'autres se transforment en donnant des clichés où les raies du nouveau réseau se substituent progressivement à celles du réseau initial;

3° Certains composés se transforment en donnant des diagrammes flous intenses dans lesquels apparaissent des raies larges.

Ce dernier cas fait l'objet de la présente Note.

Par exemple, le nitrate de cuivre hydraté, par chauffage sous vide dans l'appareil lui-même, donne le cliché de la figure 1; sur le cliché de la figure 2 apparaissent les raies d'un corps finement cristallisé; ce dernier se détruit (*fig.* 3 et 4), pour donner le diagramme d'oxyde cuivrique mélangé d'oxyde

(*) Séance du 19 décembre 1951.

cuivreux (*fig.* 5), ce dernier apparaissant seul dans le dernier diagramme (*fig.* 6).

En laissant sous vide, sans chauffage, le nitrate de cuivre hydraté, nous avons pu, en passant par les diagrammes intermédiaires d'anneaux

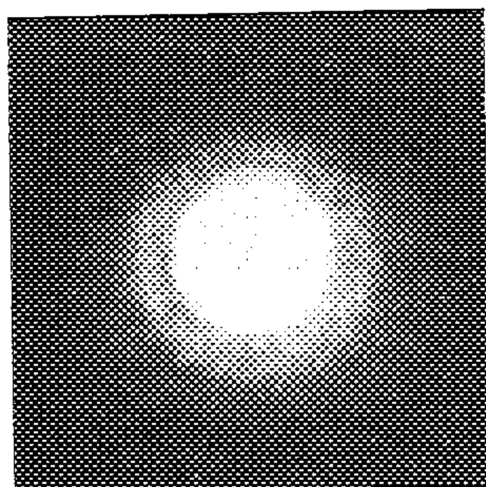


Fig. 1.

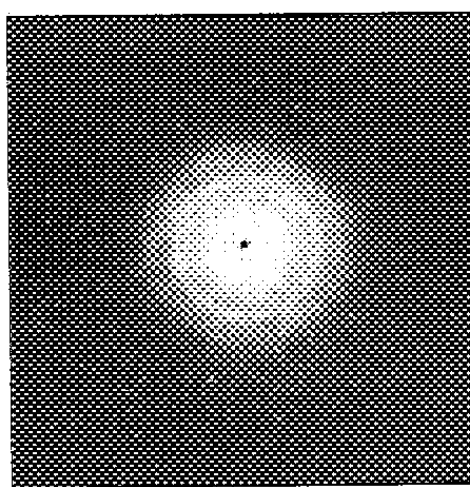


Fig. 2.

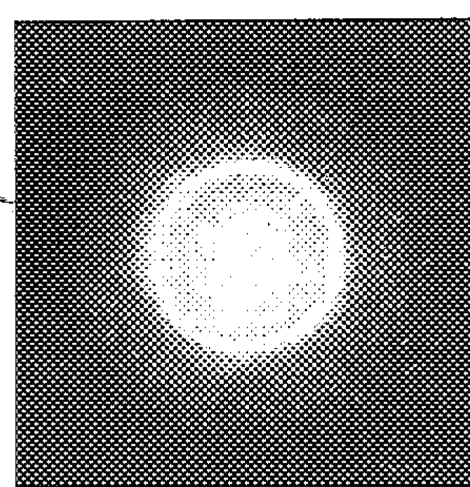


Fig. 3.

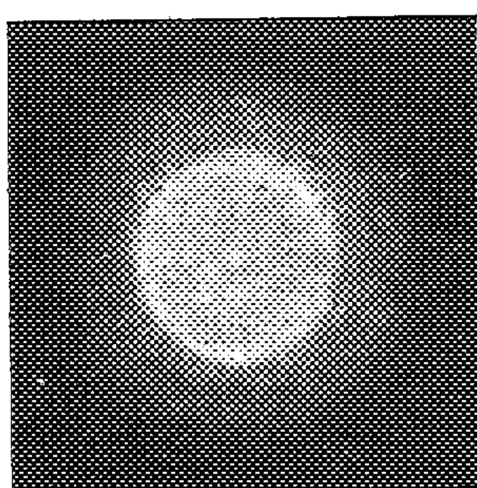


Fig. 4.

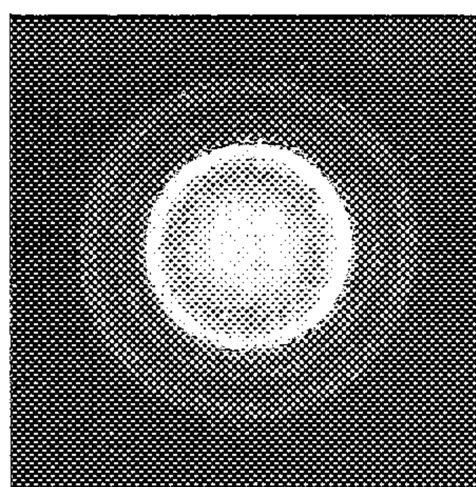


Fig. 5.

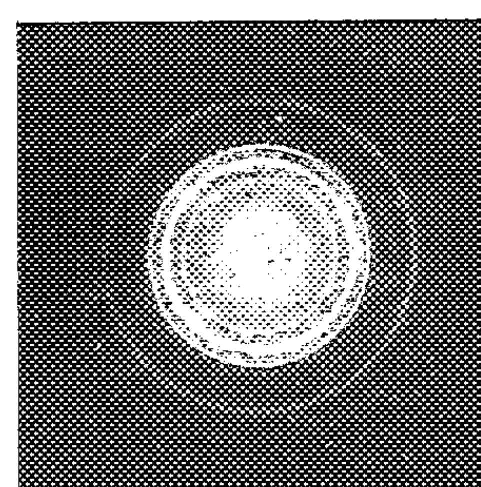


Fig. 6.

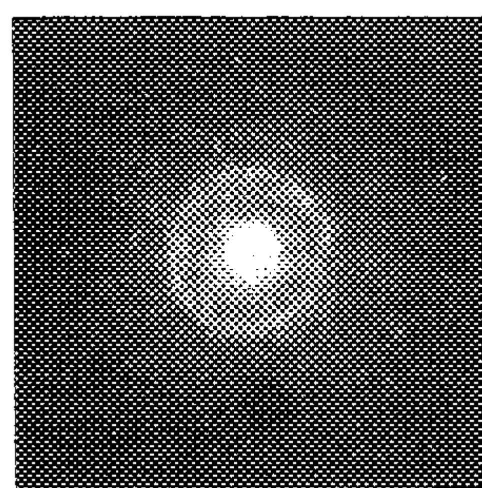


Fig. 7.

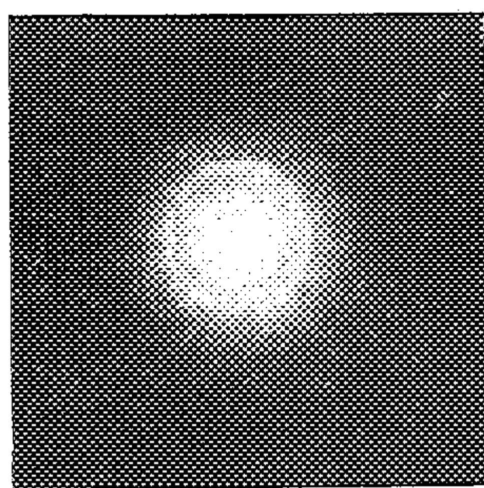


Fig. 8.

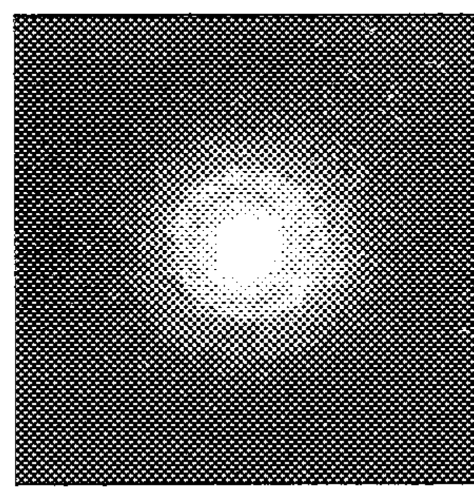


Fig. 9.

flous, obtenir bien cristallisé au bout de 20 mn, un diagramme de nitrate de cuivre basique $(NO_3)_2$ Cu, 3 $Cu(OH)_2$ que nous avons identifié en le comparant avec le diagramme obtenu sur une préparation de ce sel par diagramme X. Ce corps est caractérisé par les raies 6,7, 3,4 et 2,6 Å.

Nous avons pu ainsi constater que le corps finement cristallisé formé en cours de la déshydratation était le nitrate de cuivre basique.

La destruction partielle du nitrate, avant le départ de la totalité de l'eau de cristallisation, puis la destruction du nitrate basique sont l'une et l'autre caractérisées par ce type de diagramme. Dans l'état actuel de cette étude, la destruction dans les mêmes conditions (chauffage sous vide) d'hydrates contenant de l'eau de structure ou de l'eau zéolithique ne donne pas lieu à ce phénomène.

Nous l'avons, par contre, observé sur un certain nombre de sels hydratés [sulfate de cuivre (*fig.* 7), sulfate de nickel, chlorure de cuivre (*fig.* 8 et 9)] et il est intéressant de noter que tous les corps qui nous ont donné jusqu'ici des anneaux flous peuvent être classés parmi les hydrates où l'eau est liée par les valences de coordination.

ÉLECTROCHIMIE. — *Cryoscopie dans le borate de lithium fondu.*
Note (*) de M. **Georges Zarzycki**, présentée par M. Jean Cabannes.

La présente Note a pour but d'établir la constitution physico-chimique du métaborate de lithium fondu.

La cryoscopie des oxydes B_2O_3 et Li_2O dans le métaborate de lithium B_2O_3, Li_2O fondu conduit aux résultats représentés sur la figure 1. L'abaissement molaire $\Delta t/m$ en fonction de m (m = molarité rapportée à 1000 g de solvant) tend vers zéro lorsque m tend lui-même vers zéro. On vérifie ainsi avec précision que les courbes du diagramme thermique B_2O_3 — Li_2O se raccordent tangentiellement au sommet correspondant au métaborate et que ce maximum est bien à tangente horizontale (point indifférent.) Ceci implique que le métaborate fondu est *au moins* dissocié en B_2O_3 et Li_2O (ou plus exactement en Li_2O et $2B_2O_3$, Li_2O).

En effet (théorème de Stortenbeker), s'il n'en était pas ainsi, les cryoscopies de B_2O_3 et Li_2O auraient conduit à des abaissements molaires limites finis, *différents de zéro;* ceci voulant dire que les courbes du diagramme thermique arrivent au maximum *avec des pentes non nulles*, leur intersection donnant lieu à un sommet en forme d'ogive.

Nous devons donc admettre l'équilibre $(B_2O_3, Li_2O) \rightleftharpoons B_2O_3 + Li_2O$.

Mais le métaborate n'est pas un simple mélange des deux oxydes, c'est une espèce chimique bien définie, $B_2O_4Li_2$ ou BO_2Li, qu'on peut considérer comme dérivant de l'acide métaborique BO_2H. Et, dans une récente Note [1],

(*) Séance du 19 décembre 1951.

[1] E. Darmois et G. Zarzycki, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1110.

nous avons déjà prouvé l'existence d'ions Li^+ dans le métaborate de lithium fondu. Ce métaborate est donc un sel de lithium, et l'on doit pouvoir écrire aussi $BO_2Li \rightleftharpoons BO_2^- + Li^+$. Pour concilier ces deux points de vue on peut admettre la dissociation de l'oxyde Li_2O : $Li_2O \rightleftharpoons 2Li^+ + O^=$ qui entraîne à son tour celle de l'anion BO_2^- : $2BO_2^- \rightleftharpoons B_2O_3 + O^=$. On écrira donc globalement $B_2O_4Li_2 \rightleftharpoons B_2O_3 + 2Li^+ + O^=$.

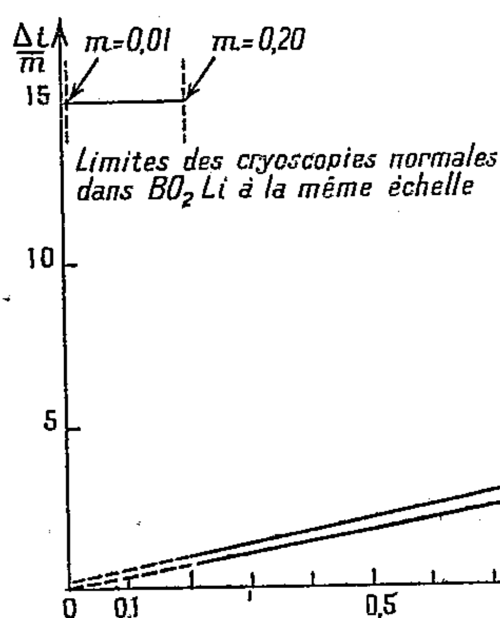


Fig. 1.

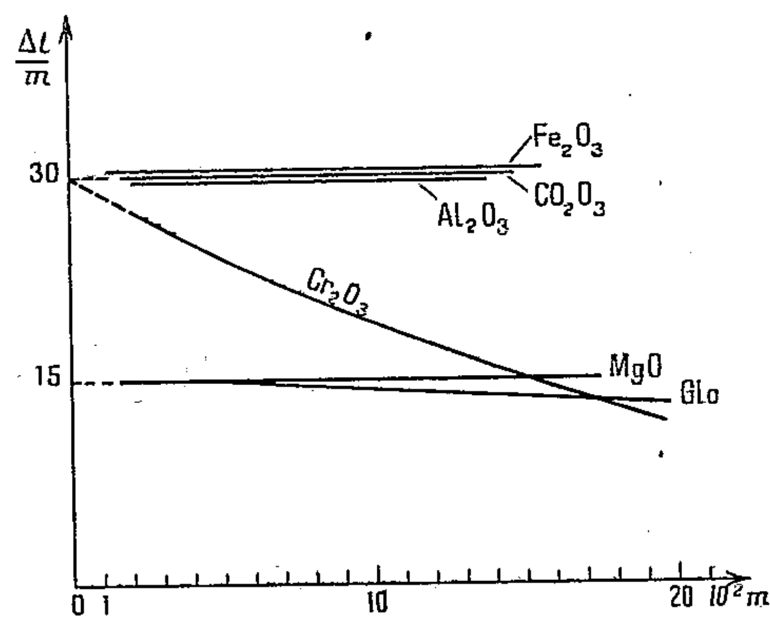


Fig. 2.

Fig. 1. — Cryoscopie dans le borate de lithium fondu. Cas particulier des oxydes constituants,

Fig. 2. — Cryoscopie dans le borate de lithium fondu.

Remarquons que la cryoscopie ne fournit pas d'indications sur l'état de B_2O_3; nous avons retenu l'hypothèse la plus simple, mais l'on pourrait aussi bien supposer une ionisation plus poussée intéressant B_2O_3 sans rien changer aux résultats.

Un fait reste certain : Li_2O est dissocié en ses éléments et en plus de Li^+ *des ions* $O^=$ *libres existent dans le solvant fondu.*

La cryoscopie des oxydes dans le $B_2O_4Li_2$ fondu confirme ce résultat; on n'observe jamais de nombre de particules supérieur au nombre d'atomes métalliques de l'oxyde dissous.

Autrement dit les ions $O^=$ provenant d'une ionisation éventuelle de l'oxyde sont masqués, s'ils existent, par les ions $O^=$ libres du solvant, en accord avec le théorème de Stortenbeker. Ainsi :

1° La cryoscopie des oxydes monométalliques NiO, TiO_2 *voir* (1) et MgO, GlO (*fig.* 2) conduit à l'abaissement molaire limite normal ($=15$). On ne peut rien conclure quant à l'ionisation de ces oxydes : ou bien ils ne sont pas ionisés ou bien ils le sont et l'ion commun $O^=$ ne compte pas.

2° La cryoscopie des oxydes bimétalliques Al_2O_3, Fe_2O_3, Co_2O_3, Cr_2O_3 (*fig.* 2) a toujours conduit à l'abaissement molaire limite double ($= 2 \times 15$). Ici, on peut affirmer que ces oxydes sont ionisés, et ceci *au moins* en deux par-

ticules, par exemple $Al_2O_3 \rightleftharpoons AlO_2^- + AlO^+$, mais les ions oxygénés peuvent à leur tour subir une ionisation plus poussée sans que cela puisse être décelé par la cryoscopie.

Remarque. — Notre raisonnement relatif à la dissociation de $B_2O_4Li_2$ est susceptible d'une généralisation. En particulier, il reste applicable *mutatis mutandis* à d'autres solvants oxygénés tels que par exemple : les silicates, aluminates, phosphates, etc. Si la cryoscopie dans ces solvants (pas toujours possible à l'heure actuelle) montre : 1° que l'on a bien affaire à un point indifférent; 2° que l'ion métallique ne compte pas, on pourra conclure que dans le solvant *fondu* il existe des ions $O^=$ libres provenant de la dissociation de l'anion oxygéné. Exemple : $SiO_3^= \rightleftharpoons SiO_2 + O^=$, $2AlO_2^- \rightleftharpoons Al_2O_3 + O^=$. Nous avons en somme ici un moyen direct pour vérifier sous un autre aspect l'hypothèse émise par L. Andrieux (2) et exploitée par ses élèves (3) suivant laquelle tout sel oxygéné fondu peut être regardé au point de vue électrolytique comme la dissolution d'un oxyde métallique dissocié dans un anhydride servant de diélectrique ionisant.

MAGNÉTOCHIMIE. — *Étude des monomère, dimère et trimère de la cyanamide.* Note (*) de M. **Jean Ploquin** et Mme **Christiane Vergneau-Souvray**, présentée par M. Paul Pascal.

L'étude magnétochimique de la cyanamide et de ses di- et trimères confirme les structures habituellement admises pour ces composés, compte tenu de l'effet magnétique de l'accumulation des azotes sur un même carbone et de la conjugaison de la fonction amine avec un cycle aromatique.

Malgré d'assez nombreuses discussions (1), (2), (3), (4), (5), (6), (7), la constitution de la cyanamide n'est pas connue. Nous avons étudié la susceptibilité magnétique de cette molécule à l'état solide et à l'état dissous dans divers solvants pour obtenir des renseignements sur son comportement dans des réactions ultérieures. Les résultats sont consignés dans le tableau ci-après :

---

(2) *Ann. Chim.*, 12, 1929, p. 423.

(3) M. Dodero, *Thèse*, Grenoble, 1937; M. Chêne, *Thèse*, Grenoble, 1940.

(*) Séance du 19 décembre 1951.

(1) Pascal, *Traité de Chimie Minérale*, 5, 1932, p. 274.

(2) Madelung, *Annalen der Liebig*, 427, 1922, p. 35.

(3) Von Anwers et Ernst, *Z. physik. Chem.*, 122, 1926, p. 236 et 124, p. 464.

(4) Franssen, *Bull. Soc. Chim.*, 43, 1928, p. 177.

(5) Barsky, *Chimie et Industrie*, 28, 1932, p. 1032.

(6) Werner, *The Chemistry of Urea* (Londres), p. 87.

(7) Colson, *J. Chem. Society*, 111, 1917, p. 552.

	$-K_s.10^6$.	$-K_M.10^6$.
Cyanamide solide	0,589	24,8
Cyanamide dissoute dans :		
eau	0,522	21,9
pyridine	0,569	23,9
n-propanol	0,615	25,8
isobutanol *p*	0,610	25,6
isoamylol	0,607	25,5
acétate d'éthyle	0,586	24,6
acétate d'amyle	0,583	24,5
phtalate d'éthyle	0,605	25,4
isobutyrate d'amyle	0,604	25,4
undécylénate d'éthyle	0,616	25,9

Il semble donc que l'on puisse admettre la valeur de $-24,8.10^{-6}$ pour la susceptibilité magnétique moléculaire de la cyanamide pure; cette valeur est abaissée dans certains solvants par suite de l'ionisation (eau). En solution dans les acétates d'éthyle et d'amyle, on retrouve la même valeur; la molécule s'y trouverait donc sous la même forme qu'à l'état solide. En solution dans les autres esters et les alcools étudiés, on trouve une valeur un peu plus élevée, ce qui indique une interaction entre le solvant et le corps dissous.

Cette valeur $K_M = -24,8.10^{-6}$ est intéressante à comparer à celles que l'on peut calculer à partir de la systématique de Pascal ([8]) en admettant certaines constitutions *a priori*.

Pour la structure cyanamide $NC-NH_2$ on calcule $K_{M_1} = -22,16.10^{-6}$ et pour le schéma carbodiimine $HN=C=NH$, $K_{M_2} = -12,76.10^{-6}$.

La valeur trouvée est donc beaucoup plus près de K_{M_1} que de K_{M_2} et ainsi il y a tout lieu de penser que c'est la structure cyanamide qui représente le mieux le produit cristallisé. On confirme donc ainsi les conclusions établies à partir des propriétés optiques ([3]).

Cette détermination, indépendamment de toute interprétation, permet de fixer l'incrément de structure des cyanamides : $\lambda_{cy} = -1,8.10^{-6}$, c'est-à-dire à très peu près celui du noyau cyanurique fortement apparenté aux cyanamides. Cette exaltation du diamagnétisme résulte de l'accumulation des azotes sur le même carbone, tout comme la présence simultanée d'azote et d'oxygène sur un même carbone exalte le diamagnétisme (urée, carbamates, etc.). Lorsqu'on dimérise et trimérise la cyanamide, on obtient la dicyandiamide à laquelle on attribue souvent la constitution de la cyanoguanidine et la mélamine qu'on

---

([8]) Nous avons utilisé l'ancienne systématique de Pascal, les calculs ayant été faits avant la parution de la Note de MM. Pascal, Pacault et Hoarau (*Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1078). Nos résultats, traduits dans la nouvelle systématique, permettent de calculer de nouveaux incréments, par exemple : $\lambda_{NCN} = +4,6.10^{-6}$.

a assimilée au triamino-triazol symétrique. Les susceptibilités magnétiques sont les suivantes :

	$-K_S.10^6$ trouvé.	$-K_M.10^6$ trouvé.	$-K_M.10^6$ calculé.
Dicyandiamide...........	0,569	47,8 (23,9 × 2)	-
Cyanoguanidine..........	-	-	37
Mélamine................	0,490	61,74 (20,58 × 3)	-
Triaminotriazol..........	-	-	67,48

Dans la cyanoguanidine le même phénomène (accumulation des azotes sur les deux carbones) explique que le diamagnétisme soit exagéré.

Pour la mélamine, nous avons calculé K_M en tenant compte d'un anneau cyanurique et de trois NH_2 aromatiques. Néanmoins, nous trouvons une valeur un peu trop forte; la diminution de la susceptibilité atomique de l'azote est donc encore plus manifeste quand la fonction amine est fixée sur le noyau cyanurique que lorsqu'elle est substituée dans le cycle benzénique. On est donc conduit à prendre ici : $K_N = -2,49.10^{-6}$, si l'on garde $K_N = -5,55.10^{-6}$ pour les azotes du cycle.

On remarquera que suivant la règle générale, la susceptibilité moléculaire (rapportée au monomère), diminue au cours de la polymérisation

$$\frac{|K_{\text{mélamine}}|}{3} < \frac{|K_{\text{dicyandiamide}}|}{2} < \frac{|K_{\text{cyanamide}}|}{1}.$$

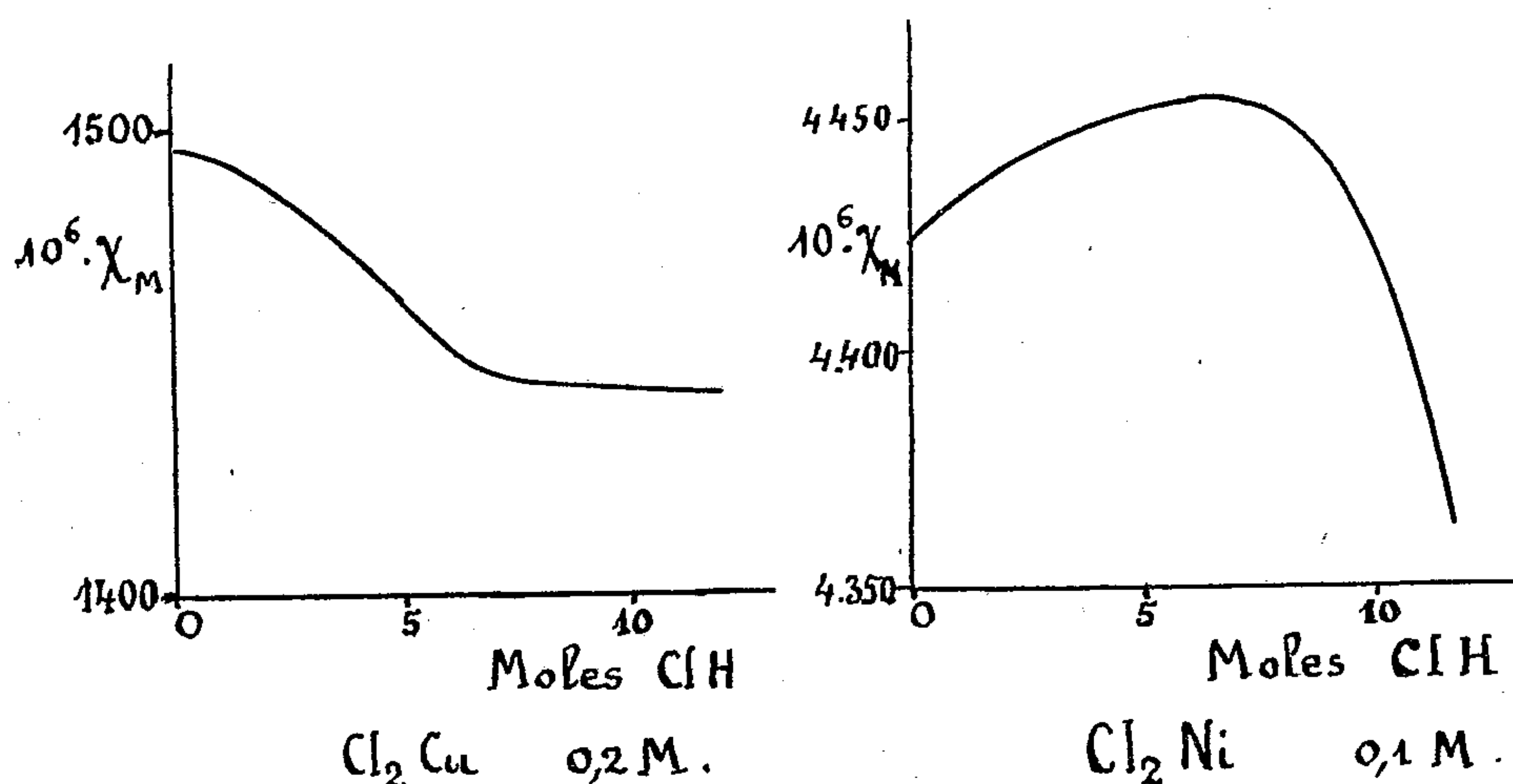
MAGNÉTOCHIMIE. — *Sur la susceptibilité magnétique des solutions chlorhydriques de chlorures de cuivre et de nickel divalents.* Note (*) de M. **Jacques A. Dixmier**, présentée par M. Paul Pascal.

Les mesures magnétiques mettent en évidence la formation d'ions complexes dans ces solutions pour les fortes concentrations en acide chlorhydrique. Dans le cas du chlorure cuivrique, on est sans doute en présence d'ions $[CuCl_6]^{----}$.

Toutes les solutions cuivriques renfermaient 0,2 mole de chlorure cuivrique et de 0 à 12 moles d'acide chlorhydrique au litre; pour le chlorure de nickel, moins soluble, on avait au litre 0,1 mole de ce sel et 0 à 11,5 moles d'acide.

Les mesures magnétiques ont été faites à l'aide du montage classique de Pascal. L'électroaimant, alimenté par un courant qui pouvait atteindre 17 A sous 100 V, était muni de pièces polaires tronconiques terminées par des cercles de 4 cm de diamètre; l'entrefer était de 18 mm. Le tube renfermant la solution, en cristal, muni d'un bouchon rodé, avait un diamètre intérieur de 6 mm et il était lesté avec du mercure. La balance, sensible au 1/10 mg, reposait sur deux marbres de fonderie dont les faces dressées disposées en regard étaient réunies par l'intermédiaire de billes

en acier logées dans une plaque de laiton; des réglettes appliquées sur les quatre côtés du marbre supérieur pouvaient se déplacer parallèlement à elles-mêmes et elles étaient commandées par des tiges filetées liées au marbre inférieur et munies de boutons moletés. On réglait ainsi la position dans un plan horizontal de la balance et, par suite, du tube renfermant la solution, suspendu à la place de l'un des plateaux. Une tige filetée



verticale permettait de régler la hauteur (¹). Les mesures ont été faites à 19° C; la précision est de 1 à 2 %. A partir de la susceptibilité magnétique spécifique de la solution, nous avons calculé, en appliquant la loi d'additivité la susceptibilité moléculaire χ_M du chlorure. Les courbes reproduites ici donnent les variations de cette grandeur en fonction du nombre de moles d'acide chlorhydrique par litre de solution.

La susceptibilité magnétique moléculaire du chlorure cuivrique décroît à partir de 1495×10^{-6} et se stabilise vers 1445×10^{-6}. Vagnik et Uberoy (²), étudiant la viscosité de ces solutions, indiquaient l'existence d'ions $[CuCl_4]^{--}$, mais leurs conclusions avaient été combattues par Carter et Megson (³). En se reportant aux travaux systématiques effectués par Amiel (⁴) sur les cupritétrachlorures et les cupritrichlorures formés avec des bases organiques, on voit que la formation des ions $[CuCl_4]^{--}$ ferait croître χ_M; au contraire, si l'on a affaire à des ions $[CuCl_6]^{----}$, il y a bien diminution de χ_M.

(*) Séance du 19 décembre 1951.

(¹) J. A. Dixmier, *Thèse d'Université*, Poitiers, 1951.

(²) *J. Amer. Chem. Soc.*, **46**, 1924, p. 802.

(³) *J. Chem. Soc.*, **131**, 1927, p. 2023.

(⁴) *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 1400 et **206**, 1938, p. 1113.

Dans le cas du chlorure de nickel, il y a d'abord une légère augmentation de χ_M; il est difficile de savoir si elle est provoquée uniquement par une diminution de l'hydratation des ions. Par contre, pour les fortes concentrations en acide chlorhydrique, on caractérise ainsi la formation d'ions complexes avec dépréciation très nette du paramagnétisme.

CHIMIE DES MACROMOLÉCULES. — *Sur la variabilité de composition des acides humiques.* Note de M[lle] **Pierrette Cornec**, présentée par M. Paul Pascal.

Étude de la composition centésimale des « acides humiques » provenant de l'oxydation de l'hydroquinone, influence des conditions de préparation (pH milieu réactionnel, agent oxydant). Les acides « hydroquinone-humiques » n'ont pas une composition constante et sont probablement des mélanges de produits assez voisins, différant entre eux par leur degré d'oxydation et leur degré de condensation.

On a remarqué depuis longtemps ([1]) que les acides dérivés des polyphénols se rapprochent des acides naturels par leur composition ainsi que par un certain nombre de leurs propriétés. Nous nous sommes donc proposé de préparer des acides humiques purs et bien définis, quant à leurs conditions de préparation, à partir d'un polyphénol pur : l'hydroquinone et d'analyser les produits obtenus.

Ceux-ci ont été ainsi préparés : une certaine quantité d'hydroquinone est mise en solution basique et l'on ajoute peu à peu l'oxydant en maintenant le pH constant ([2]). On précipite après quelques heures les acides humiques de leur solution alcaline par l'acide chlorhydrique dilué.

La purification est longue et pénible : les acides humiques, substances pratiquement amorphes, entraînent lors de leur précipitation une quantité notable de matières minérales (chlorures, sulfates, carbonates, phosphates alcalins, etc. suivant le milieu de préparation) dont il est très difficile de les débarrasser complètement. Un acide brut après un premier lavage sommaire à l'eau froide laisse après calcination un résidu de 25 à 40 %. En le soumettant alors à des lavages répétés à l'eau chaude (70°) par simple contact avec agitation nous avons pu abaisser progressivement la teneur en impuretés minérales : un premier lavage la ramène généralement à 4 ou 5 % et le degré de pureté n'est plus alors fonction que du nombre de lavages effectués, à la condition toutefois de bien pulvériser les produits avant chaque lavage, pour éviter qu'ils ne s'agglomèrent en grains, et pour que la purification soit plus effective. Après cinq ou six lavages, plus souvent une dizaine, on obtient des produits à 1 ‰ d'impuretés minérales et pouvant être utilisés tels quels pour l'analyse quantitative.

([1]) W. Eller, *Ann. Chem.*, **431**, 1923, p. 133-161.

([2]) P. Cornec et P. Brusset, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1860.

Le premier point intéressant consiste à comparer les produits obtenus par l'action de différents agents d'oxydation dans un même milieu basique (soude deux fois normale).

Oxydant utilisé.	C%.	C%.
Hypochlorite de Na........	46,83	3,68
	47,00	3,46
Eau oxygénée.............	57,60	4,05
	58,42	4,21
Persulfate de Na...........	58,26	3,52
	60,50	3,62

On remarque une très nette divergence des produits de l'oxydation par l'hypochlorite de sodium, dont les rendements sont très faibles.

En nous limitant ensuite à une oxydation par le persulfate de sodium, nous avons trouvé que les compositions varient avec le pH du milieu réactionnel.

1° Nous avons déjà signalé que pour obtenir des acides humiques, il est nécessaire de maintenir un pH basique pendant l'oxydation de l'hydroquinone. Si l'on ne prend aucune précaution, on observe une brusque chute de pH et la formation de quinhydrone. Un produit préparé dans ces conditions présente la composition suivante : C %, 64,67; H % 4,85, et contient presque uniquement de la quinhydrone; placé en solution basique, et traité à nouveau par le persulfate, il conduit à un produit humique à 55,53 % de carbone et 4,21 % d'hydrogène.

2° En opérant en milieu franchement basique et en évitant la chute de pH, soit en utilisant un tampon, soit en ajoutant une base au cours de l'oxydation, nous avons préparé les acides humiques suivants :

Milieu réactionnel.	C %.	H %.
Soude 2N acide 1...............	61,96	3,36
Soude 2N » 2...............	58,26	3,52
Ammoniaque 2N.................	58,87	2,98
Carbonate, bicarbonate de sodium :		
acide 1........................	59,75	3,41
» 2........................	57,58	4,12
» 3........................	57,09	4,02
» 4........................	56,62	3,69
Phosphate de sodium.............	57,40	4,31
Chlorure d'ammonium ammoniaque :		
acide 1........................	51,65	4,48
acide 2........................	50,81	5,31

Il paraît possible de rapprocher entre eux les produits d'oxydation obtenus dans la soude et l'ammoniaque à des pH très basiques, et les produits d'oxydation préparés dans des milieux tampons à pH de l'ordre de 9.

On remarque toutefois qu'en essayant de fractionner ces acides, par l'action d'un solvant organique, des produits paraissant voisins à l'analyse élémentaire, se comportent d'une manière différente à l'égard de l'acétone par exemple.

Une partie assez faible de l'acide préparé en tampon « phosphates » se dissout dans ce solvant, alors que le produit préparé en tampon carbonates y est totalement insoluble.

	C %.	H %.
Acide initial	57,40	4,31
Fraction soluble	58,94	4,43
« insoluble	56,86	4,52

Nous avons enfin constaté que la composition des acides préparés à un même pH, dans un même milieu et en utilisant le même agent d'oxydation, varie dans d'assez larges limites, ce qui se présente par exemple pour des acides préparés en tampon « carbonates » dont les teneurs en carbone varient de 56,62 % à 59,75 % et les teneurs en hydrogène de 3,4 à 4,12 %.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Systèmes linéaires alternants. Application à la chimie.* Note (*) de M. **René Gouarné**, présenté par M. Louis de Broglie.

Nous étudions les matrices séculaires du type

$$\begin{Vmatrix} (a-\varepsilon)\,I_h & A_{h,n-h} \\ B_{n-h,h} & (b-\varepsilon)\,I_{n-h} \end{Vmatrix}$$

Ceci nous permet d'envisager une extension de la notion d'hydrocarbures alternants.

Un système linéaire et homogène de n équations à n inconnues $c_1, c_2, \ldots, c_n$ est dit alternant quand la matrice $\| a_{ik} \|$ de ses coefficients prend la forme

$$\begin{Vmatrix} (a-\varepsilon)\,I_h & A_{h,n-h} \\ B_{n-h,h} & (b-\varepsilon)\,I_{n-h} \end{Vmatrix}$$

Il est alternant pur si $a = b$ (I_h et I_{n-h} sont les matrices unités d'ordre h et $n-h$, A et B des matrices constantes à deux indices dont le premier indique le nombre de lignes et le second le nombre de colonnes).

Le système est compatible pour les valeurs $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_n$ du paramètre ε qui annule $\Delta(a, b, \varepsilon) = |a_{ik}| = 0$.

Nous supposons dans la suite $h \leq n-h$; en effet, il est toujours possible de se ramener à ce cas par un changement de numérotation des axes.

Théorème I. — *La matrice* $\|a_{ik}\|$ *présente une dégénérescence d'ordre* $n-2h$ *pour la valeur propre* $\varepsilon = b$. *Autrement dit, elle est de rang* h *au plus pour cette*

(*) Séance du 19 décembre 1951.

valeur de ε *comme il est aisé de le voir en écrivant le développement de Laplace relatif aux h premières lignes de* $\|a_{ik}\|$. *Appelons* $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_n$ *les n valeurs propres de* $\|a_{ik}\|$ *rangées dans l'ordre croissant avec l'indice. On a*

$$\varepsilon_j + \varepsilon_{n-j+1} = a + b \qquad \text{pour} \quad 1 \leqq j \leqq h.$$

Théorème II. — *Les zéros non dégénérés du polynome caractéristique d'un système linéaire alternant sont deux à deux symétriques par rapport à* $a+b$.

Théorème III. — *On a*

$$\Delta(a, b, \varepsilon) = (a-\varepsilon)^{\frac{2h-n}{2}}(b-\varepsilon)^{\frac{n-2h}{2}}\Delta\{0, 0\sqrt{(a-\varepsilon)(b-\varepsilon)}\}.$$

Toujours avec la convention précédente sur les indices nous appelons $\varepsilon_1^{(0)}, \varepsilon_2^{(0)}, \ldots, \varepsilon_n^{(0)}$ *les zéros de* $\Delta(0, 0, \varepsilon)$. *On voit que :*

Les zéros non dégénérés d'un système linéaire alternant se déduisent des zéros non nuls du système associé à paramètres a, b, nuls par résolution des relations $(a-\varepsilon)(b-\varepsilon) = \varepsilon_j^{2(0)}$.

D'après II *on voit qu'il suffit que* $1 \leqq j \leqq h$.

On écrit

$$\varepsilon_{j-} = \varepsilon_j = \frac{a+b-\sqrt{(a-b)^2+4\varepsilon_j^{2(0)}}}{2},$$

$$\varepsilon_{j+} = \varepsilon_{n-j} = \frac{a+b+\sqrt{(a-b)^2+4\varepsilon_j^{2(0)}}}{2},$$

les autres valeurs propres étant égales à $b(1 \leqq j \leqq h)$.

Théorème IV. — *Soient* $X_j^{(0)}$ *un vecteur propre unitaire de* $\|a_{ik}^{(0)}\|$ *de composantes* $c_{1,j}^{(0)}, c_{2,j}^{(0)}, \ldots, c_{n,j}^{(0)}$ *et* $X_j(c_{1,j}, c_{2,j}, \ldots, c_{n,j})$. *On déduit* X_j *de* $X_j^{(0)}$ *par les relations*

$$c_{ij} = \sqrt{b-\varepsilon}\, c_{i,j}^{(0)}, \qquad c_{k,j} = \sqrt{a-\varepsilon}\, c_{k,j}^{(0)}$$

avec

$$1 \leqq i \leqq h < k \leqq n, \qquad 1 \leqq j \leqq h \qquad \text{ou} \qquad n-h \leqq j \leqq n.$$

Application à la chimie. — Soit un système conjugué formé de h atomes a identiques et de $n-h$ atomes b identiques entre eux; il est dit alternant si le déterminant séculaire introduit dans son étude par la méthode l. c. a. o. m. o. avec β lointains négligés (¹) est de la forme

$$\begin{vmatrix} (\alpha_a - \varepsilon)\,I_h & \beta \\ \bar{\beta} & (\alpha_b - \varepsilon)\,I_{n-h} \end{vmatrix} \qquad (\beta \text{ et } \bar{\beta} \text{ matrices des } \beta,\ \alpha_a \text{ et } \alpha_b \text{ paramètres coulombiens}).$$

Il est aisé de déduire des théorèmes précédents un certain nombre de propriétés remarquables des systèmes conjugués alternants, de reconnaître en particulier des biradicaux et d'obtenir rapidement les diagrammes orbitaux de certains dérivés substitués des hydrocarbures.

(¹) C. A. Coulson, *Proc. Roy. Soc.*, A, 191, p. 40.

Donnons l'exemple du triazabenzène C(N—C)(N—C)N.

Hypothèse : $\alpha_C = 0$, $\alpha_N = 0,5$, $\beta_{C-N} = \beta_{C-C} = 1$.

Niveaux énergétiques ε_j : 2,26, 1,28, 1,28, —0,78, —0,78, —1,76.

$q_C = 0,816$, $q_N = 1,184$, $p_{C-N} = 0,805$.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Nitruration du niobium.* Note (*) de MM. ALBERT SEPTIER, MAURICE GAUZIT et PIERRE BARUCH, présentée par M. Gustave Ribaud.

Observation de fils de nitrure de niobium au microscope électronique à émission. Existence probable d'un sous-nitrure. La nouvelle méthode d'observation élargit les possibilités d'utilisation du microscope à émission en métallographie.

Nous avons étudié les conditions pratiques de la préparation de fils de nitrure de niobium. Leur diamètre était de 25/100 de millimètre. La nitruration est effectuée à 1400° C en atmosphère d'ammoniac, plus facile à séparer de l'oxygène que l'azote. Le passage d'un fort courant dans un fil bien calibré fournit un moyen de chauffage aisé ([1]).

Nous avons porté le fil pendant 20 mn à 1200°, puis pendant 30 mn à 1450° et 40 mn à 1400°. Il est possible de suivre directement la marche de la réaction en mesurant les variations de résistance du fil au fur et à mesure de sa nitruration. Il semble que la réaction soit pratiquement terminée après les deux premiers chauffages d'une durée totale de 50 mn, la résistivité gardant ensuite une valeur constante.

Ce nitrure de niobium avait été préparé pour étudier sa supraconductivité dans l'hydrogène liquide ([2]). Tous les spécimens se sont révélés supraconducteurs ([3]), mais la conductivité aux températures ordinaires (— 180° à 100° C) présentant des différences notables suivant les spécimens, il était intéressant de savoir si la nitruration était complète et homogène.

Nous avons d'abord essayé de déterminer si la réaction avait été complète, c'est-à-dire si la composition stœchiométrique du corps obtenu était celle du corps de formule NbN. La détermination pondérale de la composition centésimale ne nous a rien donné. Le niobium, qui possède une forte tension de vapeur aux hautes températures, s'évapore en assez grandes quantités lors de sa nitruration.

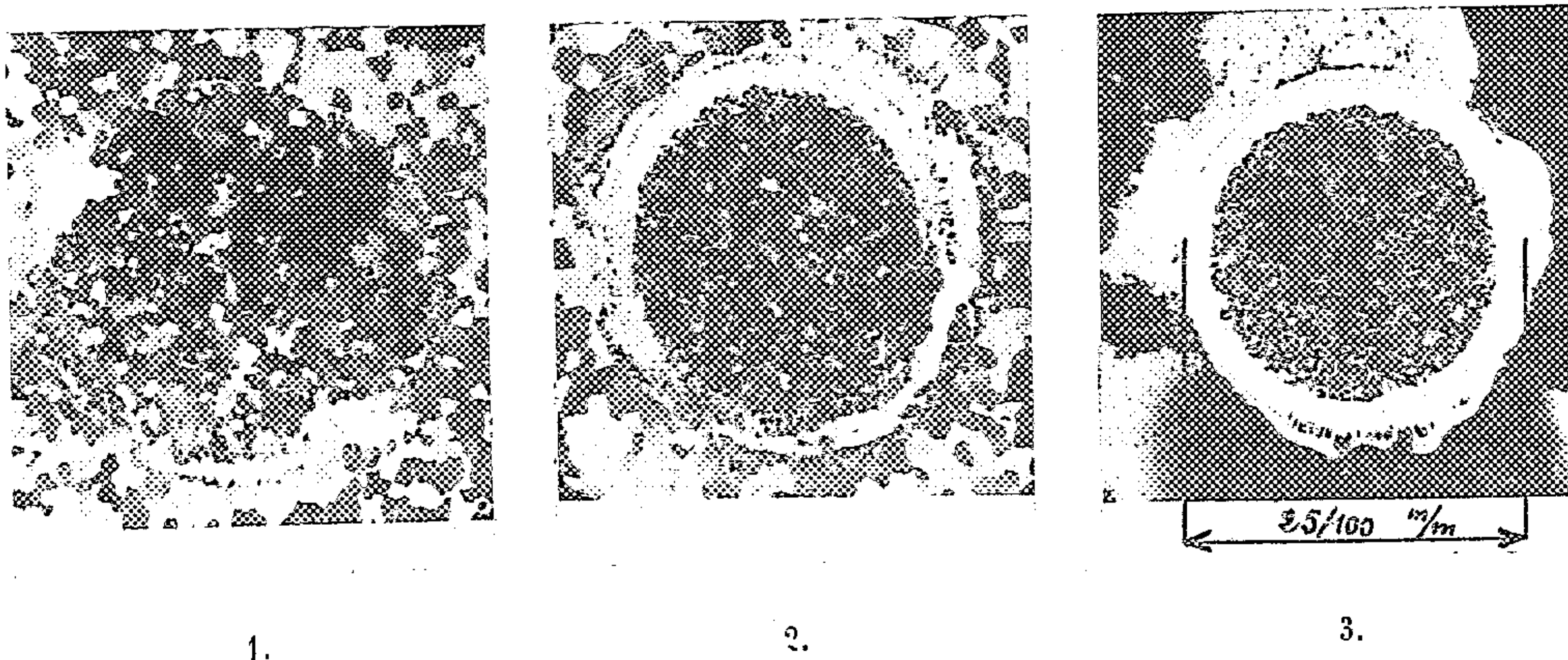
(*) Séance du 19 décembre 1951.

([1]) D. H. ANDREWS, R. M. MILTON et W. DE SORBO, *J. Opt. Soc. Amer.*, 36, 1946, p. 518.

([2]) HORN, BRUCKOH, ZIEGLER et ANDREWS, *Phys. Rev.*, 61, 1942, p. 738.

([3]) P. BARUCH, *Diplôme d'études supérieures*, Faculté des Sciences de Paris, 1950.

L'observation au microscope optique métallographique n'étant pas aisée, nous avons utilisé le microscope électronique à émission décrit par deux d'entre nous ([1]). Les objets de ce microscope ont la forme de rondelles planes de diamètres compris entre 2 et 5 mm. Nous avons mis au point une méthode d'observation permettant d'étudier ces fils de 25/100 de millimètre de diamètre. Elle consiste à sertir le fil dans une rondelle de métal support ayant le diamètre utilisable. Nous avons enchâssé le nitrure dans du platine et dans du niobium. La préparation de ces objets est assez délicate : la profondeur de champ du microscope à émission étant très faible, la moindre déclivité de la surface, spécialement tout le long de la suture produit une aberration dans l'image. Nous avons obtenu, dans tous les cas et de façon très nette, avec le platine plus malléable, des images qui démontrent l'existence de deux zones de nitruration. Autour de chaque fil, il existe une couronne d'épaisseur à peu près constante suivant les conditions expérimentales (environ 1/6 du rayon). Avec le pouvoir séparateur obtenu, cette zone paraît non cristallisée et a une émission supérieure à celle de la partie centrale du fil dans laquelle on distingue de nombreux petits cristaux. Après un chauffage prolongé à 1800° environ, dans le vide du microscope, nous avons observé une recristallisation de cette région centrale et la croissance des cristallites.



1. 2. 3.

La comparaison de l'image électronique du fil nitruré avec le fil de Nb pur permet d'affirmer que la zone centrale du fil traité n'est pas constituée de Nb pur. L'existence des deux phases vient à l'appui de l'hypothèse de la coexistence de deux nitrures de Nb : l'écorce serait constituée du nitrure NbN déjà connu, alors que l'intérieur, la plus grande partie du fil, serait constitué par le sous-nitrure Nb_2N dont on avait supposé jusqu'ici l'existence.

([1]) M. Gauzit et A. Septier, *Microscopie*, 2e série, 1, n° 5, mai 1951, p. 109 à 118.

La photographie 1 montre l'aspect d'un fil de Nb pur dans un support du même métal après chauffage à 1800°; l'évolution des deux échantillons est identique. La photographie 2 prouve la différence de nature existant entre le Nb support et la zone centrale du fil nitruré qui y est inclus. L'échantillon n° 3 est enchâssé dans du platine. L'écorce très émissive y est mieux visible, les aberrations dues aux reliefs de la région de suture étant réduites au minimum.

La technique que nous venons de décrire permettra probablement d'élargir le domaine d'utilisation du microscope électronique à émission en métallographie : à côté de la simple observation de la surface de métaux portés à haute température, on pourra ainsi observer les coupes métallographiques de fils ayant subi des traitements divers. On doit pouvoir aussi observer les diffusions thermiques des métaux les uns dans les autres.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le chlorure de p-nitrosalicyle et sur l'amino-4 (p-aminosalicylamino)-4′ diphénylsulfone.* Note de M. **David Libermann**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le chlorure de *p*-nitrosalicyle est un corps instable, mais, fraîchement préparé à l'aide du chlorure de thionyle, il donne les dérivés habituels.

Dans une Note récente [1], MM. Moureu, Chovin et Sabourin signalaient qu'une transformation spontanée du chlorure de *p*-nitrosalicyle en dinitro-2.6 disalicylide rendait impraticable sa préparation directe. Or, nous avons constaté que cette transformation est loin d'être immédiate et que le chlorure de *p*-nitrosalicyle fraîchement préparé par l'action du chlorure de thionyle sur l'acide *p*-nitrosalicylique en milieu benzénique permettait d'obtenir les dérivés désirés. Nous avons ainsi préparé la nitro-4 (*p*-nitrosalicylamino)-4′ diphénylsulfone. Cette sulfone, réduite par le fer en présence de chlorure d'ammonium, nous a donné l'amino-4 (*p*-aminosalicylamino)-4′ diphénylsulfone attendue.

Si l'on garde le chlorure de *p*-nitrosalicyle pendant quelques jours, il se transforme peu à peu en dinitro-2.6-disalicylide, son point de fusion monte progressivement et il perd lentement son chlore sous forme de gaz chlorhydrique, c'est pourquoi les analyses et les réactions tentées donnent des résultats aberrants. Comme un excès de pyridine facilite sans doute cette condensation, MM. Moureu, Chovin et Sabourin, qui opéraient en sa présence, ne pouvaient obtenir le chlorure de *p*-nitrosalicyle.

Chlorure de p-nitrosalicyle ($C_7H_4O_4NCl$). — 2 g d'acide *p*-nitrosalicylique, 5 cm³ de $SOCl_2$ et 20 cm³ de benzène sec sont chauffés 5 h à reflux. L'acide se dissout peu à peu. On chasse le solvant et l'excès de $SOCl_2$ sous vide, on ajoute

[1] *Bull. Soc. Chim.*, 1951, p. 743.

un peu de benzène et amène à sec de nouveau. Le résidu est recristallisé dans le cyclohexane. F 62°.

Analyse. — Trouvé % : Cl 17,16; 17,39 au lieu de Cl 17,61 calculé.

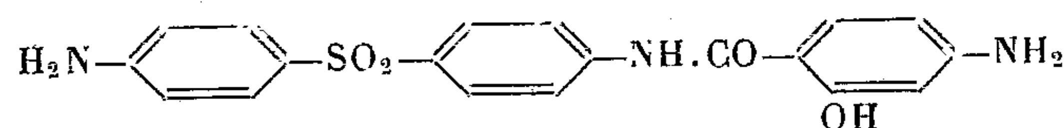
Nitro-4 [p-nitrosalicylamino]-4′ diphénylsulfone ($C_{19}H_{13}O_8N_3S$). — Le chlorure précédent est chauffé pendant une heure à reflux avec 3,33 g de nitro-4 amino-4′ diphénylsulfone dans 22,5 cm³ d'acétone en présence de 1,5 g de carbonate de potassium. On laisse refroidir et l'on essore. On lave à l'eau et l'on essore de nouveau. Le produit obtenu est insoluble dans les solvants organiques. On le fait bouillir 15 mn dans l'alcool, puis le lave à l'acétone.

Amino-4 [p-aminosalicylamino]-4′ diphénylsulfone ($C_{19}H_{17}O_4N_3S$). — Dans un ballon de 250 cm³ avec agitateur et thermomètre, on place 50 cm³ d'eau, 0,5 g $ClNH_4$ et 2,8 g de fer en poudre. On chauffe à 80° en introduisant peu à peu 2 g du dérivé nitré précédent. On chauffe ensuite 5 h à 80-85°.

On essore, épuise l'insoluble à l'acétone (100 cm³) filtre et chasse l'acétone. Le résidu est dissous dans 15 cm³ de pyridine bouillante; on ajoute 15 cm³ d'eau chaude, décolore au noir, filtre et ajoute encore 15 cm³ d'eau bouillante. F 279-280°.

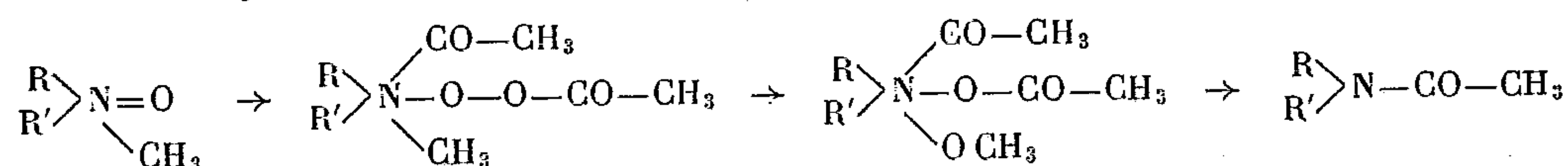
Analyse. — Trouvé % : N 10,87, 10,96; S 8,74 au lieu de N 10,96; S 8,35 calculé.

L'amino-4 [*p*-aminosalicylamino]-4′ diphénylsulfone est dépourvue de toute action tuberculostatique, comme l'a déjà signalé une conférence récente ([2]) bien que deux produits éminemment actifs : la diamino-4.4′ diphénylsulfone et l'acide *p*-aminosalicylique s'y trouvent réunies dans la même molécule.



CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acétylation et l'hydrogénation de certains aminooxydes dans la série de la strychnine.* Note (*) de M. **Michel Polonovski**, Mlle **Madeleine Darmon** et Mme **Pesia Rajzman**, présentée par M. Maurice Javillier.

Dans des travaux antérieurs ([1]), l'un de nous a montré que l'anhydride acétique transforme les aminooxydes des bases tertiaires N-méthylées en dérivés acétylés des bases nor, selon le mode d'action probable :

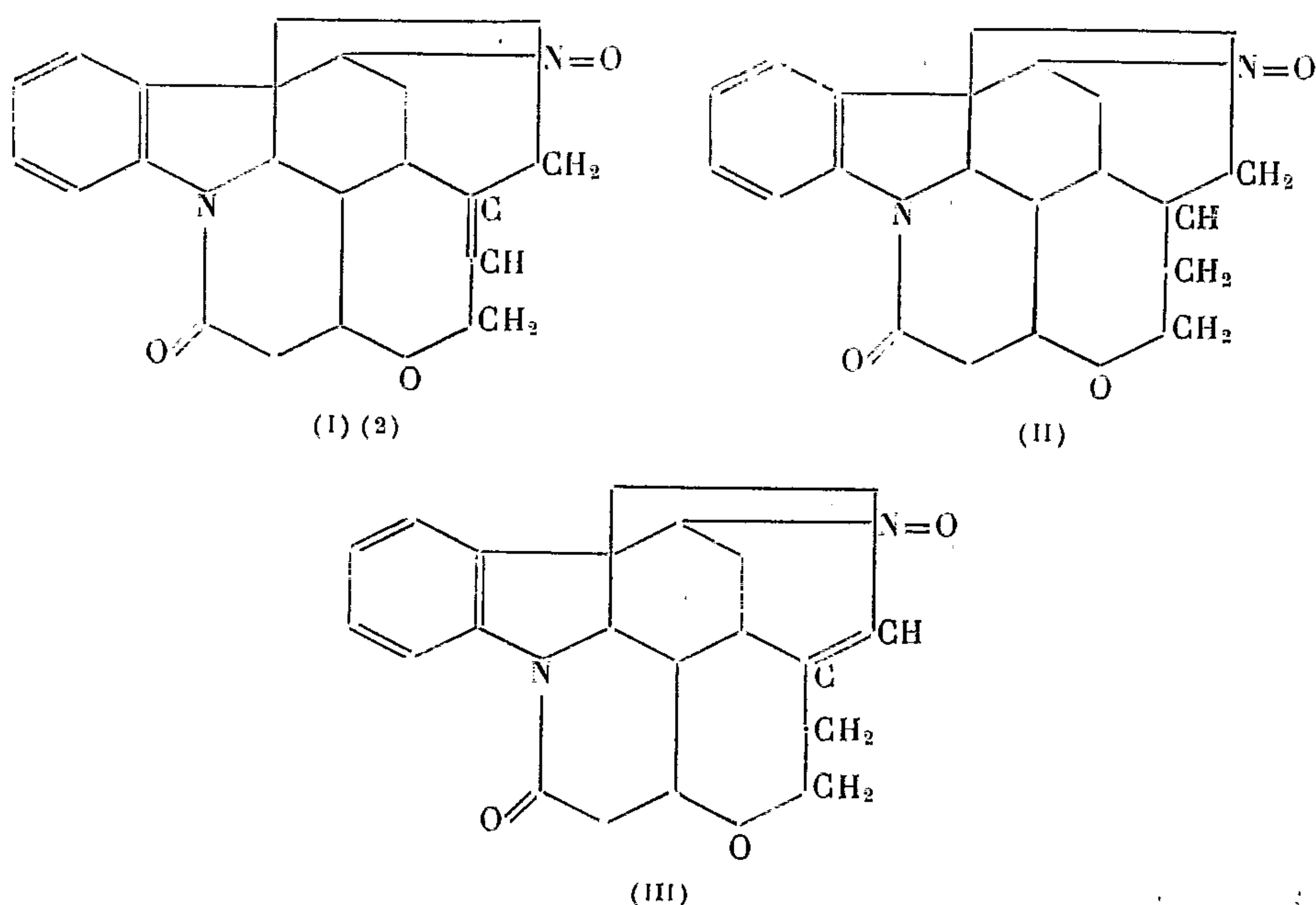


([2]) Cottet, Rist, Perdigon, Libermann et Moyeux, *Thérapie* 1951, p. 251.

(*) Séance du 12 novembre 1951.

([1]) Max Polonovski et Michel Polonovski, *Bull. Soc. Chim.*, 41, 1927, p. 1190-1208.

Dans le but d'étendre cette réaction à des bases tertiaires bicycliques à charnière azotée, nous avons étudié l'action de l'anhydride acétique à chaud sur les trois aminooxydes suivants : N-oxyde de strychnine (I), N-oxyde de dihydrostrychnine (II), N-oxyde de néostrychnine (III) ([2]) :



Dans les trois cas, les produits de la réaction ont perdu les caractères de la fonction aminooxyde, et l'on isole : *a.* une fraction plus ou moins importante, soluble dans l'acide chlorhydrique normal, constituée par la base résultant de la réduction de l'aminooxyde de départ, strychnine (Rdt 20 %), dihydrostrychnine (27 %) ou néostrychnine (3,5 %); *b.* une fraction de réaction neutre, insoluble dans les acides dilués, soluble dans les acides concentrés. Après dissolution dans le chloroforme et précipitation par l'éther de pétrole, on isole un composé amorphe très légèrement jaunâtre dont les caractéristiques sont respectivement les suivantes (*voir* tableau ci-après).

Ces analyses témoignent d'une fixation d'un acétyle sur les aminooxydes de strychnine et de dihydrostrychnine et de deux acétyles sur l'aminooxyde de néostrychnine. Une différence de même ordre se retrouve dans l'action de l'anhydride acétique sur les bases elles-mêmes; nous avons vérifié en effet que la strychnine et la dihydrostrychnine ne sont pas attaquées, même après une action prolongée pendant 20 h à l'ébullition, alors que la néostrychnine dans les mêmes conditions fournit un composé acétylé ([3]), $C_{23}H_{28}O_5N_2$.

([2]) Les formules adoptées sont celles démontrées par R. B. Woodword et J. Brehm, *J. Am. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 2107-2115.

([3]) K.-H. Pausackert et R. Robinson, *J. Chem. Soc.*, 1948, p. 951.

Aminooxyde de départ.	F. (*) (°C).	α_{J} chloroforme (°).	Acétyle en $COCH_3$ %.	C %.	H %.	N %.	Rdt %.
N-oxyde de strychnine F 217-222° α_{J} + 2° (H_2O)	205	−32,9	10,91	67,60	6,70	6,65	25-30
	210	–	–	67,46	6,46	6,71	
	–	–	–	67,13	6,46	6,68	
	–	–	–	66,75	6,53	6,53	
Calculé pour $C_{23}H_{26}O_5N_2$......			10,48	67,32	6,38	6,83	
Calculé pour $C_{23}H_{28}O_5N_2$......			10,43	66,96	6,84	6,79	
N-oxyde de dihydrostrychnine F 205° α_{J} + 51°,03 (H_2O)	205	+15,3	10,23	66,64	6,90	6,68	16
	210	–	–	66,80	6,89	6,43	
	–	–	–	66,71	6,89	6,28	
	–	–	–	66,41	6,71	6,48	
Calculé pour $C_{23}H_{28}O_5N_2$......			10,43	66,96	6,84	6,79	
Calculé pour $C_{23}H_{30}O_5N_2$......			10,38	66,64	7,29	6,76	
N-oxyde de néostrychnine F 182-184° α_{J} + 17°,6 (H_2O)	165-167	+58,7	19,16	65,94	6,28	–	40
	–	–	–	65,90	6,30	6,07	
	–	–	–	66,02	6,40	6,24	
	–	–	–	66,12	6,40	–	
Calculé pour $C_{25}H_{28}N_2O_6$......			19,02	66,35	6,23	6,19	
Calculé pour $C_{25}H_{30}N_2O_6$......			18,94	66,06	6,65	6,16	

(*) Les points de fusion sont très sensibles à l'action de traces de solvant.

En vue de préciser le sort de la fonction N-oxyde au cours de la réaction, nous avons effectué l'hydrogénation catalytique des différents aminooxydes et de leurs dérivés acétylés en présence de catalyseur d'Adams en milieu alcoolique et en milieu acétique. La fixation d'hydrogène sur les trois aminooxydes s'opère aisément à température ordinaire. Si l'on arrête l'opération après fixation d'une molécule d'hydrogène, on isole les bases correspondantes. Si l'on poursuit l'hydrogénation on obtient, dans le cas du N-oxyde de strychnine, la dihydrostrychnine. Le N-oxyde de néostrychnine ne fixe une deuxième molécule d'hydrogène qu'en milieu acétique, en fournissant également la dihydrostrychnine.

Quant aux trois dérivés acétylés, seul celui du N-oxyde de strychnine fixe une molécule d'hydrogène. Le produit obtenu (F 195-202°) C % 67,19, 67,25, H % 6,93, 6,52 correspond au produit d'acétylation du N-oxyde de dihydrostrychnine. L'hydrogénation ne s'est donc pas accompagnée du départ d'un atome d'oxygène.

Ainsi les produits de la réaction de l'anhydride acétique sur les deux N-oxydes isomères se comportent très différemment, celui qui dérive du N-oxyde de strychnine révélant seul une double liaison hydrogénable.

MINÉRALOGIE. — *Synthèse de deux tellurures de cuivre par compression des poudres cristallines de cuivre et de tellure.* Note de MM. **Raymond Hocart** et **Roger Molé**, transmise par M. Charles Mauguin.

Pour des valeurs de compression unilatérale échelonnées entre 3500 et 17500 kg:cm², deux phases cristallines ont été obtenues : dans tous les cas une phase type weissite, à laquelle s'ajoute dans des conditions intermédiaires une phase type rickardite.

Nous avons étudié les réactions du cuivre et du tellure dans le cadre des expériences effectuées par compression des poudres de cuivre et soufre ([1]) d'une part, de cuivre et sélénium ([2]) d'autre part.

Les poudres utilisées ont une grosseur de grains moyenne de 20 μ pour le cuivre et de 10 μ pour le tellure. Comme lors des opérations précédentes, le cuivre utilisé est fraîchement réduit avant chaque compression et mélangé avec le tellure dans le rapport de 9 Cu à 5 Te.

Le cuivre et le tellure ainsi comprimés réagissent ensemble, mais le début de la réaction a lieu pour une pression 10 fois supérieure à la valeur correspondante dans les cas du soufre et du sélénium. D'autre part, la réaction est ici moins complète, ce qui est en accord avec les chaleurs de formation des sulfures et des séléniures, toutes deux plus élevées que celle du tellurure cuivreux. Pour mémoire, nous noterons les différentes valeurs estimées :

$$Cu_2S = 20\,270 \text{ cal}, \qquad Cu_2Se = 20\,840 \text{ cal}, \qquad Cu_2Te = 14\,300 \text{ cal}.$$

Les pastilles obtenues sont examinées au microscope et aux rayons X par la méthode Debye-Scherrer. On identifie très nettement quatre phases qui sont : le cuivre et le tellure non combinés, une phase gris-bleu type weissite $Cu_{2-x}Te$, et une phase rouge-violacé type rickardite $Cu_{4-x}Te_2$.

Lorsque les phases $Cu_{2-x}Te$ et $Cu_{4-x}Te_2$ coexistent, elles sont intimement mélangées; cette coexistence se manifeste dans des conditions expérimentales notablement plus étendues que pour les séléniures. Parallèlement, la production d'une pastille faite d'une phase homogène unique $Cu_{2-x}Te$, est plus difficilement accessible que dans le cas de $Cu_{2-x}Se$.

La phase $Cu_{2-x}Te$, type weissite, est pseudo-cubique (probablement orthorhombique) : nous trouvons pour paramètre de la maille apparente $a'_0 = 10{,}0_5$ kX, c'est-à-dire à très peu près $\sqrt{2}$ fois le paramètre $a_0 = 7{,}22$ kX indiqué par Thomson ([3]) et qui est le double du paramètre du cuivre pur.

La phase $Cu_{4-x}Te_2$, type rickardite, est quadratique; ses paramètres sont,

---

([1]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 424.
([2]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 661.
([3]) R. M. Thompson, *Amer. Min.*, 34, 1949, p. 357-358.

ici

$$a_0 = 3,95 \text{ kX}, \qquad c_0 = 6,06 \text{ kX},$$

en accord satisfaisant avec ceux déterminés par Peacock ([4])

$$a_0 = 3,97 \text{ kX}, \qquad c_0 = 6,11 \text{ kX}.$$

Le tellure qui subsiste dans la pastille, surtout à la température ordinaire, conserve une contraction dépendant de la pression appliquée; le paramètre a_0 passe de 4,45 kX (Te normal) à 4,35 kX pour 17500 kg : cm².

Nous résumons les principaux résultats dans un tableau comparatif :

Pression par cm² (kg).	Durée (h).	Température (°C).	Phases en présence (les phases dominantes sont en italique).
3 500.....	8	ordinaire	*Cu* + *Te* + traces de weissite
»	48	»	*Cu* + *Te* + traces de weissite
10 000.....	1	»	*Cu* + *Te* + weissite + rickardite probable.
»	48	»	Cu + Te + weissite + rickardite
17 500.....	8	»	weissite + rickardite + Cu + traces Te
3 500.....	8	150	*Cu* + *Te* + traces de weissite et de rickardite
»	48	»	*weissite* + *rickardite* + Cu + traces Te
10 000.....	1	»	*weissite* + *rickardite* + traces Cu et Te
17 500.....	1	»	*weissite* + *rickardite*; Cu ? Te ?
»	48	»	*weissite*; Cu ?
3 500.....	1	250	*weissite* + traces Cu et Te
14 000.....	4	»	*weissite* + traces Cu

D'après ce tableau, il apparaît que la phase $Cu_{2-x}Te$ se forme toujours dans les divers cas de pression, température et durée étudiés; la phase $Cu_{4-x}Te$ est presque toujours présente à 150°.

Il apparaît cependant que la weissite $Cu_{2-x}Te$ ainsi formée est moins stable que la rickardite, lorsqu'elle est conservée à température et pression ordinaires; par exemple, le vieillissement d'une pastille constituée initialement de weissite et de rickardite en quantités sensiblement égales, conduit après deux mois à un mélange où la rickardite domine très nettement. La weissite se transforme en rickardite, ce qui provient de la très grande mobilité du cuivre déjà constatée dans les expériences faites avec le cuivre et le sélénium.

Dans les synthèses par compression des poudres de cuivre d'une part, de soufre, de sélénium et de tellure d'autre part, il est donc particulièrement important d'étudier les mélanges de phases immédiatement après leur production.

Quant à l'importance du facteur durée au cours même des expériences, elle est montrée par un essai effectué sous 17 500 kg pendant 8 jours à température ordinaire; il donne uniquement de la weissite avec des traces de cuivre. La

(4) S. A. Forman et M. A. Peacock, *Amer. Min.*, 34, 1949, p. 441-451.

nature des phases obtenues à partir de Cu et Te dépend donc non seulement de la pression et de la température comme dans le cas de Cu et Se, mais aussi de la durée de la compression.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Spirales de croissance sur des cristaux d'or obtenus par précipitation.* Note de MM. Séverin Amelinckx, Carl C. Grosjean et Willy Dekeyser, transmise par M. Charles Mauguin.

D'après la théorie de Frank ([1]), la croissance des cristaux se fait, dans le cas où la sursaturation est faible, par l'adjonction d'unités de croissance le long de l'arête exposée créée par l'émergence d'une ou de plusieurs dislocations hélicoïdales sur une des faces du germe primaire. Ce mode de croissance est révélé par l'existence de spirales sur une des faces du cristal résultant.

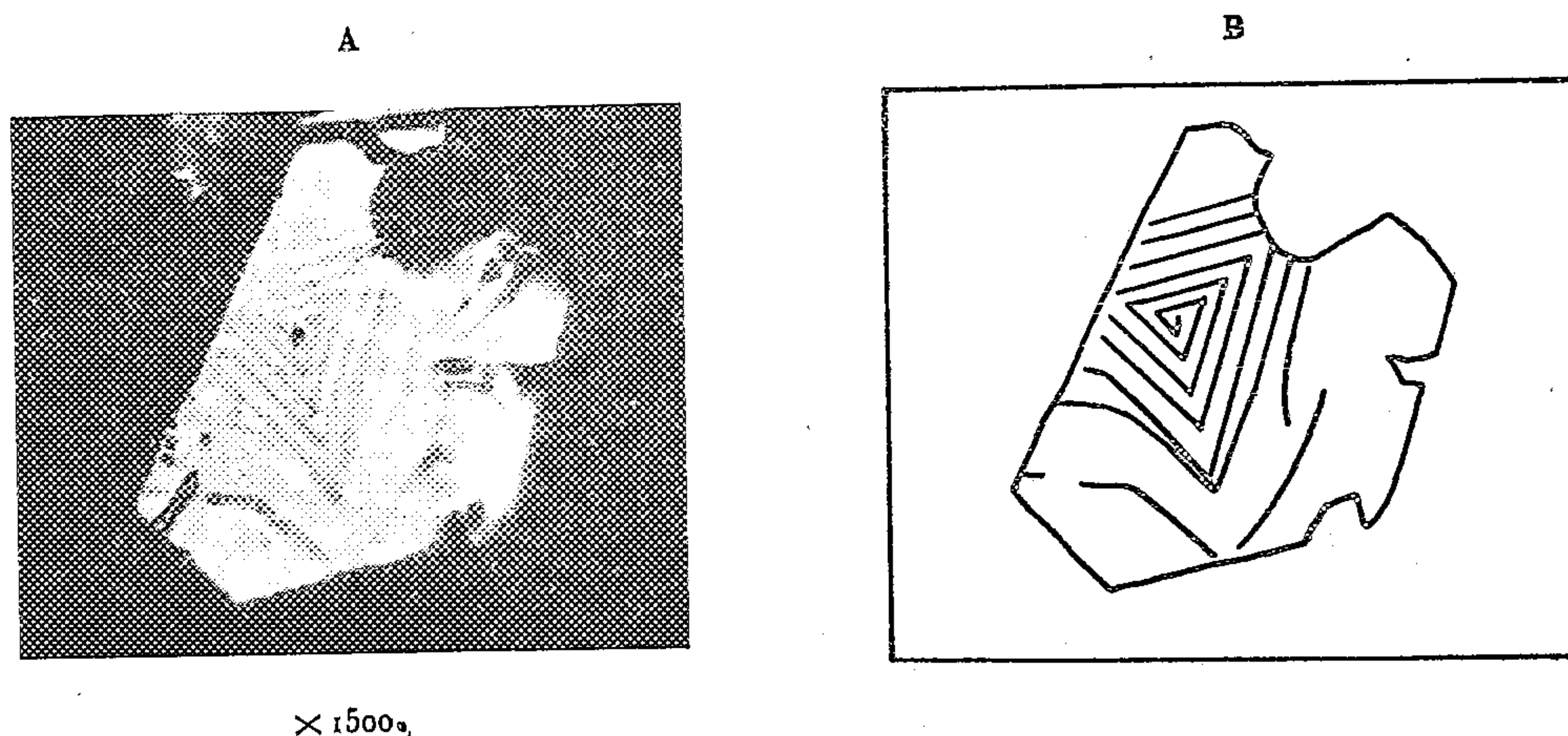
Cette théorie a reçu récemment plusieurs confirmations expérimentales. On a observé, en effet, des spirales de croissance sur des faces de cristaux de béryl ([2]), *n*-hexatriacontane ([3]), de carborundum ([4]), ([5]) et d'iodure de cadmium ([6]). Des preuves un peu plus indirectes ont, en outre, été observées ou déduites dans le cas de la muscovite ([7]) et de certains minéraux argileux ([8]).

Dans la majorité des cas nous avons affaire à des cristaux dont le réseau peut être décrit comme une superposition de couches simples ou complexes à fortes liaisons internes, maintenues ensemble par des forces homopolaires, ioniques ou Van der Waals. Dans ces cas, le vecteur de Burgers résultant des dislocations hélicoïdales est perpendiculaire à ces couches. Alors que l'existence de dislocations de Taylor et de Burgers avait été postulée en premier lieu pour expliquer certains phénomènes qui caractérisent particulièrement l'état métallique, il était curieux de constater qu'on n'avait pu prouver directement leur existence que dans des cas où n'interviennent nullement des liaisons dites métalliques.

A première vue, ceci pouvait s'expliquer par le fait que la plupart des métaux ont des mailles relativement petites, ce qui, évidemment, peut rendre des figures de croissance difficilement observables. Une circonstance fortuite nous a permis de prouver que ceci n'est pas le cas et nous avons

([1]) *Trans. Farad. Soc.*, n° 5, 1949, p. 48.
([2]) L. J. Griffin, *Phil. Mag.*, (7), 41, 1950, p. 196.
([3]) Dawson et Vand, *Nature*, 167, 1951, p. 476.
([4]) S. Amelinckx, *Nature*, 167, 1951, p. 939.
([5]) Verma, *Nature*, 167, 1951, p. 939.
([6]) Forty, *Phil. Mag.*, (7), 42, 1951, p. 670.
([7]) Amelinckx, *Nature* (sous presse).
([8]) W. Dekeyser et S. Amelinckx, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1297.

pu observer, comme le montre la photographie, des spirales de croissance sur les faces (111) de cristaux d'or. Ces spirales ont une forme triangulaire; la visibilité relativement bonne de ces figures de croissance nous fait supposer que le vecteur de Burgers doit être un multiple relativement grand de la maille unité. Les très faibles dimensions des cristaux (10 à 30 μ) n'ont pas permis de mesurer ce vecteur par interférométrie.



× 1500.

L'existence de telles dislocations hélicoïdales fait penser à l'existence de différentes modifications ou polytypes de l'or. Les dimensions des cristaux n'ont malheureusement pas permis de réaliser des diagrammes Weissenberg ou Laue. Un diagramme Debye-Sherrer qui ne nous donne évidemment qu'une moyenne, n'a révélé que les raies caractéristiques de l'or cubique.

Les cristaux d'or ont été obtenus par l'un de nous (C. G.) d'une façon curieuse et que nous croyons nouvelle, en voulant récupérer le chlorure d'or restant dans une solution de dorure électrolytique. Cette solution avait, par litre, la composition suivante : Na_2SO_4, 60 g; Na_2SO_3, 12 g; KNC, 2 g; $AuCl_3$, 3 g; le Na_2SO_3 employé était peut-être déjà oxydé. Du fait de l'électrolyse, la quantité d'$AuCl_3$ avait été réduite à 2,5 ou 2 g environ.

La récupération de l'$AuCl_3$ qui, finalement, a donné les cristaux d'or, a été tentée en concentrant par ébullition 500 ml de la solution décrite. Ceci s'est effectué par portions de 100 ml auxquelles 80 ml d'HCl fort étaient additionnés. Quand le volume du tout était réduit à 90 ml, des cristaux blancs ont commencé à se séparer du mélange. Ceux-ci ont été reconnus comme étant des cristaux de Na_2SO_4 et NaCl. L'ébullition étant arrêtée à ce moment, nous avons remarqué 18 h plus tard des petits cristaux d'aspect métallique parmi cette masse blanche. Isolés par filtration, l'analyse rœntgénographique et microscopique a révélé que nous avions affaire à des cristaux d'or de faciès tabulaire.

La réduction effectuée est difficile à expliquer. Des expériences sont en cours afin de trouver une explication pour la réduction et essayer d'obtenir des cristaux plus grands, de façon à pouvoir mesurer les vecteurs de Burgers et faire les diagrammes de Weissenberg afin d'examiner si des polytypes sont présents.

GÉOLOGIE. — *Stratigraphie du complexe marneux « crétacé supérieur » dans le Nord-Constantinois (Algérie).* Note (*) de MM. **Michel Durand Delga** et **Jacques Sigal**, présentée par M. Paul Fallot.

Grâce aux microfaunes, plusieurs niveaux peuvent être datés dans le « Crétacé supérieur » de la Chaîne numidique. D'importantes conclusions en découlent : l'âge campanien d'un Flysch à microbrèches auparavant considéré comme oligocène; l'âge éocène d'une grande partie de la série supposée crétacée et, en particulier, de la plupart des « marnes noires à nodules jaunes ».

La région faisant l'objet de la présente Note borde, au Sud, le Massif ancien de Petite Kabylie, entre les méridiens de Djidjelli, à l'Ouest, et du Dj. Sidi-Dris, à l'Est. Les auteurs y attribuaient au Crétacé supérieur une puissante série marneuse, presque sans macrofossiles, passant graduellement, vers le bas, au Crétacé moyen, et surmontée par un bref épisode de marnes argileuses noires « dano-montiennes » ([1]), couronné par les calcaires à silex « suessoniens » (Éocène inférieur).

Au cours de recherches détaillées, de très nombreux échantillons de marnes ont été recueillis (M. D. D.). Des microfaunes ont été révélées : assez pauvres et de conservation relativement mauvaise, elles ont néanmoins permis de distinguer (J. S.) quatre ensembles fauniques bien nets.

Le premier (faune A) peut se situer vers la base du Campanien. Il est caractérisé par une faune de Rosalines (*Globotruncana linnei, Gl. arca* type et var. nov. ([2]), *Gl. marginata, Gl. globigerinoides, Gl. fornicata, Gl. stuarti*) et par : *Gümbelina globulosa, G. striata, G. costulata, Globigerina* sp., *Globorotalites micheliniana, Valvulineria allomorphinoides, Allomorphina cretacea, Quinqueloculina circularis, Gyroidina* aff. *quadrata, Bulimina* du gr. *kickapooensis, Rzehakina epigona.* Cette faune trouve sa signification dans l'absence des éléments qui vont se surajouter dans les ensembles supérieurs.

Le deuxième ensemble (faune B) se place vers le sommet du Campanien mais assurément au-dessous de la zone à *Bostrychoceras polyplocum* ou à *Globotruncana calcarata.* A la faune précédente s'ajoutent : des *Ventila-*

(*) Séance du 19 décembre 1951.

([1]) J. Flandrin, *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, 2e série, n° 19, 1948, p. 88-90.

([2]) Les variétés et espèces nouvelles seront décrites ultérieurement (J. S.).

brella (*V. eggeri*, *V.*n.sp.), des *Gümbelina* nouvelles, des *Pseudotextularia* encore simples, *Bolivinoides draco-miliaris*, et surtout des Rosalines coniques (*Globotruncana contusa* et *Gl. caliciformis*, et les formes qui les relient respectivement à *Gl. fornicata* et à *Gl. arca*).

Le troisième ensemble (faune C) se localiserait dans la moitié inférieure du Maestrichtien. Il diffère du précédent par l'apparition de certaines Rosalines (*Globotruncana lamellosa* n.sp., *Gl. falso-stuarti* n.sp. et l'affirmation des formes coniques mentionnées plus haut, par apparition ou affirmation de *Gümbelina* (*G. plummeræ*), de *Pseudotextularia* (*P. varians*), de *Ventilabrella* (*V.*n.sp.), de *Reussella limbata*, de *Globigerina* (*G. rugosa*).

Le quatrième ensemble (faune D) représente de l'Éocène, en général inférieur, mais où certains échantillons renferment des formes qui pourraient faire penser à des niveaux plus élevés. La faune caractéristique est essentiellement composée de *Globigerina* (*G. eocænica*, cf. *tricamerata*, cf. *alpigena*, *concinna*, *danvillensis*, cf. *cryptomphala*, *rotundata* var. *jacksonensis*, n. spp.) et de *Globorotalia* (*G.* aff. *cocoænsis*, aff. *wilcoxensis* var. *acuta*, aff. *spinuloinflata*, n.spp.). Il faut citer en outre des *Uvigerina*, *Cibicides hispaniolæ*, *Bulimina truncana*, *Pullenia quinqueloba* var. *angusta*, *Spiroplectammina trinitatensis*. Parfois des formes crétacées sont remaniées dans ce niveau.

Les microfaunes révèlent que les étages représentés dans le complexe « crétacé supérieur » ne sont pas partout les mêmes, comme incitait déjà à le croire la diversité des faciès. On peut distinguer trois zones paléogéographiques, allongées parallèlement à la bordure Est-Ouest du massif kabyle, et plus ou moins loin de ce dernier.

La zone I, voisine du socle ancien, montre un complexe marneux homogène. Il débute, sur le Flysch albo-aptien, par des marnes noirâtres admettant parfois des boules de calcaire jaune : selon les points, la microfaune montre du Sénonien inférieur, peu net, ou du Campanien (faune A).

La zone II, plus au Sud, correspond à l'axe Chaîne numidique-Babors. Vers l'Ouest domine une épaisse série de marnes grises avec des lits de microbrèches calcaires : ce Flysch est daté de la base du Campanien (faune A). A l'Est, le Flysch à microbrèches se réduit ou disparaît. En discordance sur les diverses assises secondaires antéaptiennes repose le complexe marneux sénonien : sa partie inférieure révèle, selon les points, du Campanien (faune B) ou du Maestrichtien (faune C), parfois sous le faciès à nodules jaunes. Des niveaux de poudingues s'y intercalent.

Dans les zones I et II, vers le milieu de la série marneuse se montrent des niveaux lenticulaires de calcaires à Inocérames : d'âge varié, ils sont surtout maestrichtiens (faune C), mais il en est aussi du Campanien supérieur (faune B) ou inférieur (faune A). Dans les mêmes zones, le sommet de la série « crétacée » est constitué de marnes noires à nodules jaunes : leur faune D prouve qu'il s'agit d'Éocène inférieur.

La zone III s'étend à partir du revers méridional de l'axe Chaîne numidique-Babors. Il y règne une puissante série de marnes noires, où les nodules jaunes peuvent être très abondants. Ces marnes reposent, près de Sidi-Merouane, sur l'Albo-Aptien marno-calcaire. Elles sont datées sur toute leur épaisseur de l'Éocène inférieur (faune D). Ce faciès était considéré jusqu'à présent comme typiquement sénonien. Il s'étend largement plus au Sud, dans le Constantinois occidental.

Conclusions. — 1. Les niveaux suivants ont pu être caractérisés dans la région étudiée : Sénonien inférieur probable, Campanien inférieur, Campanien supérieur, Maestrichtien inférieur, Éocène inférieur.

2. Le Flysch gris à microbrèches, si répandu dans le Sénonien du Nord de l'Algérie, est bien daté, dans notre région, du Campanien inférieur. Il était attribué jusqu'à maintenant à l'Oligocène.

3. Les marnes à nodules calcaires jaunes étaient données, depuis Ficheur, comme caractéristiques du Sénonien. Ce faciès se rencontre en réalité dans les étages les plus variés. En particulier, dans notre région, les marnes noires à boules jaunes qui terminent la série « crétacée » sont bien datées de l'Éocène inférieur, comme seul l'avait entrevu Tissot [3]. Les microfaunes montrent que ces marnes reposent sur des termes variés du Crétacé : il y aurait donc eu, dans le Nord du Constantinois, interruption de la sédimentation entre le Crétacé et le Tertiaire.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Les Reliefs résiduels, ou* Inselberge, *du bassin de la Bénoué (Nord-Cameroun).* Note de M. **Édouard Roch**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Les *Inselberge* qui accidentent les pénéplaines précambriennes du Nord-Cameroun étaient déjà façonnés au moment du dépôt du Crétacé. Aujourd'hui, dégagés de leur enveloppe de Sédimentaire, ils forment à nouveau des reliefs.

Dans cette région, les pénéplaines portent souvent des collines arrondies, ou *Inselberge*, hautes de 100 à 200 m et dispersées au hasard, semble-t-il. Leurs roches sont surtout des granites, mais il y a aussi des syénites et des gabbros, que nous qualifierons de *jeunes*, car les structures intactes prouvent que leur mise en place s'est effectuée après les derniers plissements du Birrimien. Les granites appartiennent néanmoins encore au Précambrien puisque, dans toute l'Afrique noire, on n'en connaît pas de plus récents. En revanche, les schistes cristallins du Birrimien, ceux du Dahomeyen, formation plus ancienne que la précédente, et les granites qui leur sont

---

(3) *Texte explicatif de la Carte géologique provisoire au* 800 000e *du département de Constantine*, Alger, 1881.

associés, ne participent jamais à la constitution de ces bosses qui ont été remarquées autrefois par les explorateurs allemands ([1]).

Le processus de formation des *Inselberge* est discuté. Faut-il admettre avec M. C. Reed ([2]) que ce type de relief serait en liaison avec les structures des roches et avec leur composition minéralogique ? L'hypothèse est plausible et, en tout cas, plus admissible que celle, du même auteur du reste, selon laquelle il s'agirait peut-être des foyers des intrusions granitiques modelés au cours de diverses périodes ou de cycles d'érosion successifs.

E. F. Gautier ([3]) et M. E. de Martonne ([4]) ont mis l'accent sur l'origine climatique du façonnement; mais, tandis que le premier envisageait un aspect particulier du modelé désertique, le second, en ce qui concerne notamment les *pains de sucre* du Brésil, formes non réalisées du reste au Nord-Cameroun, invoquait un intense ruissellement.

Entre ces diverses explications, nous ne choisirons pas, désirant simplement montrer ici que les reliefs résiduels granitiques du bassin de la Bénoué, loin d'être récents, datent au contraire de périodes géologiques anciennes, ainsi qu'en témoignent les observations suivantes :

1° Les explorations de notre confrère P. Schwœrer dans le pays de Boubandjidda, c'est-à-dire dans la vallée de la Bénoué en amont de son confluent avec le Mayo Kébi, révèlent que la pénéplaine gneissique précambrienne conserve de nombreux lambeaux de grès crétacés. La cote moyenne de la pénéplaine est de 200; or, elle est accidentée de bosses de jeunes granites dont la plus importante est la colline, ou Hosséré, Douka (cote 480). Plus modeste, l'Hosséré Lagdo (feuille de Bibémi au 1/100 000e) domine la plaine de 150 m seulement.

Il est surprenant de constater que la Bénoué, au lieu de contourner le relief et de profiter de l'un des deux points bas qui sont proches pour s'écouler vers le Nord, a scié une gorge large de 140 m à peine en plein granite, sous l'aplomb du point culminant. Cette curieuse disposition, qui n'avait d'ailleurs pas échappé aux géographes allemands, prouve que le cours de la Bénoué est surimposé. Nous pensons donc que le Crétacé a enfoui complètement la colline de Lagdo qui, maintenant dégagée, fait saillie au-dessus de la pénéplaine. Étant donné la tectonique de la région, nous ne pouvons envisager que la couverture sédimentaire ait dessiné un pli anticlinal aujourd'hui érodé.

2° Le cas de la colline de Gouna (680 m) est à retenir. Elle domine de

---

([1]) S. Passarge (*Das deutsche Kolonialreich*, 1, Ostafrika und Kamerun, 1909, p. 607) désigne le pays de Boubandjidda comme une *Inselbergeregion*.

([2]) *Geology of the british Empire*, p. 200.

([3]) *Le Sahara*, p. 45.

([4]) *Traité de géographie physique*, 2, p. 632.

près de 200 m le village du même nom bâti près de la bifurcation de la route de N'Gaoundéré-Garoua à Poli. La roche est ici une granulite armée de nombreux filons de pegmatites. Au Sud, comme à l'Ouest, les grès néocrétacés sont conservés en flaques à la surface de la pénéplaine, vers 500; leurs bancs plongent doucement vers le Nord et descendent ainsi à 400 au Mayo Boki. A nouveau, tout se passe comme si la colline de Gouna constituait un relief au moment du dépôt des grès.

3° Le pays falli montre des faits comparables à ceux qui précèdent, mais plus complexes en raison des plissements. Nous retiendrons simplement qu'au Sud de la colline de Ribao, à quelques centaines de mètres du repos normal du grès crétacé sur le granite, une ellipse de ce même granite pointe à travers la couverture sédimentaire de façon telle qu'il ne soit pas possible d'invoquer le jeu de cassures. On doit donc, semble-t-il, admettre que le Crétacé a fossilisé le relief granitique antérieurement formé.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Un type nouveau de côte alluviale basse; la côte à formations parallèles ou côte du type gabonais.* Note (*) de M. **Pierre Legoux**, transmise par M. Théodore Monod.

De vastes plaines littorales sont formées à Madagascar, au Gabon et en Louisiane par la répétition d'un grand nombre de formations parallèles rectilignes constituées de rides sableuses alternant avec des dépressions lagunaires filiformes plus ou moins colmatées. Ces phénomènes, très apparents en observation aérienne, sont assez amples pour justifier la définition d'un nouveau type de côte basse alluviale.

Au cours de voyages en avion au-dessus des côtes d'Afrique Équatoriale et de l'Est de Madagascar, on peut remarquer sur de grandes étendues des côtes basses alluviales formées d'un grand nombre de rides parallèles généralement sableuses séparées par des dépressions tantôt occupées par des lagunes filiformes ou des marigots parallèles, tantôt plus ou moins colmatées de vase et occupées par une végétation différente des rides sableuses. Ces alternances répétées de rides et de sillons donnent aux savanes un aspect curieusement réglé. Dans les zones de transition de la savane à la forêt, cette dernière commence à s'installer dans ces dépressions et l'on peut observer successivement des amorces filiformes de forêts au milieu de la savane passant à des lambeaux de forêts allongés dans le sens général des rides puis, la forêt gagnant, à des clairières filiformes de savane isolées au milieu de la forêt; quelquefois, dans la forêt même, on continue d'apercevoir des alignements de frondaisons plus claires correspondant à des arbres croissant dans les sillons plus humides.

Ces phénomènes sont particulièrement apparents sur la côte du Gabon,

(*) Séance du 19 décembre 1951.

de la Pointe Matouti (Mayoumba) au Cap Lopez (Port-Gentil), où une plaine littorale de 375 km de long et de plusieurs kilomètres de large est constituée de cette manière, interrompue par quelques rares affleurements rocheux du substratum crétacé. Le phénomène est particulièrement beau à l'embouchure de la Nyanga et la disposition des forêts et des savanes y est assez apparente pour avoir été notée sur la carte forestière de H. Gayraud (¹). On doit signaler également la presqu'île Mandji où la plaine littorale rectiligne s'appuie vers l'intérieur sur des formes très complexes de plaines anciennes du même type (²).

Des phénomènes analogues peuvent être observés sur la côte Est de Madagascar dans les plaines de Nosy-Varika à Mahanoro (80 km), puis de Mahanoro à Vatomandry (55 km) et, enfin, de part et d'autre de l'embouchure de l'Ivondro jusqu'à Tamatave (45 km) sur des largeurs de 2 à 3 km pouvant atteindre localement 4 à 5 km. A Madagascar, le phénomène est souvent plus complexe qu'au Gabon et l'on retrouve, derrière la plaine côtière actuelle, des restes, souvent importants, d'une plaine analogue antérieure recoupée par la plus récente (notamment région du lac Analampontsy, Sud de l'embouchure du Mangoro, etc.) (³).

Les cartes américaines de la côte de Louisiane à l'Ouest de l'embouchure du Mississipi montrent des plaines basses analogues sur un développement de 50 km avec une largeur maxima de 4 km (⁴).

La distance de crête à crête de ces rides parallèles est variable de 30 à 200 m et se tient plus souvent entre 50 et 100 m. La hauteur des rides par rapport aux sillons ne dépasse pas 3 m et est souvent beaucoup moindre.

Ces formations parallèles semblent être formées par des cordons littoraux successifs qui se sont développés en enserrant derrière eux des lagunes filiformes progressivement colmatées. Ces cordons ont leur origine dans les courants parallèles à la côte qui charrient les alluvions détritiques portées à la mer par les fleuves (Gabon : courant Sud-Nord de Benguella; Madagascar : contre-courant Sud-Nord; Louisiane : courant Est-Ouest du Golfe du Mexique). Le phénomène semble favorisé par une légère tendance à l'exhaussement du pays, les plus belles de ces plaines ayant en effet une très légère pente vers la mer; mais cette condition peut être compensée par des apports alluviaux massifs comme ceux du Mississipi.

(¹) H. Gayraud, *Carte forestière de l'Embouchure de la Nyanga au* 1/100 000ᵉ.

(²) *Cf.* photoplan de la presqu'île de Port-Gentil au 1/10 000ᵉ publié par l'Institut Géographique National.

(³) *Cf.* feuilles Tamatave et Fanandrana au 1/50 000ᵉ du Service Géographique de Madagascar et photographies verticales au 1/50 000ᵉ de l'Institut Géographique National (missions 30, 31, et 32).

(⁴) *Cf.* quadrangles Bayou Labauve, Grand Bayou, Cameron, Johnsons Bayou au 1/31 680ᵉ de la carte topographique des U. S. A.

Ces rides parallèles sont à rapprocher des « beach ridges » de la littérature géographique américaine ([5]). Comme elles, ce sont des rides ou levées continues (fulls ou ridges) séparées par des dépressions ou sillons (swales, slashes ou furrows) correspondant à des positions successives d'une ligne de rivage qui avance. Mais ces auteurs les décrivent plus particulièrement en des points singuliers des côtes (cuspate forelands et tombolos) où ces rides s'étalent en virgations et en éventail et se recoupent quelquefois mutuellement.

Johnson, notamment, donne une bonne illustration de ces points particuliers et Lobeck, qui cependant renvoie aux cartes topographiques de Louisiane et de certains rivages des Grands Lacs où apparaissent des plaines littorales à formations parallèles, classe ces dernières dans les caractéristiques mineures des rivages.

Ces rides, organisées en faisceaux strictement parallèles, peuvent prendre une ampleur suffisante pour constituer des unités géographiques d'intérêt régional. Nous proposons de donner à ces côtes le nom de *côtes à formations parallèles* ou *côtes du type gabonais* et de les classer dans les formes de côtes d'émergence ou de stabilité.

Une description détaillée et illustrée de ces phénomènes géographiques sera donnée dans un autre recueil.

PÉTROGRAPHIE SÉDIMENTAIRE. — *Premiers résultats d'une étude sur les produits odorants des calcaires fétides.* Note de M. **Gabriel Lucas**, présentée par M. Charles Jacob.

Trois calcaires fétides étudiés contiennent un corps soluble dans l'eau, volatil, ammoniacal et phosphoré, sans doute analogue à un phosphénate.

L'existence de calcaires fétides dans de nombreuses formations géologiques est un fait bien connu, mais je n'ai pu trouver aucun renseignement précis sur la nature des matières odorantes qu'ils contiennent ([1]). Aussi, pensant qu'il y aurait peut-être là une source d'information précieuse sur les conditions de dépôt des roches carbonatées, ai-je entrepris l'étude de quelques calcaires fétides.

Trois échantillons ont été examinés à ce sujet : un calcaire saccharoïde clair du Trias de Letourneux (Algérie), rapporté par M. Guillemot; un

---

([5]) F. P. Gulliver, *Shoreline topography* (*Amer. Ac. Arts and Sciences*, 1989); D. W. Johnson, *Shore processes and shorelines development*, 1919; A. K. Lobeck, *Geomorphology*, 1939, p. 357 et 360.

([1]) *Voir* par exemple : M. Longchambon, *Bull. Serv. Carte Géol. France*, 21, 1910-1911, n° 131, p. 23.

calcaire noirâtre, largement cristallisé, du Dogger du Briançonnais, que j'ai recueilli en compagnie de M. M. Lemoine; enfin, un calcaire brun-noir, à patine extérieure claire, de l'Éocène du Constantinois, que m'a procuré M. D. Reyre.

Le calcaire éocène a été pulvérisé dans un mortier en présence d'eau distillée. La suspension ainsi réalisée a été filtrée; la boue restante, reprise par l'eau distillée, a ensuite été soumise à une distillation. Le filtrat et le distillat ont les mêmes propriétés. Leur pH est de 8,5. Ils donnent directement, avec le réactif de Nessler (mercuritétraiodure de potassium), le précipité brun caractéristique de l'ammoniaque. L'attaque par l'acide sulfurique à l'ébullition amène, après concentration suffisante, le dégagement d'un acide volatil; la liqueur, traitée par de la potasse et concentrée, puis reprise par l'acide azotique, donne les cristaux caractéristiques du phosphomolybdate d'ammonium; le même résultat est obtenu en opérant la concentration en présence d'eau régale, sans passer par l'attaque alcaline, ce qui élimine le risque de confusion avec un silicomolybdate, qui aurait pu prendre naissance par l'action de la potasse sur l'émail de la capsule.

L'étude des deux autres échantillons a été moins poussée : celui du Trias a fourni de même un produit ammoniacal et phosphoré, soluble dans l'eau et distillable; celui du Dogger alpin, malgré les actions tectoniques intenses qu'il a subies, contient aussi de l'ammoniaque unie à un acide volatil, où je n'ai pas recherché le phosphore, car il a été étudié avant les autres et je n'ai pas encore pu reprendre son analyse. Dans les trois cas, la recherche du soufre dans le filtrat ou le distillat a été négative; mais il y a presque toujours de la pyrite dans le sédiment.

De ces observations, on peut conclure que les calcaires fétides étudiés contiennent un produit soluble dans l'eau, entraînable par la vapeur d'eau à chaud, qui est un *sel ammoniacal d'un acide volatil contenant du phosphore et exempt de soufre*. Il paraît très vraisemblable qu'il s'agit d'un sel organo-phosphoré, peut-être de la série des phosphénates; je m'attacherai à en préciser la nature. Il est hautement probable que ce sel volatil est le produit odorant recherché.

La conservation dans la roche d'un corps soluble dans l'eau et volatil est, certes, inattendue : elle est sans doute due à l'emprisonnement de ce corps, en très petites inclusions, dans les cristaux de calcite, lors de la consolidation de la roche.

Des matières charbonneuses : graphite dans le calcaire du Dogger, hydrocarbures dans celui de l'Éocène, accompagnent la pyrite et le sel d'ammonium. On ne peut douter qu'il s'agisse là des produits dus à la fermentation de matières organiques, —C, N, P, S— accumulées sur le fond, dans des mers fermées ou plus probablement dans des mers ouvertes, sans doute aux dépens du plancton (2), (3). Le phosphore de ce plancton

(2) L. Cayeux, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1564; *Les phosphates de chaux sédimentaires de France*, 1, 1939, p. 102.

(3) M. Brongersma-Sanders, *Verh. Kon. Ned. Ak. van Wetensch., Amsterdam, Afd. Nat., Sec.* 2, Dl. 45.4, 1948.

qui, dans des conditions réductrices, a donné notre corps organo-phosphoré, aurait pu, dans d'autres conditions, donner des phosphates de chaux : le rôle des organo-phosphorés dans la phosphatisation mériterait d'être considéré avec attention.

D'autre part, il est remarquable que le pH 8,5 est, à un dixième près, celui (8,6) qui correspond à l'optimum de précipitation du calcium, à partir de l'eau de mer, par des solutions d'ammoniaque ou d'amines plus ou moins carbonatées ([4]), ([5]). En même temps que NH_4, dont, selon toute vraisemblance, une partie seulement est restée enfermée dans la roche, la fermentation a dû donner du gaz carbonique; la coexistence de ces deux corps a pu contribuer efficacement à la production de CO_3Ca, ou même en être le facteur principal.

Ainsi, les observations relatées ici sont-elles le prolongement de recherches déjà effectuées sur la précipitation des calcaires (*loc. cit.*), en même temps qu'elles fournissent une nouvelle orientation à des essais sur la genèse des phosphates.

MÉTALLOGÉNIE. — *Présence de l'uranium et du tungstène dans la minéralisation d'Azegour* (*Haut-Atlas des Guedmioua, Maroc*). Note de M. **François Permingeat** ([1]), présentée par M. Paul Fallot.

1. Des mesures de radioactivité effectuées au gisement de molybdénite d'Azegour ont permis de localiser dans les travaux miniers quelques zones à radioactivité élevée. Des échantillons ont été prélevés par M. Bourg, directeur de la mine, M. Vergerio, ingénieur subdivisionnaire des mines et moi-même, au niveau 1473, près du puits 3, dans une petite recoupe Sud, le 8 décembre 1949.

L'étude de ces échantillons m'a permis d'identifier la pechblende associée à de la pyrite et de l'hématite dans une gangue de calcite et de quartz.

La pechblende présente, en sections polies, une « structure colloïdale » typique. Elle forme de minces auréoles mamelonnées autour de plages de pyrite mêlée d'hématite ou de gangue. Sa forte radioactivité, sa couleur, son opacité, sa structure, son pouvoir réflecteur, son isotropie, ses caractères d'attaque en sections polies, permettent de l'identifier sans ambiguïté.

Une analyse (n° S 10.640 du 6 janvier 1950), effectuée sur un concentré, par M. Coisset, chef du laboratoire de la division des mines et de la géologie du Maroc, confirme pleinement cette détermination.

([4]) G. Lucas, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1023.

([5]) G. Lucas, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1026.

([1]) Document retiré du pli cacheté n° 12.642, déposé le 16 janvier 1950, ouvert à la demande de l'auteur, le 2 janvier 1952.

2. Des échantillons recueillis dans les travaux miniers d'Azegour, au niveau 1458 de la « lentille 6 », à environ 120 m au sud du puits 3, dans une zone où se trouve de la fluorine, par MM. Bourg, Vergerio et moi-même, le 8 décembre 1949, renferment un peu de scheelite.

Celle-ci a pu être caractérisée par ses propriétés optiques et par des mesures cristallographiques effectuées par M. C. Gaudefroy. En particulier, sa vive fluorescence bleue dans l'ultraviolet, l'absence du molybdène et la présence du tungstène constatées chimiquement, permettent de la différencier de la powellite.

La scheelite se présente en petits grains, intimement mêlée de calcite, dans une grenatite contenant notamment de la molybdénite, de la fluorine violette et de la calcite blanche.

MÉTALLOGÉNIE. — *Découverte de molybdénite à Bou Azzer, Sud-Marocain.* Note de M. **Georges Jouravski** (¹), présentée par M. Paul Fallot.

Poursuivant mes recherches métallogéniques dans la région de Bou-Azzer (Sud-Marocain), j'ai constaté le 26 novembre 1949 la présence d'une abondante minéralisation en molybdénite dans la recoupe 29 du filon 5.

J'ai procédé à la détermination chimique et minéralogique de ce minéral qui se présente en fines inclusions dans un remplissage filonien à gangue de quartz et de calcite.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Présence dans le coton d'une substance faisant disparaître l'action inhibitrice exercée par les fortes doses d'hétéroauxine.* Note de M. **François Nysterakis**, présentée par M. Raoul Combes.

En ajoutant, par litre de milieu de culture, 40 mg d'extrait hydrosoluble de coton cardé, on neutralise l'action inhibitrice exercée sur *Nectria galligena* par de fortes doses (allant jusqu'à 400 mg) d'acide indol-β-acétique.

Mes tentatives pour mettre en évidence la présence, dans les tissus de végétaux supérieurs, d'une antiauxine naturelle sont restées infructueuses jusqu'en 1950. A cette date j'ai observé que l'extrait hydrosoluble du coton cardé perturbait l'action inhibitrice exercée par l'hétéroauxine sur la croissance d'un microorganisme; depuis lors de nombreuses cultures de divers champignons ont été suivies. Je ne donnerai ici que les résultats de la dernière expérimentation avec *N. galligena.* Mlle Berducou (1949-1950) a démontré que ce microorganisme fabrique et sécrète de fortes doses d'acide indol-β-acétique

(¹) Document retiré du pli cacheté n° 12616, déposé le 5 décembre 1949, ouvert à la demande de l'auteur, le 2 janvier 1952.

et que sa croissance est inhibée par de faibles doses (0,2 mg:l) de cet acide. C'est pour cette raison que j'ai choisi *N. galligena* comme premier « test antiauxine ». Je rappellerai que Shopfer et Rytz (1937), Robbins et Schmitt (1945), T. Constantin (1945), Pollok (1948), ont démontré que l'extrait de coton cardé contient une substance de croissance qui agit puissamment sur la croissance de *Phycomyces blakesleeanus*, de trois levures et d'une bactérie. J'ai également constaté que le même extrait contient une substance auxogène qui favorise la croissance de *N. galligena* et d'autres champignons parasites.

Pour étudier l'action antiauxinique de l'extrait de coton j'ai employé comme milieu : Knop 1/2 additionné de 30 g de glucose et de 13 g de gélose par litre. A ce milieu nutritif sont ajoutés, par litre, pour les expériences de la série AI (+ hétéroauxine seule) : 20 cm³ d'eau + 25, 50, 100, 200 ou 400 mg d'acide indol-β-acétique; pour les expériences de la série E + AI (+ extrait + hétéroauxine) : 20 cm³ d'extrait de coton cardé ([1]) et les doses d'hétéroauxine mentionnées. Les cultures sont faites parallèlement dans des erlenmeyer de 300 cm³ (volume du milieu introduit : 35 cm³) et dans des tubes en pyrex de 33 mm contenant 20 cm³ de milieu. Le 29 juin 1951 on ensemence 5 à 6 mg d'une culture monosperme de *N. galligena*. Les cultures sont maintenues à 22°C dans une étuve vitrée. Le degré du développement du mycélium est indiqué par le diamètre de l'auréole formée (en mm). Le poids sec est donné en milligrammes. Voici réunies les observations du 29 juillet 1951 concernant les cultures dans les erlenmeyer :

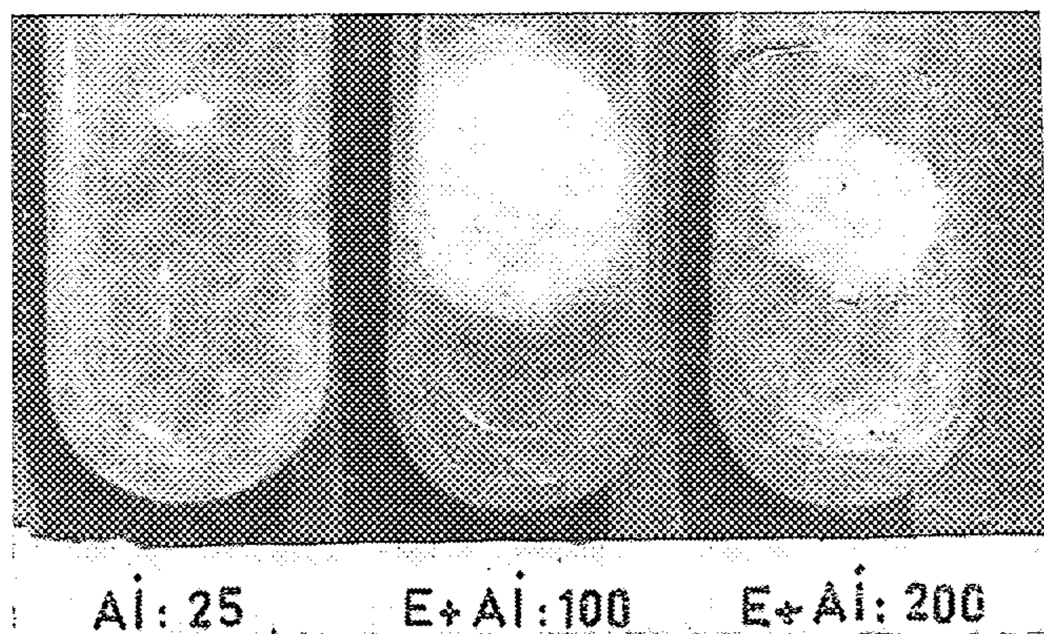
Acide/L (mg)	25.		50.		100.		200.		400.	
	Diam.	P. S.	Diam.	P. S.	Diam.	P. S.	Diam.	P. S.	Diam.	P. S
Série AI..........	6	4	6	4	5	3	4	2	3	0
Série E + AI	75	190	70	180	52	170	50	150	45	120

Le tableau se passe de commentaires; on voit par exemple que, en présence de 400 mg d'hétéroauxine (série AI 400), la croissance du champignon est arrêtée. Il suffit d'ajouter par litre du même milieu 20 cm³ d'extrait pour obtenir 120 mg de matière sèche (série E + AI 400).

L'extrait annihile donc l'action que l'hétéroauxine exerce sur la croissance du champignon et déplace même le seuil de la concentration toxique de cette substance. Il est intéressant de noter que l'activité de la substance du coton est considérable puisque 40 mg d'extrait sec *brut* (teneur de 20 cm³ de la solution ajoutée) suffisent pour faire disparaître l'action inhibitrice exercée sur *N. galli-*

([1]) L'extrait est obtenu en autoclavant à la fois 250 tubes en pyrex, de 33 mm, bouchés au coton cardé (3 g par tube) à 130° C pendant 30 mn. Après stérilisation, 20 à 30 tubes contiennent 1 à 4 cm³ de liquide. La teneur en matière sèche du liquide de chaque tube est variable. Le mélange de tous les extraits dont je me suis servi dans ces expériences contenait 2 ‰ de matière sèche.

gena par 400 mg d'hétéroauxine. Les photographies prises le 19 juillet montrent quelques cas caractéristiques des cultures faites dans les tubes. A cette date 25 mg d'hétéroauxine (série AI 25) arrêtent la croissance du champignon tandis que, en présence de l'extrait, même 200 mg d'hétéroauxine (série E + AI 200) restent sans effet.



On peut donc conclure qu'une substance contenue dans le coton cardé se comporte comme une antiauxine naturelle, au moins en ce qui concerne l'action inhibitrice de l'hétéroauxine sur la croissance de *N. galligena*.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'emploi de l'isotope radioactif* P^{32} *dans l'étude de l'alimentation phosphatée des végétaux.* Note de M. GEORGES BARBIER et Mlle CHRISTIANE HUSSON, présentée par M. Albert Demolon.

Depuis une dizaine d'années, des agronomes ont cherché à préciser les rôles respectifs des fumures et du sol dans la nutrition phosphorée des cultures, à l'aide d'engrais phosphatés contenant l'isotope radioactif P^{32}; celui-ci peut être dosé séparément dans la plante, la radioactivité lui conférant une marque distinctive. Or, il n'est pas certain que le principe même de cette méthode soit correct, pour la raison suivante :

Dans des cultures sur solutions, H. Jenny [1], ayant fait absorber à des plantes du potassium radioactif, puis les ayant transportées sur un milieu à potassium inactif, a constaté que les plantes cédaient au milieu du potassium radioactif, alors même qu'elles absorbaient une quantité substantielle de potassium. Il est donc possible qu'en culture normale, des ions marqués absorbés par des radicelles aux points d'impact des particules d'engrais, soient excrétés d'une manière continue en d'autres points de l'appareil radiculaire, auquel cas la quantité d'élément marqué contenue dans la

(1) *Soil Science*, 48, 1939, p. 9-24.

récolte à un instant donné serait inférieure à la quantité absorbée par les plantes depuis le début de la végétation.

Le but de cette Note a été de rechercher si l'alimentation phosphatée des plantes donne lieu également à de tels échanges d'ions de même espèce entre racines et milieu et d'apprécier l'intensité du phénomène.

De jeunes plants de maïs ont été cultivés d'abord sur une solution nutritive contenant par litre 10 mg P^2O^5 radioactif (0,1 mC : g P^2O^5), puis sur la même solution avec phosphates inactifs. Les solutions étaient agitées fréquemment par barbotage d'air et renouvelées tous les deux ou trois jours. P actif [2] et P total ont été dosés dans les solutions à chaque renouvellement. Le bilan complet de P actif, établi pour l'une des expériences, a concordé avec P actif dosé directement dans la récolte (98,6 au lieu de 97,4 mg, pour 12 pieds de maïs).

Nous avons constaté que les maïs, tout en ayant absorbé une fraction importante de P actif ou inactif fourni (50-80 %) ont toujours excrété dans le milieu une petite fraction de leur propre phosphore, aussi bien dans la première phase des expériences (P inactif des graines cédé en échange de P actif du milieu), que dans la deuxième phase (excrétion de P actif). Les premières de ces mesures, effectuées nécessairement par différence (excès du P actif cédé par la solution sur P effectivement perdu en elle) sont beaucoup moins précises que les secondes, qui donnent directement P actif excrété. D'après ces dernières, la quantité d'ions phosphoriques actifs cédée par les plantes représente, par jour, en général, 0,5 à 1,5 % de la quantité de P actif contenue à ce moment dans les plantes.

Mais la mesure de P excrété en un certain intervalle de temps ne représente pas la cinétique du phénomène, les plantes pouvant réabsorber les ions qu'elles ont excrétés au même titre que les autres : P des plantes retrouvé dans le milieu peut être d'autant plus petit que la plante à consommé plus de phosphates :

Renouvellements successifs de la solution..........	1er	5e	6e
Durée de chaque intervalle......................	2 jours	3 jours	2 jours
Milligrammes P^2O^5 fournis à 12 pieds de maïs.....	39	39	39
P^2O^5 non consommé (en mg)....................	15,7	4,9	11,15
P des plantes retrouvé dans le milieu pour-cent de P marqué contenu dans les plantes................	1,8	0,34	0,53

Dans des cultures sur solutions coulantes, ayant comporté des prélèvements fréquents de solution, nous avons constaté que le phénomène d'excrétion est continu et se produit aussi bien pendant la nuit que pendant le jour (expérience sur six plants de très jeunes maïs) :

---

(2) Le Commissariat à l'Énergie atomique a bien voulu se charger des dosages de radioactivité et nous a éclairés de ses conseils.

Heure des prélèvements......	12	14 ½	16	18	21	2	7	9	11 ½–14	18
γP_2O_5 actif excrété par heure.	45	92	70	80	60	53	48	52	50	46

Signalons que dans des cultures en pleine terre d'orge et de maïs, ayant reçu par hectare 50 et 70 kg P^2O^5 (0,1 mC : g P^2O^5 au moment du semis), le développement des plantes n'a été que légèrement entravé par comparaison avec la même dose de P^2O^5 normal.

Conclusion. — Dans les sols naturels, les échanges d'ions phosphoriques de la plante contre des mêmes ions phosphoriques du sol peuvent être quantitativement plus importants qu'en milieu liquide, où l'appareil radiculaire est proportionnellement moins développé. D'autre part, H. Jenny (³) a observé qu'en présence d'argile, l'excrétion par la plante de potassium marqué (comme d'ailleurs la pénétration de K du milieu dans la plante) est plus intense qu'au contact d'une solution exempte de substances colloïdales, pour une même concentration globale en K. Nous ne pouvons donc pas fixer dès à présent une valeur même approchée de l'intensité dans le sol en place du phénomène étudié. En admettant, comme ordre de grandeur possible, d'après nos expériences, que la plante excrète par jour 1 % du phosphore de l'engrais qu'elle renferme à chaque instant, l'intégration graphique d'une courbe que nous avons obtenue expérimentalement pour une orge en sol de limon indique que les plantes auraient perdu au cours de leur vie environ 60 % du phosphore de l'engrais que la récolte renferme en fin de végétation. La mesure de cette dernière quantité ne doit donc pas être considérée, jusqu'à plus ample informé, comme fournissant une valeur absolue du coefficient d'utilisation de l'engrais.

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur deux flores fossiles quaternaires d'Afrique du Nord.* Note (*) de MM. **Camille Arambourg, Jean Arenes** et **Georges Depape**, présentée par M. Roger Heim.

Les recherches paléontologiques poursuivies en Afrique depuis de nombreuses années par l'un de nous (C. A.) l'ont amené à recueillir, associées à des gisements de Vertébrés, les deux flores fossiles qui font l'objet de cette Note.

La première provient du gisement du Lac Ichkeul près de Bizerte (Tunisie) où elle est contenue dans des argiles intercalées entre des sables et graviers à ossements succédant en concordance au Pliocène marin.

(³) *Loc. cit.*

(*) Séance du 19 décembre 1951.

La faune correspondante est caractérisée par : un Éléphant du groupe d'*E. planifrons*, un Mastodonte brevirostre (*Anancus osiris*), un Hipparion (*Stylohipparion libycum*), un Sivathériné, (*Libytherium maurusium*), avec des représentants des genres *Equus, Omochœrus, Hippopotamus, Camelus, Gazella, Redunca*, etc., association caractéristique du Villafranchien inférieur de Berbérie [1].

La seconde provient des argiles dites « de Maison Carrée » aux environs d'Alger, lesquelles, par leur faune de Vertébrés : *Elephas cfr. ausonius, Hippopotamus amphibius, Equus cf. mauritanius, Sus scrofa, Bos primigenus, Gazella atlantica*, etc., de même que par leurs relations stratigraphiques, correspondent à un niveau plus récent que le Villafranchien et bien antérieur au Thyrrhénien, donc à un stade assez ancien du Pléistocène moyen (Rissien vraisemblablement). Ces données sont d'accord avec les résultats de l'étude des flores associées et dont l'exposé ci-dessous résume les conclusions essentielles; un Mémoire détaillé sur ce sujet sera publié ultérieurement.

Les récoltes paléobotaniques effectuées dans les conditions indiquées ci-dessus permettent d'apporter une contribution notable à la connaissance des flores quaternaires nord-africaines, très mal connues jusqu'ici.

1. *Flore du Lac Ichkeul.* — *Salix alba* L., *S.* cf. *S. canariensis* C. Sm., *Pterocarya* spec., *Juglans regia* L., *Quercus Mirbeckii* Dr., *Q. afares* Pom., *Q. Ilex* L., *Q. Suber* L., *Fagus* cf. *F. silvatica* L., *Ulmus scabra* Mill.; *Elæagnus* cf. *E. angustifolia* L., *Cassia* spec., *Ceratonia siliqua* L., *Rhus Coriaria* L., *Sapindus* spec. 1, *Sapindus* spec. 2, *Laurus nobilis* L., *Pittosporum* spec., *Olea europæa* L.

2. *Flore de Maison Carrée près d'Alger.* — *Smilax aspera* L. var. *mauritanica* (Desf.) G. G., *Salix alba* L., *S. cinerea* L., *Populus alba* L., *Carpinus Betulus* L., *Quercus Mirbeckii* D. R., *Q. afares* Pom., *Q. Ilex* L., *Q. coccifera* L., *Rubus ulmifolius* (Schott) F., *Rhamnus Frangula* L., *Vitis Ducellieri* Ar. et Dep., *Laurus nobilis* L., *Fraxinus Ornus* L.

La flore du Lac Ichkeul est une flore de dépôts lacustres où dominent les types caducifoliés, à laquelle participent des espèces d'affinités tropicales (cinq espèces, 26 %) (*Salix canariensis, Cassia, Sapindus, Pittosporum*) et un ensemble à caractère plus ou moins boréal : *Elæagnus, Salix alba, Fagus silvatica, Ulmus scabra*, les trois dernières eurosibériennes concrétisant l'élément le plus froid; les plantes autochtones nord-africaines actuelles n'entrent qu'en proportion relativement faible (47 %) dans cette

[1] *Cf.* C. Arambourg, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 5e série, 19, 1949, p. 195; *C. R. Soc. Biogéogr.*, n° 241, 1951, p. 49.

flore qui semble correspondre à une période climatique de transition et avoir sa place à l'extrême base du Villafranchien.

La flore de Maison Carrée est une flore de dépôts d'estuaire à laquelle l'absence de tout élément tropical, la très large dominance d'un ensemble tempéré et froid (*Salix alba*, *S. cinerea*, *Populus alba*, *Carpinus Betulus*, *Rhamnus Frangula*, *Vitis Ducellieri*), confèrent un caractère nettement plus froid que celle d'Ichkeul; elle est aussi plus sèche par l'absence du Hêtre, du Chêne-liège, de *Salix canariensis*, d'*Ulmus scabra*, et par la place infime qu'y tient *Quercus afares*; elle est plus récente : le pourcentage des espèces actuelles y est de 78 %.

On peut penser qu'elle appartient, de par sa composition, au Riss et, très vraisemblablement, aux époques terminales de cette avant-dernière période glaciaire.

Dans leur ensemble, ces deux flores quaternaires nord-africaines réunissent trois groupes bien distincts d'éléments phytogéographiques : tropical, mésogéen et boréal. Ce dernier, avec *Elæagnus angustifolia**, *Salix alba*, *S. cinerea*, *Populus alba*, *Fagus silvatica**, *Carpinus Betulus**, *Ulmus scabra**, *Rhamnus Frangula*, n'est pas le moins remarquable par la présence de quatre espèces* de nos jours étrangères à la flore indigène d'Afrique septentrionale.

La présence de *Carpinus Betulus*, d'*Ulmus scabra*, de *Fagus silvatica*, de *Juglans regia*, du genre *Pterocarya*, d'*Elæagnus angustifolia* dans le Quaternaire nord-africain pose certains problèmes chorologiques et paléogéographiques; ces plantes durent participer aux échanges floristiques entre l'Europe et l'Afrique, qui ont modifié plus ou moins profondément, et à plusieurs reprises, les caractères de la végétation. Elles semblent avoir obéi aux mouvements d'ensemble des flores vers le Sud qui se sont produits depuis le Crétacé à la faveur des modifications climatiques et par lesquels les flores tertiaires tropicales d'Asie, d'Europe et d'Amérique ont cédé progressivement leur domaine à celles, alors tempérées, des régions plus septentrionales, arctiques. C'est un fait indéniable pour l'élément boréal; il se vérifie dès à présent, pour certains groupes mésogéens (s. l.); il s'appliquera, à n'en pas douter, à l'ensemble de l'élément mésogéen tertiaire dont nos méditerranéennes ne sont que la descendance; il convient encore à deux tropicales, *Cassia* spec. et *Sapindus* spec. 1.

Quatre grands tracés semblent avoir permis à ces migrations d'atteindre l'Afrique : la voie transtyrrhénienne durant le Tertiaire inférieur (Montien), la voie égyptienne par Suez depuis le Pontien, la voie bético-rifaine au Pontien-Plaisancien par Gibraltar, la voie siculo-tunisienne, par la Sicile, Malte et la Tunisie, intermittente, au Quaternaire ancien (Saint-Prestien).

PHYSIQUE VÉGÉTALE. — *Sur la tension de succion des cellules stomatiques et épidermiques.* Note de M. **Igor Mouravieff**, présentée par M. Roger Heim.

En employant la méthode d'Ursprung et Blum, l'auteur a trouvé que la tension de succion des cellules stomatiques des stomates ouverts est très inférieure à celle des cellules épidermiques.

Nous avons tenté de mesurer la tension de succion des cellules stomatiques de la feuille de *Vicia Faba* L. comparativement à celle de l'épiderme en employant les méthodes d'Ursprung et Blum ([1]), méthode cellulaire pour les cellules, méthode des bandes pour les tissus. Ces méthodes consistent essentiellement à chercher une concentration de sucre qui ne provoque pas de changement de dimensions des cellules ou de la longueur des bandes de tissus par rapport aux premières mesures effectuées dans l'huile de paraffine ou dans une chambre humide de très petites dimensions. Chaque concentration de glucose a été expérimentée sur 300 stomates. La tension de succion du même épiderme a été mesurée par la méthode cellulaire pour les cellules épidermiques et par la méthode des bandes pour l'ensemble de l'épiderme. Chez les plantes que nous avons étudiées elle est de 6,6 atm pour les cellules épidermiques ordinaires aussi bien chez les feuilles dont les stomates sont fermés que chez celles où ils sont ouverts. Les moyennes des résultats obtenus sont condensées dans le tableau ci-joint.

Tableau des variations de la surface extrême des cellules dans les solutions de glucose : ces variations (en plus ou en moins) sont exprimées en pour-cent de la surface mesurée dans l'huile de paraffine.

Concentration de la solution de glucose.	Stomate				Cellule épidermique en place.
	ouvert isolé.	ouvert en place.	fermé isolé.	fermé en place.	
Eau distillée.......	+ 0,07	−22	+14	−10	+12
0,1 mol..........	− 4	−17	+ 8	− 6	+10
0,2 »	− 7	−17	+ 2	− 3	+ 6
0,3 »	−11	−15	− 3,5	+ 4	− 1
0,4 »	−13,5	−12	− 9	+ 7,5	− 7
0,45 »	–	−12	–	–	Plasmolyse limite
0,5 »	−16	−15	−15	+11	− 8
0,7 »	−19	−18	−21	+ 7,5	–

Comme le montre nettement le tableau, la tension de succion des stomates ouverts isolés apparaît être pratiquement nulle. Placés dans l'eau distillée, ils ne montrent aucun changement de surface externe par rapport à celle qu'ils avaient dans l'huile de paraffine et se contractent régulièrement dans toutes les

([1]) A. Ursprung, *Handb. d. biolog. Arb. Meth.* (Abderhalden), 1, 4, H. 7, 1937, p. 1347-1364 et 1369-1384.

solutions de glucose même très diluées. Cela se confirme également par le comportement des stomates ouverts en place, qui subissent aussi une diminution de surface, tout d'abord par suite de la pression des cellules épidermiques voisines, dans l'eau et les solutions faibles, puis, à partir de la concentration 0,4 mol, par suite de l'action osmotique de la solution de glucose elle-même. Par contre, les stomates fermés isolés présentent une nette augmentation dans l'eau et les solutions faibles jusqu'à une concentration de 0,25 mol dans laquelle il n'y a aucun changement de volume. Leur tension de succion est donc de 6,0 atm, c'est-à-dire à peine inférieure à celle des cellules épidermiques ordinaires.

Tout autre est le comportement des stomates fermés en place, qui est exactement l'inverse de celui des stomates fermés isolés. Ici les stomates subissent d'abord une forte compression par les cellules épidermiques, puis lorsque celle-ci devient nulle à partir de la concentration 0,28 mol, qui équilibre la tension de succion de l'épiderme, ils augmentent de volume. Enfin les cellules épidermiques en place augmentent notablement de volume dans l'eau et les solutions faibles de glucose. C'est à partir de 0,28 mol qu'on note une légère diminution qui se poursuit régulièrement dans les concentrations plus fortes.

On admet généralement que le fonctionnement de l'appareil stomatique dépend directement de la turgescence de ses cellules et que celle-ci est en rapport direct avec leurs valeurs osmotiques. On peut imaginer que si les cellules des stomates fermés ont une tension de succion égale à celle des cellules épidermiques, les cellules des stomates en voie d'ouverture ont une tension de succion supérieure à celle des cellules avoisinantes, ce qui leur permettrait de leur emprunter de l'eau ([2]). On doit cependant remarquer qu'il ne faut pas s'attendre à trouver de grandes différences entre les cellules stomatiques et épidermiques.

Cependant tous les auteurs ne sont pas de cet avis et M. Monzi ([3]) pense que la tension de succion des cellules stomatiques des stomates largement ouverts doit être nulle (p. 392). Les résultats de nos recherches paraissent en faveur de cette dernière supposition. Néanmoins il est difficile d'admettre une différence de tension de succion de 6,6 atm entre les cellules des stomates largement ouverts et les cellules épidermiques. Pensant tout d'abord qu'il pourrait s'agir d'une simple contraction par stimulation des cellules stomatiques dans l'eau, après l'huile de paraffine, nous avons refait un certain nombre de mesures dans une micro-chambre humide sans faire agir directement les solutions sur les cellules stomatiques. Mais les résultats ont été sensiblement les mêmes.

([2]) W. T. Williams, *Journal of exper. Bot.*, 1, 1950, p. 126 et suiv.
([3]) *Japanese Jour. of Botany*, 9, n° 4, 1939, p. 373-394.

PHYSIOLOGIE. — *Musculature extrinsèque du globe oculaire, muscles cervicaux et équilibre chez les Souris.* Note (*) de M. **Jean Baron**, par M. Pierre-P. Grassé.

Chez les Souris valseuses, l'énucléation uni- ou bilatérale, associée à la correction de la déviation du cou provoque la disparition des mouvementsde valse. Ce résultat peut être reproduit sur des souris présentant une déviation conjuguée ou opposée de la tête et des yeux, après une résection unilatérale des muscles du cou, associée à une ténotomie.

Au cours de précédentes Notes [1] j'ai démontré les rapports existant entre l'équilibre, la musculature extrinsèque du globe oculaire, les canaux semi-circulaires, les mouvements des nageoires chez les poissons.

De nouvelles expériences pratiquées chez les Souris m'amènent à envisager les rapports existant entre les muscles moteurs oculaires et les muscles cervicaux.

Les expériences ont porté sur 70 souris qui ont été réparties en deux groupes [2].

Groupe A. — Il comprenait 10 souris héréditairement valseuses qui ont été divisées en deux lots; un lot de souris aveuglées uni- ou bilatéralement et un lot de souris énuclées uni- ou bilatéralement.

Groupe B. — Il comprenait 60 souris qui ont été réparties en trois lots. Le premier lot était formé de souris ayant subi une résection unilatérale des masses musculaires postérieures cervicales. Le second lot comprenait des souris préparées de la même façon mais ayant subi, en outre, une ténotomie des muscles oculaires synergiques du même côté que la résection des muscles cervicaux, de manière à obtenir une déviation conjuguée de la tête et des yeux. Le troisième lot comprenait des souris qui avaient subi une résection unilatérale des masses musculaires cervicales postérieures à laquelle on avait ajouté une ténotomie des muscles moteurs oculaires synergiques du côté opposé à la résection des muscles cervicaux de manière à obtenir une déviation opposée de la tête et des yeux.

Un tiers du lot B avait une vision normale, un tiers avait été aveuglées uni- ou bilatéralement, un tiers avait été énuclées uni- ou bilatéralement.

Les résultats obtenus sont les suivants :

Dans le groupe A, les souris aveuglées ne présentent aucun changement de comportement et continuent de valser. Les souris énuclées se comportent

(*) Séance du 19 décembre 1951.

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 2231-2233 et **231**, 1950, p. 1087 et **232**, 1951, p. 354.

(2) Ces expériences ont été réalisées au département d'O. R. L. et de zoologie de l'Université de Colombia, U. S. A.

de deux manières : ou le mouvement de valse s'arrête ou il est augmenté. Dans le premier cas, les souris s'arrêtent de valser si la tête qui était déviée se redresse et se place dans l'axe longitudinal du corps ainsi que la queue de manière à obtenir une colonne vertébrale non déviée.

Dans le second cas, le mouvement de valse est augmenté irréversiblement et instantanément si la tête est déviée par rapport à l'axe longitudinal du corps. Le sens de rotation de la valse est déterminé par le sens de la déviation du cou, il existe une incurvation de la colonne vertébrale et de la queue. Dans ce dernier cas si l'on pratique une résection des muscles cervicaux corrigeant la déviation du cou, les souris s'arrêtent de valser comme dans la première expérience, dès que la tête s'est redressée et s'est placée dans l'axe antéropostérieur du corps.

Dans le groupe B, les souris du premier lot, qu'elles soient à vision normale ou aveuglées, présentent deux sortes de réponses : ou bien les souris deviennent valseuses ou bien elles marchent droit. *a.* Dans le premier cas, il existe une déviation conjuguée de la tête et des yeux, se traduisant par une incurvation de la colonne vertébrale du côté de l'axe de rotation. *b.* Dans le deuxième cas, il existe une déviation opposée de la tête et des yeux se traduisant par deux courbures compensées de la colonne vertébrale. Les souris énuclées unilatéralement dans le premier cas tournent, les autres marchent droit. Les souris énuclées bilatéralement tournent immédiatement et irréversiblement dans les deux cas.

Les souris du deuxième lot à vision normale, aveuglées ou énuclées uni- ou bilatéralement où une déviation de la tête et du cou avait été réalisée, présentent des mouvements de valse.

Les souris du troisième lot à vision normale ou aveuglées ou énuclées unilatéralement marchent droit, les énuclées bilatéralement se mettent à tourner.

Des expériences qui précèdent, il résulte que le sens de l'équilibre est fonction de l'interaction du tonus des muscles moteurs oculaires et des muscles cervicaux qui leur sont antagonistes.

GÉNÉTIQUE. — *Sur le sexe des Crapauds obtenus par gynogenèse.*
Note de M. **Jean Rostand**, présentée par M. Maurice Caullery.

La question de la sexualité du Crapaud ordinaire (*Bufo bufo*) est loin d'être éclaircie : malgré les beaux travaux de K. Ponse, nous ignorons encore si l'hétérogamétie appartient au mâle ou à la femelle. On sait que, de l'union de deux mâles génétiques, naissent exclusivement des mâles, ce qui parle fortement en faveur de l'homogamétie masculine; néanmoins, K. Ponse hésite à tirer pareille conclusion de ses résultats qui, pense-t-elle,

pourraient s'expliquer en admettant que, dans les ovules de mâles, la réduction chromatique subit certaines perturbations ([1]).

Ayant pu mener jusqu'à un âge assez avancé un bon nombre de Crapauds d'origine gynogénétique ([2]), nous avons pensé que l'étude du sexe de ces animaux (à chromosomes purement maternels) pourrait aider à la solution du problème.

Dans le cas de l'homogamétie féminine (femelle XX), tous les produits de gynogenèse doivent évidemment être du sexe femelle. Dans le cas de l'hétérogamétie féminine (femelle WZ), il n'en sera pas de même et le sexe du produit dépendra du type de la première division de maturation en ce qui concerne les chromosomes sexuels ou les segments différentiels de ces chromosomes.

Si cette première division est *équationnelle*, elle laisse, dans l'ovule, un chromosome W et un chromosome Z; la rétention du second globule polaire (provoquée par le refroidissement de l'ovule) aboutit à la formation d'ovules WZ, c'est-à-dire producteurs de femelles. Si, au contraire, la première division est *réductionnelle*, elle laisse, dans l'ovule, ou un chromosome W ou un chromosome Z; la rétention du second globule polaire aboutit à la formation, en nombre égal, d'ovules ZZ et d'ovules WW, c'est-à-dire d'ovules producteurs de mâles et d'ovules producteurs de femelles (en admettant que la combinaison WW soit viable, comme elle l'est chez l'Amblystome).

La probabilité est pour qu'une première division de type réductionnel se produise dans une certaine quantité des ovules ([3]). Supposons, par exemple, qu'elle soit de ce type dans 40 % des ovules : il se formera, par là, 20 % d'ovules ZZ (producteurs de mâles) et 20 % d'ovules WW (producteurs de femelles ?), tandis que les 60 % d'ovules à première division équationnelle seront des ovules WZ (producteurs de femelles).

En résumé, si la femelle du Crapaud est homogamétique (XX), tous les produits de gynogenèse doivent être femelles; si elle est hétérogamétique (WZ), ils doivent comprendre une certaine quantité de mâles, quantité qui dépendra de la proportion des ovules ayant subi une première division réductionnelle de maturation.

Or, je n'ai obtenu, jusqu'à présent, dans mes élevages de Crapauds gynogénétiques, *que des sujets femelles*, au nombre de 24.

([1]) *Arch. d'Anat. microscopique et de morph. expérimentale*, 39, 1950, p. 183.

([2]) La gynogenèse est obtenue par la méthode que nous avons indiquée antérieurement (fécondation par le sperme de *Rana temporaria* soumise aux rayons ultraviolets, traitement des œufs par le froid pour provoquer la diploïdie). *Voir* J. Rostand, *C. R. Soc. Biol.*, 141, 1947, p. 563.

([3]) *Voir* G. Fankhauser et R. R. Humphrey, *J. exper. Zool.*, 115, 1950, p. 207.

L'examen a porté, en 1950, sur 9 animaux âgés de 15 à 18 mois (depuis l'œuf) et, en 1951, sur 15 animaux, âgés de 11 mois. Ces derniers provenaient de pontes précoces, effectuées au début de février par des Crapauds du Finistère.

Tous ces petits Crapauds, qui avaient été abondamment nourris avec des Drosophiles à ailes vestigiales, mesuraient entre 2,2 et 2,5 cm; ils étaient en excellent état quand ils furent sacrifiés et le type sexuel des gonades se révélait d'emblée à l'aspect macroscopique.

Ces premiers résultats sont donc en faveur de l'homogamétie féminine chez les Crapauds. Nous nous proposons de les étendre largement et aussi de les compléter par l'étude de la sexualité chez les produits de gynogenèse issus des ovules de mâles génétiques.

Indépendamment de la question de la sexualité, c'est la première fois qu'on obtient, en nombre assez élevé, des Crapauds gynogénétiques âgés de 11 à 18 mois.

BIOLOGIE. — *Étude expérimentale et mathématique des variations de la longueur de la crête du Coq domestique*. Note de MM. **Charles-M. Gros** et **F.-X. Walter**, présentée par M. Robert Courrier.

Hypothèses : 1° A l'instant t, la variation de la longueur y de la crête (d'inertie m) est soumise à deux forces qui s'opposent à cette variation : une force de rappel proportionnelle à l'élongation $(q\,y)$ et une force d'amortissement proportionnelle à la vitesse $[p\,(dy)/(dt)$, donc :

(1) $$m\frac{d^2y}{dt^2}+p\frac{dy}{dt}+qy=0;$$

2° Ces constantes m, p et q sont liées par la relation

(2) $$p^2-4mq=0,$$

le système biologique étant dans les conditions de l'amortissement critique. Posons $t=\tau\sqrt{m/q}$: l'équation du mouvement est l'équation différentielle réduite, dont les coefficients ne contiennent plus les paramètres :

(3) $$\frac{d^2y}{d\tau^2}+2\frac{dy}{d\tau}+y=0.$$

Solutions intégrales : $y=[A\tau+B]e^{-\tau}$.

A et B sont deux constantes, déterminées en général par les conditions initiales des expériences qui peuvent être de types divers : involution après castration, conditionnement par inunction de testotérone chez le castrat, régression après mise en plateau par des inunctions répétées d'hormone testiculaire, etc. L'unité de temps réduit τ peut être définie : intervalle de temps qui sépare l'instant θ

où la vitesse d'élongation est nulle $[y' = 0, \theta = (A - B)/A]$ de l'instant où la vitesse est extremum $[y'' = 0, \sigma = 1 + \theta]$. *Involution de la crête* : Au moment où nous étudions cette régression, la vitesse à l'origine peut être nulle ou négative ($\omega_0 \leqq 0$). 1° A l'origine la vitesse est nulle; l'ordonnée y_0 (l'élongation par rapport à l'état régressé de la crête, ou potentiel sexuel de Pézard) est prise comme unité. La solution

$$(5) \qquad Y = [1 + \tau] e^{-\tau}$$

est l'équation intégrale réduite ou équation de P. Curie. Y est la longueur réduite de la crête à l'instant τ ($\theta = 0, \sigma = 1$).

Premier exemple. — Involution de la crête après castration chez certains Coqs dont la crête est stabilisée; la suppression de la sécrétion testiculaire étant le seul facteur nouveau.

Courbes réelles

$$(6) \qquad y = y_0 \left[1 + \frac{t}{\sigma}\right] e^{-\frac{t}{\sigma}}.$$

y, y_0 évalués en mm, t, σ en jours.

Valeurs expérimentales (E) *et valeurs calculées* (C) *de la longueur totale des crêtes.*

t	0.	7.	14.	21.	28.	35.	42.
E	88	78	69	63	61	59	58
C	88	79,5	69,5	63,1	59,7	58,2	57,5

Coq n° 1, castré le 26 février 1914 : $\omega_0 = 0$, $\sigma = 7$ jours, $y_0 = 31$ mm; crête inconditionnée = 57 mm (Pézard).

t	0.	7.	14.	23.	30.	43.	63.
E	125	114	102,5	89	78	69	62,5
C	124	117	104	89	79	69	63

Coq L 6, race Leghorn Blanc, castré le 1er juin 1948 à l'âge de 16 mois : $\omega_0 = 0$, $\sigma = 12$ jours, $y_0 = 63,5$; crête inconditionnée = 61,5 mm (Gros et Walter).

Évidemment ces deux résultats peuvent être portés sur la même courbe réduite $Y = (1 + \tau) e^{-\tau}$ en faisant le changement de variables signalé plus haut.

2° A l'origine, la vitesse est négative, $t = 0$, $\omega_0 < 0$,

$$y = [y_0 + (\omega_0 + y_0)\tau] e^{-\tau}, \qquad \theta = \frac{\omega_0}{\omega_0 + y_0}, \qquad \sigma = 1 + \theta;$$

le maximum théorique de la courbe $y_m = (\omega_0 + y_0) e^{-\theta}$.

Deuxième exemple. — y évalué en mm, t et σ en jours.

Valeurs expérimentales (E) *et valeurs calculées* (C) *des longueurs totales des crêtes.*

t	0.	7.	14.	21.	28.	35.	42.	56.	71.
E	110	101	94	85	80	74	66	64	60
C	110	102	94	85	79	73	69	64	60

Coq n° 3 (Pézard), castré le 20 mars 1912 : $\omega_0 = 1,19$, $\sigma = 16$ jours, $y_0 = 52$; crête inconditionnée = 58 mm.

t	0.	7.	14.	21.	28.	35.	42.	49.	56.	63.	70.
E	94	86,5	78,5	70,5	64	60,5	57,5	56	54,5	53	52
C	94	86,5	78,5	71	64,5	60	56,5	54,5	53,5	52	51,5

Coq D 83, castré au temps zéro à l'âge de 4 mois : $\omega_0 = 0,3$, $\sigma = 12$ jours, $y_0 = 43$; crête inconditionnée = 51 mm (Benoit).

Courbe réduite $Y = y/y_m = [1 + \tau - \theta]e^{-(\tau-\theta)}$ de même type que (5).

Conclusion. — La crête du Coq, dans son involution après castration, obéit à l'*équation réduite de l'amortissement critique;* celle-ci introduit donc en biologie un exemple de la notion des états correspondants, signalés par P. Curie en mécanique et électricité; en thermodynamique par Van der Wals.

BIOLOGIE. — *Nécessité de l'acide ascorbique pour l'acclimatation du Singe (Rhesus) au froid.* Note de MM. **Louis-Paul Dugal** et **Guy Fortier**, présentée par M. Robert Courrier.

Dugal et Thérien (¹), (²) ont montré que chez les petits mammifères, tels le Rat blanc et le Cobaye, l'acide ascorbique joue un rôle capital dans la lutte contre le froid. Cette vitamine, en effet, administrée à fortes doses, accélère l'acclimatation et augmente la résistance de ces petits animaux aux basses températures, les degrés d'acclimatation et de résistance étant basés respectivement sur les courbes de croissance et le pourcentage de survie.

Notre but, en entreprenant le présent travail chez le Singe (*Mac acus rhesus*), était d'abord d'obtenir la confirmation, cette fois chez un mammifère de taille beaucoup plus grande, du rôle essentiel de l'acide ascorbique dans les phénomènes d'adaptation au froid. Nous voulions aussi trouver d'autres critères plus quantitatifs et surtout plus universels, susceptibles de nous permettre de juger objectivement du *fait* et du *degré* d'acclimatation au froid, *même*

(¹) *Can. J. Research*, 25, 1947, p. 111.
(²) *Proc. Can. Physiol. Soc.*, 12 th meeting, 1947.

chez des sujets adultes, sans avoir pour cela à sacrifier nos animaux. De tels critères, on le conçoit bien, nous permettraient plus tard d'étudier le même phénomène chez l'Homme.

Nous avons donc procédé de la façon suivante : nous avons mesuré, à l'aide de couples thermoélectriques les chutes de température rectale et intramusculaire chez des singes à jeun et immobiles, exposés 2 h durant à une température de — 20° C; les singes observés dans ces conditions provenaient de trois groupes différents, traités ainsi :

1° ceux du groupe I, au nombre de onze, étaient constamment gardés à température normale (20° C) et nourris à la moulée commerciale Purina « Dog-Chow »; de plus, ils recevaient 25 mg par jour, par voie buccale, d'acide ascorbique, quantité bien suffisante dans les conditions ordinaires;

2° ceux du groupe II, huit en tout, recevaient exactement le même régime que le groupe précédent et la même quantité quotidienne de vitamine C, mais étaient gardés dans une chambre froide à + 10° C pendant au moins six mois, avant d'être soumis aux expositions à — 20° C;

3° enfin, les cinq singes du groupe III étaient aussi gardés à la même température froide modérée que le groupe II et dans les mêmes conditions, mais recevaient chaque jour 325 mg d'acide ascorbique.

Les individus de ces trois groupes étaient tous des adultes, de sexe mâle; nous les avons tous soumis, au moins deux individus de groupe différent à la fois, plusieurs fois chacun, mais jamais plus d'une fois par semaine à une température de — 20° C pendant 2 h.

Non contents de comparer les résultats obtenus chez les groupes traités différemment, nous avons en plus varié les traitements chez cinq individus exposés au froid modéré de + 10° C : à trois d'entre eux, nous avons donné pendant six mois le traitement du groupe III, c'est-à-dire 325 mg d'acide ascorbique par jour, et aux deux autres, pendant le même temps, 25 mg, c'est-à-dire le traitement du groupe II; nous avons à ce moment fait une série d'expériences à — 20° C sur chacun des cinq individus; puis nous avons interverti les traitements, pendant trois mois, donnant aux trois premiers individus le traitement du groupe II, et aux deux derniers, ceux du groupe III et nous avons alors entrepris une nouvelle série d'expériences à — 20° C sur les mêmes individus. Cette façon de procéder nous a donc permis de comparer la résistance à — 20° C de cinq individus gardés constamment à + 10° C et recevant 25 mg par jour d'acide ascorbique, à celle des mêmes cinq individus gardés à la même température et recevant 325 mg par jour de la même substance. Dans trois des cinq cas, la forte dose d'acide ascorbique a précédé la faible dose, et dans les deux autres, ce fut l'inverse.

Nos résultats indiquent clairement que les singes pré-exposés à un froid modéré de 10° C et recevant 25 mg par jour d'acide ascorbique, ne résistent

pas mieux à un froid intense de — 20° C que les témoins gardés à température normale. Ce résultat est contraire à ce qui a été trouvé chez les petits mammifères capables de faire la synthèse de l'acide ascorbique, v.g. chez le Rat (3).

Par contre, les singes pré-exposés pendant la même période au même froid modéré, mais recevant 325 mg par jour d'acide ascorbique ont une résistance bien meilleure que les deux autres groupes lorsqu'ils sont soumis dans les mêmes conditions au même froid intense. Tous ces résultats, basés sur des comparaisons faites entre les divers groupes, ou sur les mêmes individus traités différemment, sont tous statistiquement hautement significatifs.

D'autres essais se font actuellement pour voir l'effet de fortes doses d'acide ascorbique sur la résistance à — 20° C de singes gardés à température normale. Les quelques essais faits jusqu'ici ne semblent pas montrer d'effet favorable de la vitamine C dans ces conditions.

Conclusions. — 1° Chez le Singe, une longue exposition à un froid modéré n'augmente pas la résistance à un froid intense, si cet animal ne reçoit que 25 mg par jour d'acide ascorbique, dose pourtant plus que suffisante dans les conditions normales.

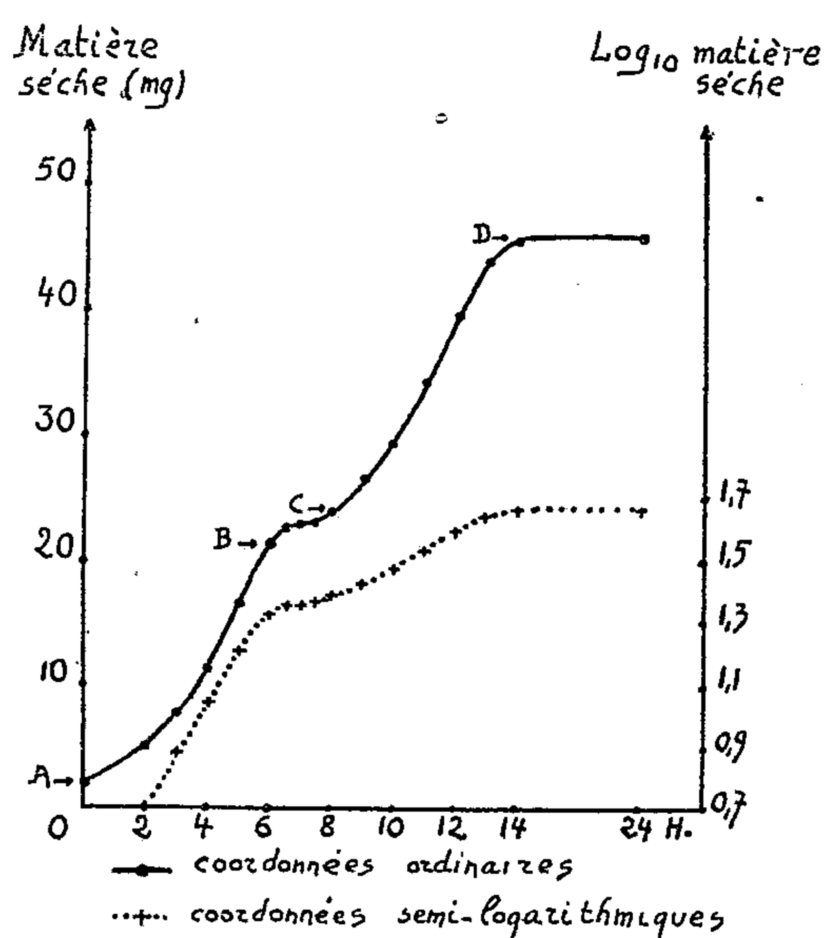
2° Cependant, chez le même animal gardé dans les mêmes conditions de température, un apport quotidien de 253 mg d'acide ascorbique favorise nettement l'acclimatation et la résistance au froid.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La production d'alcool et le rendement de croissance de la levure de boulangerie cultivée en aérobiose.* Note de MM. **Jean-Paul Aubert**, **Maurice Lemoigne** et Mlle **Jacqueline Millet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La production d'alcool par la levure, en relation ou non avec la quantité de levure formée, a été, depuis Pasteur, à l'origine de nombreux travaux. Des contradicteurs de la théorie pastorienne ont affirmé naguère que l'oxygène n'empêche pas l'accumulation de l'alcool au cours de la croissance, mais on a réussi par la suite à éviter cette accumulation et les recherches d'enzymologie ont conclu à l'inhibition de la fermentation par l'oxygène. Toutes ces études, malgré leur valeur, ne sont cependant pas exemptes de critiques : avec les levures proliférantes les expériences sont le plus souvent peu précises, avec les levures non proliférantes et les extraits enzymatiques, le choix d'une méthode qui simplifie le phénomène, restreint par là-même la portée des conclusions.

(3) F.-A. Sellers et S.-S. You, *Proc. Can. Physiol. Soc. Rev. Can. Biol.*, 10, 1951, p. 86.

Cette question a été reprise avec des levures proliférantes en travaillant d'une manière aussi rigoureuse que possible. La levure employée est une souche de *Saccharomyces cerevisiæ* [1], le milieu chimiquement défini (pH 6,0) est réparti à raison de 50 ml dans des fioles coniques de 1 l constamment agitées à 30°. Aucun facteur autre que l'épuisement du substrat carboné ne modifie l'allure exponentielle de la croissance.



Résultats. — 1° *Expérience de base.* — La figure représente une croissance totale lorsque la concentration initiale en glucose est environ de 0,2 %.

Cette courbe de diauxie comprend plusieurs parties.

La branche AB représente la croissance sur glucose, le taux de croissance (nombre de divisions par heure) (μ) est 0,55, le rendement apparent (matière sèche formée/glucose consommé) (R) est constant et égal à 0,17; il se forme de l'alcool qui s'accumule et la quantité de glucose transformée en alcool représente les 3/4 de la quantité totale métabolisée. En B il n'y a plus de glucose et la branche BC marque un ralentissement, voire un arrêt de la croissance.

La branche CD représente la croissance sur alcool ($\mu = 0,20$), le rendement sur alcool déterminé d'autre part étant environ de 0,40, R augmente régulièrement et atteint en D la valeur 0,37, alors que tout l'alcool est consommé.

---

[1] Souche « Boulangerie II » (diploïde) provenant du laboratoire du Docteur Ephrussi.

2° *Influence de la concentration initiale en glucose* (c). — L'augmentation de c n'influe pas sur le résultat des analyses, mais son abaissement détermine une diminution de μ, rapproche le palier de la courbe du sommet et R augmente. Pour $c = 0{,}02$ %, la diauxie disparaît, il n'y a plus formation d'alcool, $\mu = 0{,}30$ et $R = 0{,}56$.

3° *Influence de l'aération*. — Sans modifier le reste du dispositif expérimental, l'aération est augmentée par barbotage d'oxygène. La variation du débit de 1 l à 50 ml : mn n'influe pas sur les résultats : sur la branche AB de la courbe, μ est plus faible que dans l'air (0,3), $R = 0{,}19$ et 40 % seulement du sucre métabolisé sont transformés en alcool. La diminution de l'intensité de la fermentation est accompagnée d'une augmentation de l'intensité des échanges respiratoires. En cultivant les levures dans des cupules de Warburg, on trouve que pour former 1 mg de levure sèche, il faut dans l'air 500 μl d'oxygène et dans l'oxygène 1100 μl.

Conclusion. — L'effet Pasteur n'est pas un phénomène de tout ou rien, puisque dans des conditions d'aération relativement intense, surtout pour des cultures d'aussi faible densité, la formation d'alcool est extrêmement élevée. La constance du rendement sur la branche AB de la courbe implique que cette formation est quantitativement liée à la synthèse de la matière vivante.

S'il est facile de supprimer la fermentation aérobie en abaissant la concentration en glucose, il est pratiquement impossible de le faire en augmentant l'aération quand cette concentration est élevée. La levure présente donc un déséquilibre entre la glycolyse et la synthèse qui se traduit par une forte accumulation d'alcool dans les conditions d'aération les plus favorables à la croissance, ou par une augmentation de l'intensité des échanges respiratoires quand un excès d'oxygène freine à la fois la fermentation et la croissance.

La notion de rendement n'a pas ici une signification simple. Dans la présente Note, l'analyse de cette notion ne pourra pas être poussée très loin et nous remarquerons seulement que dans les conditions de l'expérience de base le rendement global (0,37) est la résultante du rendement apparent sur glucose (branche AB de la courbe) (0,17) et du rendement sur alcool (0,40). Pour une même concentration en glucose, l'augmentation de l'aération par insuflation d'oxygène n'influe pas sur le rendement apparent, et diminue le rendement global, par suite de la plus faible formation d'alcool. Le seul moyen trouvé dans nos expériences d'augmenter les deux rendements est de diminuer la concentration initiale en glucose.

Signalons enfin que l'utilisation de l'alcool comme aliment peut être à l'origine de fausses interprétations relatives au rendement et à l'influence de l'aération si les analyses ne sont pas suffisamment rapprochées.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'époxyde de vitamine* A_1.
Note de M. **René Mallein**, présentée par M. Maurice Javillier.

Cet époxyde a été préparé par réduction de l'époxyde de rétinène$_1$ déjà obtenu par Meunier, Mallein et Jouanneteau (1). La forme furannoïde de cet époxyde obtenue par action de HCl concentré présente exactement les propriétés spectrales de l'hépaxanthine de Karrer. Ce corps possède environ le 25e de l'activité de la vitamine A elle-même.

La préparation et l'identification de l'époxyde-5.6 du rétinène$_1$ (1), (2) nous a conduit à envisager le problème de la structure de l'époxyde de vitamine A_1.

En effet, Karrer et Jucker (3), (4), par oxydation perphtalique de l'axérophtol, avaient obtenu un époxyde de vitamine A_1 identique à l'hépaxanthine, caroténoïde retiré par eux d'huile de foie de poissons. Ce corps présentait dans l'ultraviolet un maximum d'absorption à 275 mμ et, dans $SbCl_3$ en solution chloroformique, une coloration violette à un maximum 570-500 mμ faisant place en une minute environ à une coloration bleue à maximum 620 mμ.

Mais la structure de l'époxyde de vitamine A de Karrer était incertaine. Selon Milas (5), le maximum à 275 mμ serait un peu bas et devrait se trouver à 285-290 mμ du fait de la présence de quatre doubles liaisons dans la molécule, Swern (6) ayant montré que l'acide perphtalique attaque les doubles liaisons bitertiaires à une plus grande vitesse que n'importe quel autre type de double liaison, ce qui fixerait le pont époxydique au noyau β-ionone. La réduction de l'époxyde-5.6 du rétinène$_1$ par l'hydrure d'Al et de Li en solution dans l'éther (7) nous a conduit à un corps absorbant à 285 mμ dans $CHCl_3$ et fournissant avec $SbCl_3$ une coloration violette virant *instantanément* au bleu avec une bande unique à 620 mμ.

Nous considérons ce corps comme le véritable époxyde de la vitamine A_1

---

(1) P. Meunier, R. Mallein et J. Jouanneteau, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949, p. 965-969.

(2) P. Meunier, R. Mallein, J. Jouanneteau et G. Zwingelstein, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 33, 1951, p. 306-311.

(3) *Helv. Chim. Acta*, 28, 1945, p. 717.

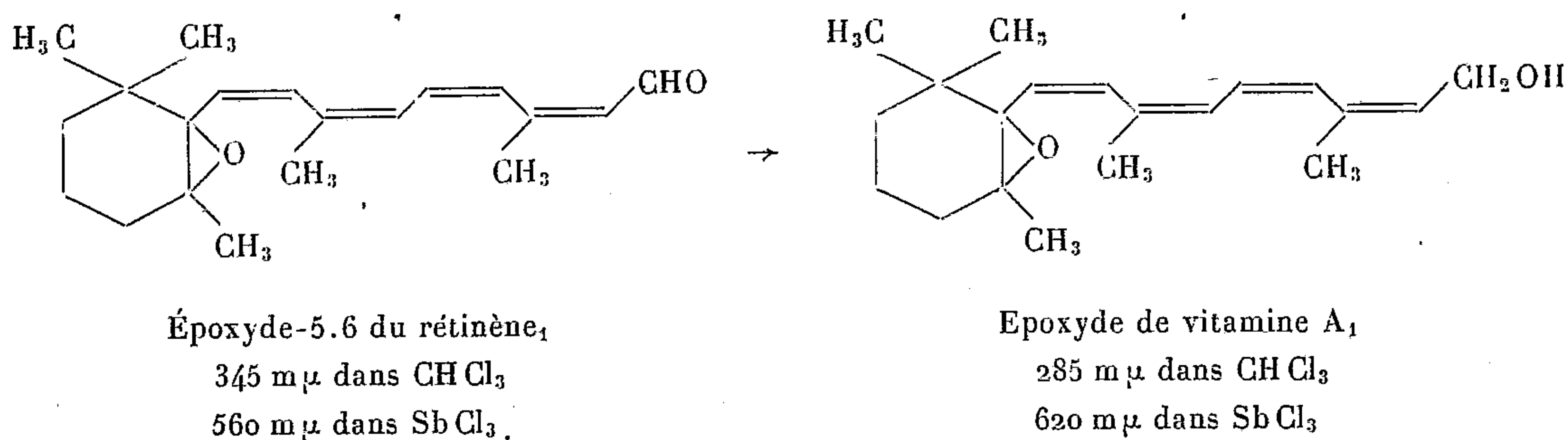
(4) *Helv. Chim. Acta*, 30, 1947, p. 559.

(5) *Vitamins and Hormons*, 1948, p. 15.

(6) *J. Amer. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 1692 [cité par Milas (5)].

(7) *Contribution à l'étude des époxydes de rétinène$_1$ et de vitamine* A_1 (*Thèse Doctorat ès Sciences*, Lyon, 1951).

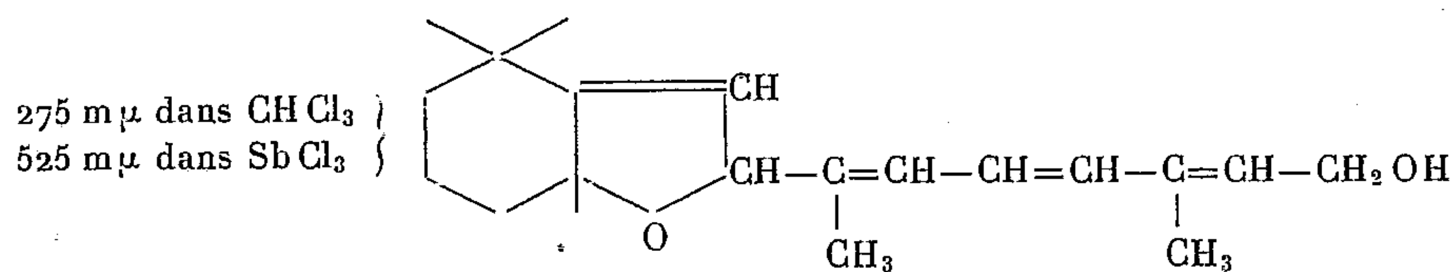
et lui assignons la formule suivante :



Époxyde-5.6 du rétinène$_1$
345 mμ dans CH Cl_3
560 mμ dans Sb Cl_3.

Epoxyde de vitamine A_1
285 mμ dans CH Cl_3
620 mμ dans Sb Cl_3

Cependant Karrer ([8]) avait montré la grande aisance avec laquelle les époxydes de caroténoïdes en C_{40} se transforment en leur isomère furannique sous l'action d'HCl, sans toutefois envisager cette possibilité pour ses préparations d'époxyde de vitamine A, en C_{20}. Nous avons pu réaliser le passage de l'époxyde de vitamine A_1 en son isomère furannique ([7]) en traitant l'époxyde de vitamine A_1 en solution chloroformique par quelques gouttes de ClH concentré. Après 3 mn environ, on constate un déplacement spectral de 285 → 275 mμ. La réaction du SbCl_3 fournit alors une coloration violette stable avec un maximum à 575 mμ. C'est l'isomère furannique de l'époxyde de vitamine A_1 qui répond à la formule suivante :



L'identité de l'absorption à 275 mμ de ce corps et de l'époxy-vitamine A ou hépaxanthine de Karrer nous fait attribuer à ce dernier la structure de l'isomère furannique de l'époxyde de vitamine A_1. Le fait que Karrer ait trouvé dans SbCl_3 en solution chloroformique un maximum à 575-580 mμ puis à 620 mμ après une minute semble montrer la présence simultanée de l'époxyde de vitamine A_1 et de son isomère furannique dans les préparations obtenues.

L'époxyde de vitamine A_1 administré au Rat blanc carencé présente une activité vitaminique 20 à 25 fois plus faible que celle de la vitamine A_1 elle-même ([7]). Ce corps perd son oxygène dans l'organisme du Rat et est stocké par le foie à l'état de vitamine A_1 comme l'époxyde de rétinène lui-même ([9]).

([8]) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 28, 1946, p. 695.

([9]) P. Meunier et R. Ferrando, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949, p. 227-230.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le mécanisme de l'oxydation de l'acide L-ascorbique.* Note de MM. **Étienne Géro** et **Pierre Le Gallic**, présentée par M. Maurice Javillier.

La cinétique de l'oxydation de l'acide L-ascorbique catalysée par les ions Cu^{++}, est celle d'une réaction monomoléculaire. Une seule molécule d'acide ascorbique réagit avec un seul ion Cu^{++}. L'oxydation comporte donc deux étapes, chacune correspondant au départ d'un H. Le comportement des solutions partiellement oxydées vis-à-vis de l'indophénol et du bleu de méthylène permet de conclure qu'il y a formation d'un composé intermédiaire.

L'action catalytique des traces d'ions Cu^{++} sur l'oxydation de l'acide ascorbique est bien connue depuis les premiers travaux sur cette vitamine. Nous avons étudié la cinétique de cette réaction sur des solutions aqueuses à pH 7, renfermant M/4000 d'acide L-ascorbique et abandonnées à l'air (à $19° \pm 0°10$ C), en titrant vis-à-vis du 2,6 dichlorophénol-indophénol, le pouvoir réducteur de ces solutions. Nos résultats satisfont à la loi des réactions monomoléculaires (*voir le tableau*). La constante cinétique E est exprimée par la relation : $E = 2{,}30\,(1/t . Cu^{++}) \log_{10}(x_0/x) = \text{const.}$, où t est le temps en minutes, où Cu est la concentration molaire en ions Cu^{++}, où x_0 et x représentent les pouvoirs réducteurs vis-à-vis de l'indophénol aux temps t_0 et t, exprimés en mol d'acide ascorbique. La relation E n'est bien vérifiée que si, par un barbotage d'air, l'on maintient la concentration de l'oxygène dissous à un niveau voisin de la saturation.

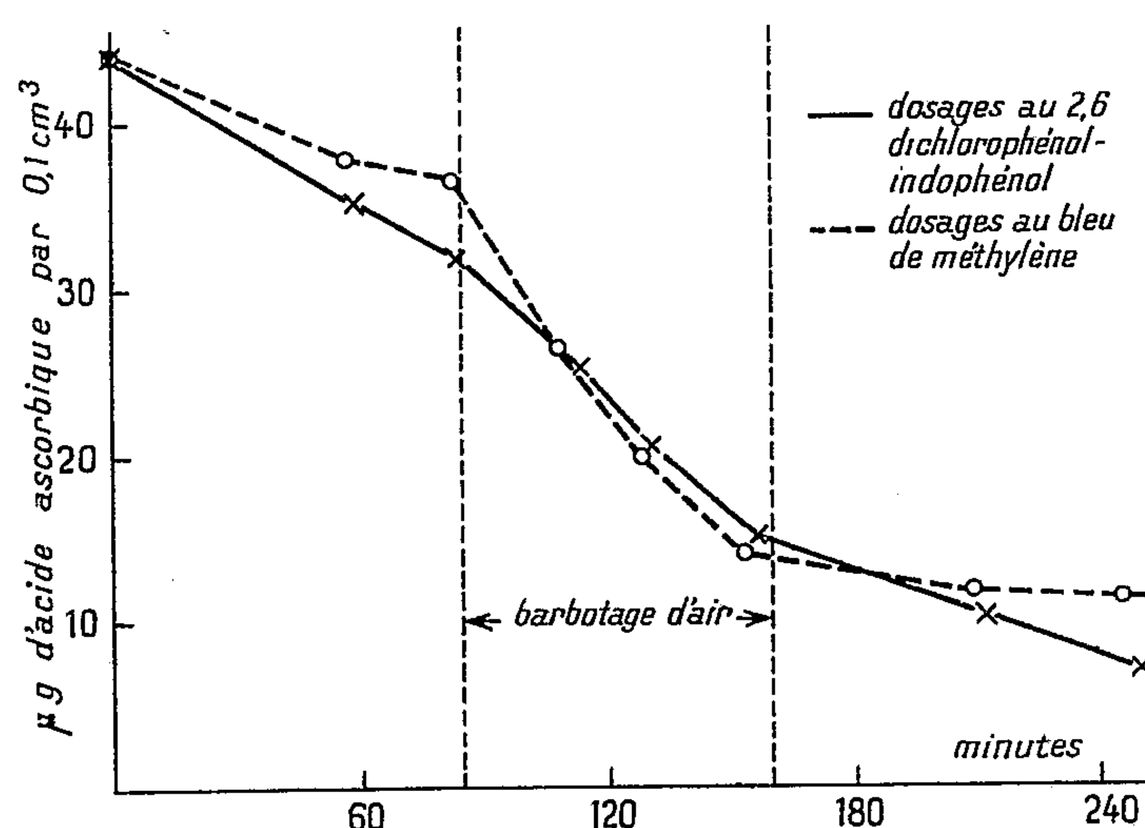
$Cu = 0{,}292 . 10^{-6}$ m.			$Cu = 0{,}488 . 10^{-6}$ m.			$Cu = 0{,}788 . 10^{-6}$ m.		
t (mn).	$\log_{10} \frac{x_0}{x}$.	$E . 10^{-3}$.	t (mn).	$\log_{10} \frac{x_0}{x}$.	$E . 10^{-3}$.	t (mn).	$\log_{10} \frac{x_0}{x}$.	$E . 10^{-3}$.
6.....	0,059	77,4	5,1...	0,082	77,3	1,25...	0,033	76,7
11.....	0,111	78,7	10,1...	0,163	76,8	2......	0,054	78,5
14,5...	0,144	78,7	15.....	0,240	75,2	6......	0,157	75,9
20.....	0,194	76,4						

Ces résultats expérimentaux, qui sont en accord avec les données publiées par A. O. Dekker et R. C. Dickinson ([1]), montrent que l'oxydation met en jeu une molécule d'acide pour un ion Cu^{++}; nous avons nécessairement une réaction du type : 1 acide ascorbique (AH_2) + 1 $Cu^{++} \rightarrow$ produit oxydé + Cu^{+} (réaction I). E. S. Barron, R. H. de Meio et F. Klemperer ([2]) ont montré que le produit final de cette oxydation réversible est l'acide déhydroascorbique (D) qui contient 2 H de moins que l'acide ascorbique, fait d'accord avec la consommation d'oxygène. Le produit oxydé (AH) qui figure dans cette réaction I

([1]) *J. Amer. Chem. Soc.*, **62**, 1940, p. 2165.
([2]) *J. Biol. Chem.*, **112**, 1936, p. 625.

contient seulement un H de moins que la vitamine C; par suite, l'oxydation complète de l'acide ascorbique en acide déhydroascorbique se fait en deux étapes, la première étape conduisant à un radical libre.

En 1936, N. Bezssonoff et M. Woloszyn ([3]), ont, les premiers, supposé l'existence d'une forme demi-oxydée de l'acide ascorbique. En 1938, A. Giroud et E. Géro ([4]) ont constaté que les solutions d'acide L-ascorbique partiellement oxydées par l'air en présence d'ions Cu^{++}, renferment des corps X qui, à



Évolution d'une solution d'acide L-ascorbique
0,25 M × 10^{-2} à pH 7.

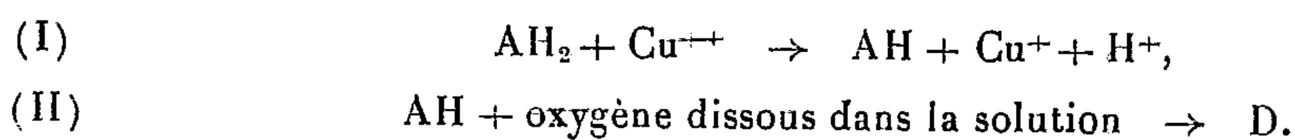
l'inverse de l'acide ascorbique, n'ont pas le même pouvoir réducteur vis-à-vis du 2-6 dichlorophénol-indophénol et du bleu de méthylène suivant Martini et Bonsignore ([5]). Nous avons répété cette expérience sur une solution aqueuse d'acide L-ascorbique M/400 à pH 7. Au début, l'air ne barbote pas dans la solution, et le pouvoir réducteur vis-à-vis du bleu de méthylène décroît plus vite que le pouvoir réducteur vis-à-vis de l'indophénol. Au moment où l'écart des mesures est suffisamment net, l'air est admis à barboter, et les pouvoirs réducteurs redeviennent égaux. Si le barbotage est arrêté, ces pouvoirs réducteurs diffèrent de nouveau, comme le montre le graphique. *Ces corps X sont donc oxydables par l'air.*

Étant relativement stables, ces corps réducteurs X ne sont pas le radical AH, mais sont vraisemblablement des molécules de formule $(AH)_2 \ldots (AH)_n$ ou bien les molécules dérivées de celles-ci.

([3]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 275.
([4]) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 21, 1939, p. 1022.
([5]) *Biochem. Zeits.*, 273, 1934, p. 170.

Quant à l'agent de l'oxydation ultérieure du radical AH en acide déhydroascorbique (D), il est fort probable que c'est l'oxygène lui-même. En effet, le potentiel d'oxydo-réduction du système Cu^{++}/Cu^{+} est insuffisant à oxyder l'acide ascorbique en acide déhydroascorbique dès que le pH s'abaisse au-dessous de 3,69, d'après les données de Ball (⁶) et de Wurmser (⁷).

Nous pouvons maintenant représenter l'ensemble de l'oxydation de l'acide ascorbique par les réactions suivantes :



(I) $AH_2 + Cu^{++} \rightarrow AH + Cu^{+} + H^{+}$,

(II) AH + oxygène dissous dans la solution $\rightarrow$ D.

Cette conception est en harmonie à la fois avec la cinétique de la réaction, la consommation d'oxygène et les potentiels d'oxydo-réduction des corps mis en présence.

L'oxydation de l'acide ascorbique catalysée par les ions Cu^{++} permet de doser, dans de l'eau, jusqu'à 0,1 micromol. d'ion Cu^{++}, soit 0,0063 μg de Cu par centimètre cube d'eau.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de la thyroxine sur l'hypertrophie rénale compensatrice arrivée au terme de son évolution. Étude biochimique.* Note de M. **Paul Mandel**, Mme **Liba Mandel** et Mlle **Monique Jacob**, présentée par M. Maurice Javillier.

Dans le phénomène d'hypertrophie rénale compensatrice (H. R. C.) consécutive à une néphrectomie unilatérale, on peut distinguer, grâce à l'étude de l'évolution des acides nucléiques, un processus rapide d'accroissement cytoplasmique et un autre plus lent de multiplication nucléaire [1]. Il a été également démontré qu'au stade initial de l'H. R. C. ces deux processus sont notablement stimulés par l'administration de thyroxine [2]. Devant ces faits, il nous a paru intéressant de rechercher si la thyroxine accélère seulement la vitesse de l'évolution spontanée de l'H. R. C., ou si elle donne lieu à un accroissement cytoplasmique et nucléaire supérieur à celui observé normalement. Autrement dit la question se pose de savoir si l'administration de thyroxine entraîne un gain tissulaire réel. C'est là un problème qui intéresse à la fois le biochimiste, le physiologiste et le médecin.

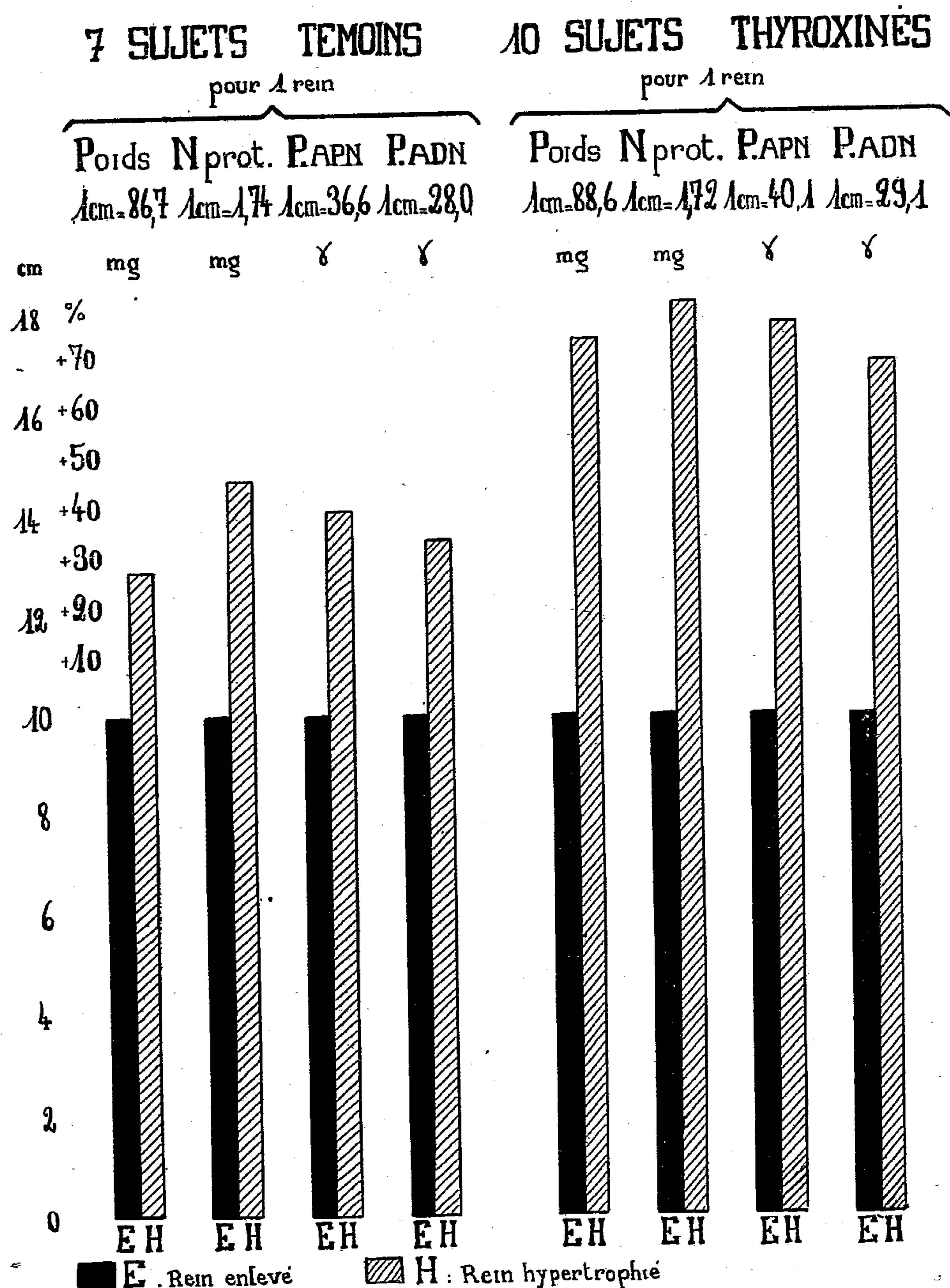
Nos essais ont porté sur 17 rats appartenant à quatre lots homogènes. Dans chaque lot, les animaux étaient du même sexe et d'une même portée.

(⁶) *J. Biol. Chem.*, 118, 1937, p. 219.

(⁷) *Oxydations et Réductions*, Paris, 1930, p. 238.

(¹) P. Mandel, L. Mandel et M. Jacob, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 786.

(²) P. Mandel, L. Mandel et M. Jacob, *C. R. Soc. Biol.*, 144, 1950, p. 1548.



Les données concernant les reins enlevés sont représentées uniformément par des colonnes en noir de 100 mm de hauteur, celles des reins restant hypertrophiés en hachuré. On trouve au-dessus des colonnes l'échelle adoptée identique pour le rein enlevé et pour le rein hypertrophié permettant de retrouver les valeurs expérimentales. La comparaison de la hauteur des colonnes indique ainsi les différences en pour-cent. Les différences, d'ailleurs faibles, entre les échelles des témoins et des sujets thyroxinés tiennent à une légère inégalité du poids initial moyen des animaux (3 % environ) des deux lots.

Tous les animaux ont subi une néphrectomie unilatérale. Deux mois après l'opération, c'est-à-dire au moment où l'H. R. C. est à son terme [1], 2 à 3 sujets de chaque lot, soit au total 10 sujets, ont reçu des injections de thyroxine à raison de 1 mg par jour durant 15 jours. Leurs frères et sœurs néphrectomisés ont servi de témoins de l'évolution normale de l'H. R. C. Tous les animaux ont été sacrifiés 75 jours après la néphrectomie. Comme dans nos recherches antérieures, dans lesquelles nous en avons donné les raisons [1], l'acide pentosenucléique (A. P. N.) et l'azote protéique nous ont servi de test de l'évolution de la masse cytoplasmique, l'acide désoxypentosenucléique (A. D. N.) de témoin de la multiplication de la masse nucléaire. Les techniques ont été celles employées antérieurement [1] et [2].

Les résultats de nos essais sont résumés dans le graphique ci-contre.

L'examen du tableau nous révèle que, sous l'effet de la thyroxine, l'accroissement de l'azote protéique, de l'A. P. N. et de l'A. D. N. au niveau du rein restant après la néphrectomie est respectivement de : + 80 %, + 100 %, + 70 %, contre + 50%, + 38% et + 35% chez les témoins. Il s'agit donc d'un gain de 60 % en ce qui concerne l'A. P. N. représentant biochimique du cytoplasme et de 35 % de l'A. D. N. représentant de la masse nucléaire.

En résumé, l'administration de la thyroxine au cours de l'H. R. C. favorise effectivement les phénomènes d'hypertrophie et d'hyperplasie appréciés par l'étude des acides nucléiques. Il ne s'agit pas d'une accélération de l'évolution spontanée, mais d'un gain tissulaire réel de l'ordre de 100 % par rapport à l'hypertrophie rénale compensatrice normale.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Données quantitatives sur la sécrétion d'acide formique par les fourmis*. Note de M. **Robert Stumper**, présentée par M. Maurice Caullery.

Dans la présente Note nous donnerons un aperçu d'ensemble sur les quantités absolues et relatives d'acide formique dosées dans les extraits aqueux des corps de 24 espèces de fourmis de la sous-famille des Camponotines. Nous en dégagerons ensuite les rapports éthologiques qui existent entre l'importance quantitative de cette sécrétion et le mode de combat de ces insectes. Le tableau suivant renseigne sur les poids moyens des fourmis-ouvrières examinées, les quantités absolues de HCOOH dosées par individu et les teneurs pour 100 de cet acide rapportées au poids de la fourmi. Les valeurs indiquées sont dans chaque cas des moyennes obtenues sur des nombres variables d'individus (entre 12 à 300). Pour certaines espèces, les déterminations ont été effectuées sur des fourmis provenant de plusieurs colonies différentes.

N°.	Espèce (ouvrière).	Provenance.	Poids moyen de l'ouvrière (mg).	Quantité d'acide formique par individu (mg).	Teneur % d'acide formique rapportée au poids de la fourmi (%).
1.	*Camponotus æthiops*...........	Tessin	12,1	0,12	1,0
2.	» »	Italie	15,6	0,15	1,0
3.	» *ligniperda*	Suisse	25,0	1,70	6,8
4.	» »	Luxembourg	43,8	3,14	7,2
5.	» *maculatus*.........	Tunisie	38,0	1,4	3,7
6.	» *thoracicus*.........	»	26,2	0,97	3,7
7.	*Cataglyphis bicolor*............	»	18,1	0,70	3,9
8.	» »	»	15,5	0,40	2,6
9.	*Colobopsis truncata* (ouvrière)..	Suisse	2,02	0,051	2,5
–	» » (soldat)	»	5,5	0,075	1,4
10.	*Formica rufa*. Nid 1...........	Luxembourg	10,0	1,3	13,0
11.	» » 2...........	»	11,0	2,0	18,0
12.	» » 3...........	»	12,0	1,70	14,3
13.	» » 4...........	»	13,8	1,99	14,5
14.	» » 5...........	»	14,6	1,89	13,1
15.	» » 6...........	»	14,8	2,47	16,7
16.	» » 7...........	»	15,4	2,99	19,4
17.	» » 8...........	»	15,7	2,60	16,6
18.	» » 9...........	»	16,2	2,72	16,8
19.	» » 10...........	»	18,5	3,63	19,6
20.	» » 11 (hiver !)...	»	20,1	2,24	11,1
21.	» » 12 (»)...	»	18,5	3,24	17,7
22.	» *rufo-pratensis*........	»	14,4	2,06	14,3
23.	» *pratensis*. Nid 1........	»	15,4	1,44	9,4
24.	» » 2........	»	15,8	1,17	7,4
25.	» » 3........	»	12,6	1,0	7,9
26.	» » 4........	»	16,7	1,15	6,9
27.	*Formica pratensis*. Nid 5........	Luxembourg	13,8	2,06	14,3
28.	» » 6........	»	10,0	1,2	12,0
29.	» *truncicola*............	»	11,0	0,42	3,8
30.	» »	»	12,8	0,65	5,1
31.	» *exsecta*...............	»	4,7	0,42	8,9
32.	» *pressilabris*...........	Suisse	5,4	0,30	5,6
33.	» *sanguines*............	»	9,1	0,58	6,4
34.	» »	Luxembourg	9,5	0,35	3,7
35.	» *fusca*................	»	3,9	0,14	3,6
36.	» »	»	2,3	0,075	3,3
37.	» *glebaria*..............	»	5,4	0,12	2,2
38.	» *rufibarbis*............	»	6,0	0,17	2,8
39.	» »	»	8,0	0,28	3,5
40.	» *cinerea*...............	Suisse	2,7	0,10	3,7
41.	» *picea*.................	Belgique	2,9	0,09	3,1

N°.	Espèce (ouvrière).	Provenance.	Poids moyen de l'ouvrière (mg).	Quantité d'acide formique par individu (mg).	Teneur % d'acide formique rapportée au poids de la fourmi (%).
42.	*Lasius alienus*	»	1,53	0,05	3,4
43.	» *niger*	Luxembourg	1,5	0,075	5,0
44.	» »	»	1,8	0,089	4,9
45.	» *flavus*	»	1,54	0,12	7,8
46.	» *fuliginosus*	»	2,73	0,06	2,2
47.	» »	Suisse	4,3	0,1	2,3
48.	*Plagiolepis pygmæa*	»	0,27	0,0045	1,7
49.	*Polyergus rufescens*	»	6,5	0,032	0,50

Si, en général, la sécrétion d'acide formique des femelles des fourmis est, en valeur absolue, identique ou plus abondante que celle des ouvrières, les teneurs relatives sont inférieures, car leur poids est un multiple de celui des ouvrières. Quant aux mâles, leur sécrétion d'acide formique est nulle et leur extrait aqueux accuse même une réaction alcaline nette ($pH \geqq 9$).

Les deux principaux organes de défense et d'attaque des fourmis dépourvues d'aiguillon et productrices d'acide formique (Camponotines) sont, d'un côté les mâchoires et de l'autre la vessie (incl. les glandes à acide formique), logées les premières dans la tête et les secondes dans l'abdomen. On peut constater un certain antagonisme tête-abdomen; les fourmis qui utilisent, comme moyens de combat, leurs mâchoires, sécrètent relativement peu de HCOOH; par contre, celles dont l'arme principale consiste dans leur sécrétion acide, en produisent le plus. Ainsi les fourmis capables de lancer leur acide à distance, — ce sont surtout la fourmi fauve des bois *Formica rufa* et la fourmi, apparentée des prés, *F. pratensis* — en contiennent jusqu'à 2 mg (et plus) par individu et leur teneur relative d'HCOOH atteint 20 % du poids de la fourmi. Par contre, les fourmis dont les mâchoires constituent l'arme principale ou exclusive, ne sécrètent que peu d'acide formique. Le cas extrême est réalisé par la fourmi esclavagiste, *Polyergus rufescens*, munie de fortes mâchoires en faucilles. Mais notre autre fourmi esclavagiste *Formica sanguinea*, très agressive et apparentée au groupe *F. rufa*, corrobore aussi cette constatation.

Entre ces deux extrêmes, se placent la majorité des autres fourmis, qui utilisent simultanément mâchoires et glande à acide formique, soit qu'elles lâchent en état d'irritation une fine gouttelette de HCOOH, soit qu'elles tâchent d'introduire, en recourbant leur abdomen en avant, un peu d'acide dans les morsures produites par leurs mâchoires. On peut noter également que les espèces plutôt pacifiques ou timides ne produisent que peu d'acide

formique, ce qui est aussi le cas pour les soldats de *Colobopsis truncata*, d'un tempérament plutôt flegmatique. Notons encore que les relations entre le polymorphisme des ouvrières d'une espèce et la production d'acide formique sont complexes et variables.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude de la viscosité des solutions diluées de désoxyribonucléate de sodium.* Note de M. **Jean Pouyet**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Les valeurs jusqu'ici données pour la viscosité intrinsèque des solutions d'acide thymonucléique sont erronées par suite de l'effet d'orientation moléculaire. On donne ici les valeurs correctes mesurées à gradient de vitesse nul. Ces valeurs sont indépendantes de la concentration en NaCl. Il en est donc de même de la forme et des dimensions de la particule d'A. T. N.

Nous avons étudié deux types de solutions : les unes, désignées par S V contiennent du thymonucléate de sodium préparé par la méthode de Mirsky et Pollister, avec adjonction de fluorure de Na, les autres, désignées par S VIII contiennent du thymonucléate préparé par la même méthode, mais en présence de citrate de soude ([1]).

Les échantillons ont été préparés par H. Schwander à l'Université de Berne et nous ont été offerts par le Professeur R. Signer, Directeur de l'Institut de Chimie de cette Université.

Des observations antérieures ayant montré que la viscosité de ces solutions, mesurée au capillaire, dépendait de la vitesse d'écoulement ([2]), nous avons repris les mesures à l'aide d'un viscosimètre de Couette à des gradients de vitesse suffisamment faibles (généralement égaux à $0,246\,s^{-1}$) pour que les solutions ne présentent plus d'effet d'orientation.

Nous nous sommes proposé de comparer les résultats obtenus sur des solutions faites dans l'eau distillée et sur des solutions contenant 10 % de chlorure de sodium et qui sont toutes par conséquent à un pH voisin de la neutralité.

1° Nous avons observé, comme il est bien connu ([3]), que les solutions chlorurées ont, à concentration égale en thymonucléate, une viscosité inférieure à celle des solutions dans l'eau pure. De plus, alors qu'aux plus fortes dilutions utilisées ($1.10^{-5}\,g:cm^3$ pour S V, $5.10^{-6}\,g:cm^3$ pour S VIII),

---

([1]) A. E. Mirsky et A. W. Pollister, *J. Gen. Physiol.*, 36, 1946, p. 117; R. Signer et H. Schwander, *Helv. Chim. Acta*, 32, 1949, p. 853; H. Schwander et R. Signer, *Helv. Chim. Acta*, 33, 1950, p. 1521.

([2]) G. Vallet et H. Schwander, *Helv. Chim. Acta*, 32, 1949, p. 2508.

([3]) Hammarsten, *Bioch. Z.*, 144, 1924, p. 383; J. P. Greenstein, *J. Nat. Cancer Inst.*, 1, 1940, p. 77.

les solutions en eau pure se comportent comme un liquide normal, il n'en est plus de même pour des dilutions plus faibles : au-dessus des concentrations de l'ordre de 2.10^{-5} g : cm³ pour S V et 1.10^{-5} g : cm³ pour S VIII, les solutions dans l'eau pure semblent présenter des propriétés thixotropiques qui se marquent par l'existence d'un couple de torsion d'abord considérable quand la cuve de l'appareil est mise en rotation, et qui décroît lentement vers une limite bien stable au bout d'un certain temps. C'est la viscosité correspondant à cette limite qui figure dans les tableaux numériques.

Au contraire, dans tout l'intervalle de concentrations étudiées, les solutions chlorurées se comportent comme des liquides normaux.

2° Nous donnons ci-dessous les valeurs de la viscosité spécifique pour les solutions S V et S VIII, avec et sans chlorure de sodium : $t° = 25°$, $G = 0,246\ s^{-1}$.

	η_{sp}. H_2O.		η_{sp}. NaCl 10 %.	
c (g : cm³).	S V.	S VIII.	S V.	S VIII.
5.10^{-6}	–	0,03	–	–
1.10^{-5}	0,022	0,067	–	–
2 »	0,076	0,165	0,032	0,114
3 »	–	0,293	–	–
4 »	0,362	0,685	0,063	0,223
6 »	0,808	–	0,092	0,346
8 »	–	–	0,132	0,480

Nous en tirons les conclusions suivantes :

a. La viscosité spécifique des solutions dans l'eau pure augmente très rapidement en fonction de la concentration, alors qu'il n'en est pas de même dans les solutions chlorurées;

b. La viscosité intrinsèque $[\eta]$, c'est-à-dire la limite du rapport η_{sp}/c quand $c \to 0$ pour un même échantillon, est indépendante de la teneur en chlorure de sodium.

On trouve que :

$$\text{pour S V : } [\eta] = 1550 \text{ C. G. S.}; \qquad \text{pour S VIII : } [\eta] = 5700 \text{ C. G. S.}$$

c. Les solutions salines ou non d'une même espèce de thymonucléate de sodium ayant la même viscosité intrinsèque, la forme et la dimension des macromolécules ne sont pas modifiées par l'introduction du chlorure de sodium (⁴). Il s'ensuit que l'on ne peut imaginer que la molécule de thymonucléate en solution soit une chaîne polyélectrolyte tendue par les forces de répulsion électrostatique des charges que portent ses chaînons, comme c'est

(⁴) Une semblable conclusion avait déjà été annoncée, mais à partir des mesures moins sûres par A. WISSLER, *Thèse*, Berne, 1940.

le cas par exemple des polyacrylates ([5]). On doit donc attribuer à cette molécule la forme d'un bâtonnet rigide.

Les fortes différences entre les viscosités en solution saline ou non, de même que le phénomène signalé en premier sur les solutions dans l'eau pure, doivent être attribuées à l'existence de forces d'interaction électrostatiques, considérables dans les solutions aqueuses et qui sont très fortement réduites par l'introduction d'électrolytes.

Ces conclusions sont en accord avec celles que l'on tire des résultats obtenus par H. Schwander à partir des mesures de biréfringence d'écoulement sur ces mêmes solutions ([6]).

PHARMACODYNAMIE. — *Sur le mode d'action des hyperthermisants chimiques chez les petits rongeurs.* Note de M. **Joseph Sivadjian**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les petits rongeurs de laboratoire, Souris, Rats, Cobayes, sont considérés en général comme de mauvais sujets d'expériences pour l'étude des agents chimiques hyperthermisants. En effet, ces agents restent souvent inefficaces ou ne manifestent qu'une faible efficacité chez ces animaux ([1]). On attribue cette variabilité de l'action des hyperthermisants au développement rudimentaire du mécanisme thermorégulateur de ces mammifères. C'est ainsi que, d'après les auteurs, la β-tétrahydronaphtylamine produit constamment chez le Rat une action hypothermisante au lieu de fièvre, tandis que l'α-dinitrophénol et le bleu de méthylène provoquent tantôt de l'hyperthermie, tantôt de l'hypothermie.

Nous avons constaté nous-même cette action variable des agents pyrétogènes chimiques en étudiant la fièvre β-tétrahydronaphtylaminique chez le Cobaye, qui réagit cependant à l'α-dinitrophénol avec une hyperthermie constante et régulière ([2]). Au contraire, un dérivé voisin, le dinitro-4.6 cyclopentyl-2 phénol, étudié par Casier et ses collaborateurs ([3]) chez le Lapin, le Rat et la Souris, ne semble produire qu'un effet hyperthermique tout à fait négligeable ou même nul.

Nous avons donc repris nos recherches sur l'action hyperthermisante des nitro-dérivés chez le Cobaye, afin d'étudier le rôle de la fièvre provoquée dans

---

([5]) A. H. Aten Jr, *J. Chem. Physics*, 16, 1948, p. 636.
([6]) H. Schwander et R. Signer, *Helv. Chim. Acta*, 34, 1951, p. 1344.

([1]) J. Sivadjian, *Les fièvres et les médicaments antithermiques*, Paris, 1935, chap. III, p. 19.
([2]) Pour la bibliographie, *voir* J. Sivadjian, *loc. cit.*
([3]) *Arch. intern. Pharmacod.*, 50, 1935, p. 397; 55, 1937, p. 141.

la genèse et l'évolution des convulsions épileptiformes que nous avions mises en évidence chez cet animal traité par le chlorhydrate du diéthylamino-1 phénoxy-2 éthane ([1]).

En nous servant du dinitro-4.6 cyclopentyl-2 phénol comme agent hyperthermisant, nous avons constaté que ce corps produit quelquefois chez le Cobaye neuf une fièvre légère, mais souvent et surtout une chute de température importante, pouvant atteindre 2° C. Mais les injections suivantes, faites à quelques jours d'intervalle, deviennent de plus en plus efficaces et l'hyperthermie provoquée, de plus en plus élevée, atteignant même dans certains cas (n°s 3 et 4), 3°,5-4°,8 C.

Les injections ont été effectuées par voie sous-cutanée, à la dose de 20 mg de dinitrocyclopentylphénol par kilogramme, après avoir dissous le phénol dans quelques gouttes de soude, solution décinormale.

Voici quelques exemples :

Dates.	Cobaye n^os.	Poids (g).	Température du début (°C).	Température finale (°C).
21 mai	1	400	39,0	38,6
23 »			39,0	40,6
12 »	2	250	39,1	37,2
14 »			39,2	39,5
19 »			39,5	40,0
21 »			40,0	41,0
23 »	3	350	39,0	38,8
3 juin			39,5	43,2 (*exitus*)
9 »	4	500	39,6	39,2
12 »			39,4	39,6
25 »			39,8	43,0
27 »			39,2	44,0 (*exitus*)
23 »	5	400	39,0	40,0
3 »			39,8	40,7
9 »			39,4	39,6
12 »			39,2	39,8
25 »			39,9	41,3
27 »			39,5	41,2
9 »	6	300	39,6	38,2
12 »			39,2	40,0
25 »			39,5	41,0
27 »			39,5	40,4
9 »	7	350	39,4	38,7
12 »			39,3	40,0
25 »			39,5	41,0
27 »			39,5	41,0

([1]) J. Sivadjian, *C. R. Soc. biol.*, **124**, 1937, p. 1066; *Anesthésie et Analgésie*, **3**, 1937, p. 315.

Dates.	Cobaye nos.	Poids (g).	Température du début (°C).	Température finale (°C).
12 mai	8	450	39,2	40,0
14 juin			39,2	42,2
3 mars	9	400	38,9	39,5
5 »			39,1	42,0
9 »			39,4	41,4
14 mai	10	410	39,2	40,3
19 »			39,2	39,2
21 »			39,2	40,0
23 »			39,0	40,6

Les constatations que nous venons de signaler nous ont donc permis d'obtenir, après une période de préparation, des sujets d'expérience, avec un état pyrétique suffisamment élevé pour pouvoir étudier chez eux les modalités d'apparition des convulsions dans des conditions assez analogues à celles qui déclenchent les convulsions infantiles.

MICROBIOLOGIE. — *Séparation des réagines et des immobilisines tréponémiques des sérums par l'ultracentrifugation.* Note (*) de M. **Aron Vaisman** et Mlle **Annette Hamelin**, présentée par M. Gaston Ramon.

Les suggestions de M. Levaditi nous ont engagés à étudier les relations entre les « réagines » des réactions classiques utilisées au diagnostic de la syphilis d'une part, et les « immobilisines tréponémiques » de Nelson et Mayer (1) d'autre part. S'agit-il de principes identiques, ou bien d'éléments radicalement dissemblables, du point de vue de leur nature et de leurs propriétés biologiques ? Nous avons attaqué le problème sur le plan physique, en nous adressant à l'ultracentrifugation à grandes vitesses. La méthode utilisée (*voir* ci-dessous) a déjà été appliquée par V. Deutsch et I. Lominski (2), lesquels ont montré que les réagines se déposent plus rapidement que les protéines sériques normales, après une ultracentrifugation de sérums positifs, les transformant ainsi en sérums négatifs. Par ailleurs, Nelson, Diesendruck et Zheutlin (3) ont prouvé que, du point de vue biologique et chimique, les immobilisines doivent être considérées comme distinctes des réagines.

Technique. — Nous avons utilisé l'ultracentrifugeuse de Bardet, d'après le principe de Henriot et Huguenard. Le rotor contient six tubes de 9 mm

(*) Séance du 19 décembre 1951.

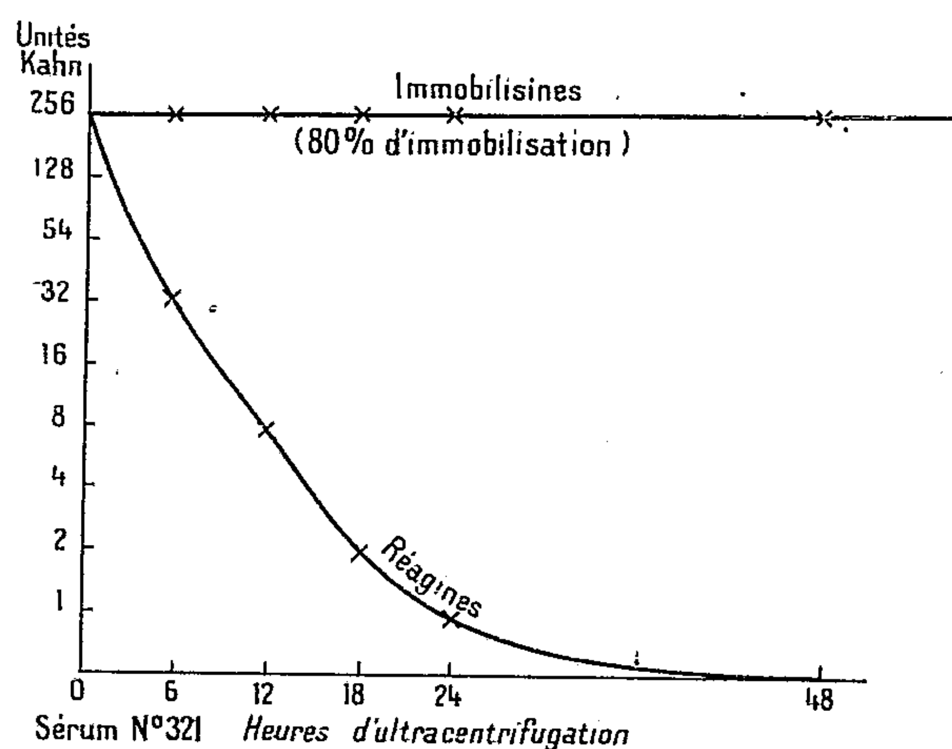
(1) *J. Exp. Med.*, 89, 1949, p. 369.

(2) *Bull. Acad. Méd.*, 118, 1937, p. 220.

(3) *Curr. Progr. Study Ven. Dis.*, 1949 (*Publ. Health Service, Fed. Sec. Agency*).

de diamètre et 21 mm de hauteur. Des sérums présentant des degrés de positivité variés à la sérologie classique et au test de Nelson, ont été soumis à une ultracentrifugation de 80 000 t : mn, pendant 6 à 48 h. Nous avons ensuite comparé le pouvoir immobilisant des sérums non centrifugés et des sérums ultracentrifugés, ainsi que leur teneur en réagines. De plus, nous avons titré les réagines dans le culot de centrifugation repris par l'eau physiologique. Les techniques sérologiques utilisées furent celles de Kahn et de Kline quantitatives, de Kolmer et Demanche qualitatives, et la réaction d'immobilisation des tréponèmes selon la technique de Nelson et Mayer, modifiée par Magnuson et Thompson (1).

Résultats. — 54 sérums ont été examinés, soit individuellement, soit en mélange. La courbe ci-dessous représente la sédimentation des réagines en fonction du temps d'ultracentrifugation; le titre de la réaction de Kahn passe de 256 à 0 après 48 h de centrifugation, tandis que le titre des immobilisines, initialement à 80 %, reste inchangé.



Le tableau ci-après fournit quelques autres exemples de la séparation des réagines et des immobilisines.

Il résulte de ces expériences que l'ultracentrifugation d'un sérum positif élimine en grande partie ou totalement les réagines syphilitiques de ce sérum. Cette action est en fonction de la durée de l'ultracentrifugation et la totalité des réagines se retrouve dans le culot de centrifugation. Au contraire, le pourcentage d'immobilisation des tréponèmes reste inchangé.

(1) *Voir* la bibliographie de : C. Levaditi, *La Presse Médicale*, 59, 1951, p. 1361 et A. Vaisman et A. Hamelin, *ibid.*, 59, 1951, p. 1418.

		Sérum non centrifugé.	Sérum ultracentrifugé pendant 24 h.	Culot de centrifugation.
Sérum n° 323.	Kahn........	24 unités	2 unités	24 unités
	Kline.......	4 »	1 »	4 »
	Nelson......	46 %	49 %	–
Sérum n° 322.	Kahn........	1 unité	0 unité	1 unité
	Kline.......	1 »	0 »	1 »
	Nelson......	59 %	56 %	–
Mélange des sérums nos 324 et 326.	Kahn........	24 unités	0 unité	24 unités
	Kline.......	8 »	1 »	8 »
	Nelson......	100 %	100 %	–

Conclusion. — Dans les conditions de nos expériences, il nous a été possible de séparer, par l'ultracentrifugation, les « réagines » des « immobilisines tréponémiques » dans les sérums syphilitiques. La différenciation entre ces deux principes, démontrée sur le plan chimique et biologique, se retrouve ainsi confirmée par une technique physique.

MICROBIOLOGIE. — *Sur des lésions testiculaires provoquées chez le Cobaye et chez le Rat par l'endotoxine typhique.* Note de MM. **Albert Delaunay** et **Guy Voisin** transmise par M. Gaston Ramon.

Nous avons montré, au cours d'un précédent travail ([1]), que l'on peut déterminer aisément chez le Cobaye d'importantes lésions testiculaires en injectant des mélanges constitués par un extrait testiculaire de Cobaye et des substances adjuvantes. Dans le même travail, nous avions également indiqué qu'à l'origine de ces lésions il nous paraissait difficile de mettre en cause uniquement des phénomènes d'hypersensibilité, car on pouvait les reproduire en injectant les substances adjuvantes isolées.

Quel est donc le mécanisme de ces lésions? Selon toute vraisemblance, elles doivent être considérées comme non spécifiques et elles méritent, à ce titre, d'être rapprochées des lésions du tissu lymphoïde dont l'apparition, comme on le sait, est fréquente en cas de stress. A cela, d'ailleurs, il n'y a rien d'extraordinaire, attendu que le testicule se caractérise, tout comme les organes lymphoïdes, par une activité cytopoïétique intense.

De tous les agents stressants, un des plus actifs est, sans conteste, l'*endotoxine typhique*. Par plusieurs communications ([2]), nous avons fait connaître nous-mêmes l'effet remarquable de cet extrait bactérien sur le tissu lymphoïde

---

([1]) *Ann. Inst. Pasteur*, **81**, 1951, p. 48.
([2]) *Ann. Inst. Pasteur*, **76**, 1949, p. 87, 203 et 314.

de la Souris et du Rat. Mais alors, notre attention n'étant pas encore attirée par le testicule, nous avions négligé de rechercher l'état de cet organe chez les animaux traités. Il nous a paru intéressant de combler cette lacune. Les nouvelles expériences ici présentées ont porté d'une part sur le Cobaye (animal qui nous avait déjà servi pour la première série de ces recherches) et sur le Rat (parce que celui-ci représente un sujet de choix pour qui se préoccupe de phénomènes de stress).

EXPÉRIENCES SUR LE COBAYE. — *Première série d'expériences.* — 20 cobayes mâles, pesant environ 300 g, ont reçu, par voie intrapéritonéale, 1 cm^3 d'une solution aqueuse d'endotoxine typhique (soit 2/10 de milligramme de produit). Moins de 2 h plus tard, tous les animaux étaient malades. Nous les avons sacrifiés, par section de la carotide, à différents moments : 5, 8 et 18 h après l'injection. Leurs testicules ont été prélevés, fixés dans le liquide de Duboscq-Brazil, enfin coupés et colorés par les méthodes histologiques classiques.

L'examen des lames nous a fourni les résultats suivants.

1° *Lésions tubulaires.* — Surtout marquées au bout de 8 h (18 h après l'injection, il n'est pas rare de noter déjà une réparation du tissu). Cellules de Sertoli : intactes. Spermatogonies : apparemment peu touchées. Spermatocytes et spermatides : détruits pour la plupart. Spermatozoïdes : éliminés. La lumière des tubes, comme celle de l'épididyme, n'est plus occupée que par des cellules immatures plus ou moins dégénérées avec noyaux énormes ou en état de pycnose, éosinophilie et hyalinisation du protoplasme.

2° *Réactions mésenchymateuses.* — Mis à part la congestion intense des capillaires, rien de net. Pas de diapédèse des polynucléaires. Parfois, mais très rarement, infiltrations périvasculaires de cellules rondes.

Seconde série d'expériences. — 10 cobayes mâles, de même provenance que les précédents, ont été éprouvés par deux injections d'endotoxine typhique (soit 2/10 de milligramme) faites à 24 h d'intervalle. Sacrifice des animaux, 48 h après la première injection. Testicules prélevés et traités comme ci-dessus.

Résultats. — Dans l'ensemble, nous avons trouvé sur les lames des *lésions tubulaires* moins intenses que celles que nous avions découvertes au bout de 8 h chez les Cobayes traités par une seule injection d'endotoxine. A côté de tubes altérés se trouvaient des tubes presque normaux.

Réactions mésenchymateuses : faibles. Dans quelques cas toutefois (surtout dans l'épididyme), nette infiltration de polynucléaires.

EXPÉRIENCES SUR LE RAT. — *Première série d'expériences.* — 40 rats mâles (60 g) ont reçu, par voie intrapéritonéale, 1 cm^3 d'une solution aqueuse d'endotoxine typhique (soit 4/10 de milligramme de produit). Animaux rapidement malades, sacrifiés (par asphyxie au gaz) au bout de délais divers : 3, 6, 8 et 24 h. *Testicules et organes lymphoïdes*, prélevés et traités comme ci-dessus.

Résultats. — 1° *Étude des testicules.* — *a. Lésions tubulaires.* — Le plus souvent considérables, notamment sur coupes du tissu prélevé 24 h après l'injection. Lésions comparables aux précédentes à cette remarque près que, chez le Rat, nous avons trouvé beaucoup plus souvent que chez le Cobaye, dans la lumière des tubes, des formations syncitiales arrondies, isolées, renfermant de nombreux noyaux plus ou moins dégénérés.

b. Réactions mésenchymateuses. — Toujours discrètes, hors la congestion vasculaire.

Étude du tissu lymphoïde. — Lésions nettes dans les ganglions, très nettes dans la rate, extrêmement nettes au niveau du thymus. Maximum : 24 h après l'injection. Nous avons donc ici été en mesure de confirmer pleinement nos précédentes observations.

Seconde série d'expériences. — 16 rats (60 g) traités par une injection quotidienne d'endotoxine (4/10 de milligramme) pendant trois jours. Sacrifice, le quatrième jour. Techniques histologiques habituelles.

Résultats. — *Dans le testicule,* lésions tubulaires indiscutables mais plutôt moins intenses que celles observées dans la première série d'expériences. Réactions conjonctives également peu marquées. *Tissu lymphoïde* : lésions pycnotiques relativement discrètes sur la plupart des préparations.

Conclusions. — 1° On peut déterminer chez le Cobaye et chez le Rat d'importantes lésions des tubes séminifères par l'injection d'une dose subléthale d'une endotoxine bactérienne.

2° Les lésions testiculaires provoquées chez le Cobaye par l'endotoxine sont histologiquement comparables à celles que nous avions provoquées chez le même animal avec des mélanges d'extrait testiculaire de cobaye et de substances adjuvantes.

3° Sur le mode de production des lésions en cause, nous reviendrons dans une Note prochaine. Mais nous voulons déjà signaler leur analogie avec les lésions qui apparaissent au même moment dans le tissu lymphoïde.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Contribution à l'étude du pouvoir encéphalitogène latent des souches vaccinales.* Note de MM. **Paul Nelis, Alphonse Lafontaine, Hubert Massa,** Mme **Suzanne Cleempoel** et M. **Félix Comer,** présentée par M. Gaston Ramon.

On sait, par les travaux de Levaditi et Nicolau ([1]) puis par ceux de Levaditi et Voet ([2]), Condréa, Hermann, Thomson et Buchbinder, Byl et Frenkel, Verlinde ([3]), que diverses souches de vaccin bovin offrent un potentiel encéphalitogène variable d'un échantillon à l'autre et l'on peut admettre que chaque souche de virus, même obtenue à l'état pur par isolement est constituée par des éléments corpusculaires E et M : E représentant les ultragermes à affinité marquée pour le tissu ectodermique proprement dit, M représentant les éléments d'affinité mésodermique. Dans le dermo-vaccin (vaccin bovin) les éléments E dominent; par contre, dans le neuro-vaccin et les vaccins exaltés, les éléments M auront la prédominance, c'est-à-dire que dans le premier, M aura un caractère récessif tandis que dans le second ce sera E qui aura ce caractère secondaire. Par un mécanisme sélectif, le caractère secondaire peut devenir dominant.

Nous avons repris les essais de Levaditi et de ses collaborateurs sur une

---

([1]) *Comptes rendus,* **173**, 1921, p. 870; **174**, 1922, p. 249; *C. R. S. B.,* **86**, 1922, p. 77, 233, 525, 910 et 986; *Ann. Inst. Pasteur,* **67**, 1923, p. 1.

([2]) *Comptes rendus,* **201**, 1935, p. 743.

([3]) Nous renvoyons pour la bibliographie à une étude ultérieure plus détaillée.

dizaine de souches provenant de l'Office Vaccinogène de l'État à Bruxelles et sur une souche prélevée chez un enfant ayant présenté une légère atteinte d'encéphalite post-vaccinale.

Nous voulions rechercher si la transformation d'une souche à affinité ectodermique en souche à affinité mésodermique ou neurotrope s'effectue de manière constante pour toutes ces souches et après une série de passages équivalente.

La technique employée a été celle décrite antérieurement ([4]).

Les résultats de ces essais sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Nos de la souche...	3495.	3514.	3513.	5116.	3523.	3526.	3528.	5104.	5108.	Pacco.
1er passage.....	O	O	O	O(HDC)	O	O	O	O	O	O(HDC)
2e »	O	O	O	+ 8 j	O	O	O	O	O	+ 7 j
3e »	O	O	O	+ 4 j	O(HDC)	O	O	O	O	+ 6 j
4e »	O(HDC)	O(HDC)	O	–	O	O(HDC)	O(HDC)	O(HDC)	O	–
5e »	+ 8 j	O	O(HDC)	–	O	O	O	O	O	–
6e »	+ 6 j	O	+ 8 j	–	+ 6 j	+ 7 j	O	+ 6 j	O	–
7e »	–	+ 7 j	+ 6 j	–	+ 6 j	+ 7 j	+ 5 j	+ 9 j	O	–
8e »	–	+ 6 j	–	–	+ 4 j	+ 6 j	+ 6 j	+ 7 j	O	–
9e »	–	–	–	–	–	–	–	+ 4 j	O	–
10e »	–	–	–	–	–	–	–	+ 6 j	O	–
11e »	–	–	–	–	–	–	–	+ 4 j	O	–
12e »	–	–	–	–	–	–	–	+ 4 j	O	–
13e »	–	–	–	–	–	–	–	+ 6 j	O	–
14e »	–	–	–	–	–	–	–	+ 3 j	+ 7 j	–
15e »	–	–	–	–	–	–	–	+ 6 j	+ 6 j	–

O indique une survie illimitée.
+ indique la mort de l'animal après X jours.
HDC indique l'apparition de caractères hémorragiques et dermonécrotiques de la pustule.

Nous constatons :

1° qu'en règle générale, c'est-à-dire pour sept souches (sur dix), l'exaltation apparaît entre le 5e et le 7e passage, c'est-à-dire que tous les animaux inoculés avec 1 cm^3 d'une émulsion au 1/50 par voie testiculaire meurent entre le 5e et le 10e jour, ce qui confirme les résultats obtenus avec la souche N. L ;

2° qu'une souche (5108) n'a montré d'exaltation qu'à partir du 14e passage ;

3° que par contre, deux souches (souche 3516 et souche Pacco) ont déjà atteint l'exaltation après deux passages : la souche Pacco provenait des pustules d'un enfant inoculé avec la souche 3516 et ayant présenté des signes d'encéphalite post-vaccinale ; cette souche 3516 a donné lieu à plusieurs accidents encéphalitiques.

Il est à remarquer que toutes les souches utilisées proviennent d'une même

([4]) P. Nélis et A. Lafontaine, *C. R. S. B.*, 142, 1950, p. 1450.

semence entretenue à l'Office Vaccinogène de l'État de la même façon depuis 30 ans.

Quant aux réactions dermiques, nous avons constaté qu'en général, le caractère hémorragique et dermonécrotique précédait nettement le caractère léthal: nous l'avons régulièrement observé de manière plus ou moins intense après le 3e et le 4e passage. Mais pour la souche 5108, le caractère léthal a précédé l'apparition des pustules hémorragiques et dermonécrotiques : les pustules cutanées, alors même que l'animal meurt régulièrement, depuis deux passages ont gardé un caractère normal. Cette remarque et les conditions rigoureuses d'expérimentation permettent d'écarter la contamination accidentelle de cette souche par une autre souche exaltée.

Conclusions. — 1° Pour dix souches examinées, toutes ont montré une possibilité de se transformer en souche encéphalitogène ;

2° Il est étonnant de constater que toutes ces souches provenant d'une même semence ont un pouvoir d'adaptation généralement semblable, mais parmi elles, certaines sont transformées très rapidement tandis que d'autres réclament de nombreux passages avant de devenir encéphalitogènes : cette mutation plus ou moins rapide cadre très bien avec la théorie des mutants E et M de Levaditi;

3° Ainsi que nous l'avons déjà signalé, si en général le pouvoir dermonécrotique et le pouvoir hémorragique vont de pair et précèdent le caractère léthal, nous avons observé pour la souche 5108 une dissociation entre le pouvoir léthal et le pouvoir hémorragique et dermonécrotique qui ne constitue donc pas un des caractères nécessaires des souches encéphalitogènes.

IMMUNOLOGIE. — *L'intervention de la spécificité dans la formation des dépôts métalliques sur le verre.* Note de M. **Jean Loiseleur**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

La formation d'un dépôt métallique sur une surface de verre exige une préparation préalable de la surface, préparation qui consiste à former une couche du type mono-moléculaire, donc invisible et quasi impondérable, avec le métal qui sera déposé ultérieurement. La présence de cette couche élémentaire impose une spécificité comparable à l'adaptation d'un anticorps à son antigène.

La formation d'un dépôt métallique sur une surface de verre met en jeu une spécificité aussi rigoureuse que celle que présentent les phénomènes de l'immunité.

Rappelons d'abord que la métallisation du verre exige, — sauf dans le cas de l'argent qui se dépose directement, — une préparation préalable de la surface à métalliser. Cette préparation consiste à réduire, au contact de la paroi de verre, la solution très diluée d'un sel du métal qui sera déposé ultérieurement : cette réduction doit être effectuée dans des condi-

tions telles que le métal réduit soit amené à l'état de suspension colloïdale. On sait qu'une telle suspension est constituée par des agrégats de cristaux métalliques dont la charge positive est neutralisée par une couche périphérique de l'oxyde correspondant. Au cours de cette formation, le potentiel du granule subit une brusque discontinuité quand il passe de la charge, — positive, — spécifique du métal à celle — négative — spécifique de la micelle colloïdale. Au cours de cette discontinuité, le potentiel passe nécessairement par une valeur compatible avec la décharge du granule (en voie de formation) sur la paroi de verre, paroi toujours chargée négativement par suite de la dissociation superficielle du silicate. Il en résulte le dépôt d'une couche métallique élémentaire, adhérente et dont le potentiel correspond à celui du métal réduit. Le phénomène s'arrête à la formation de cette couche élémentaire, puisque, dès ce moment, la charge de la paroi de verre est neutralisée, tandis que l'excès de réactif en solution continue à évoluer vers la formation d'une suspension colloïdale.

Par suite de son type mono-moléculaire, cette couche élémentaire est invisible : néanmoins, sa présence permet la métallisation de la paroi de verre, dès que l'on réduit le sel métallique correspondant et à condition d'opérer à concentration notable de façon à éviter la formation d'une suspension colloïdale. Inversement, en l'absence de cette préparation préalable, l'opération précédente entraîne seulement la formation d'un précipité métallique rassemblé en boue, mais jamais la métallisation du verre.

1. Un tube à essai est d'abord chauffé vers 70° avec un mélange très dilué d'hydrazine et de tartrate cupro-ammoniacal [1]. On lave à l'eau distillée et l'on recommence l'opération, en opérant, cette fois, avec des solutions concentrées : le tube se revêt rapidement d'un miroir de cuivre.

Un autre tube à essai est traité à 18° par une solution diluée (M/600) d'hydrate d'or additionné d'aldéhyde éthylique : il se forme de l'or colloïdal bleu, l'aspect du tube restant inchangé. On y introduit alors une solution concentrée d'hydrate d'or (M/100) en ajoutant, avec précaution, du peroxyde de sodium : en quelques minutes, la totalité de l'or en solution se dépose sur la paroi du tube.

Enfin, le même cycle d'opérations, répété avec des solutions successivement diluées, puis concentrées, d'hydrate de rhodium et d'hydrazine, conduit à la formation d'un miroir de rhodium.

2. Or, tout l'intérêt de ces opérations consiste dans la spécificité rigoureuse imposée par la couche élémentaire déposée initialement. Le tube préparé avec le cuivre ne se prête à aucune métallisation si on le traite

---

(1) Les conditions expérimentales seront publiées dans les Annales de l'Institut Pasteur.

par les solutions concentrées d'hydrate d'or ou de rhodium : on observe seulement un dépôt de boue métallique, comme dans un tube neuf n'ayant subi aucune préparation. Cette spécificité est mise en évidence par le tableau suivant :

		Couche élémentaire préalable		
		de Cu.	de Au.	de Rh.
Traitement par le mélange	$Cu(OH)_2$ + réducteur........	+	o	o
	$Au(OH)_3$ + réducteur........	o	+	o
	$Rh(OH)_3$ + réducteur........	o	o	+

L'expérience, limitée ici au Cu, Au et Rh, montre la même spécificité avec Sb, Bi et Pt.

Il est à noter que le poids de métal déposé au cours du traitement préalable est de l'ordre de 10^{-7} g : cm², c'est-à-dire que la spécificité est orientée, ici, par des quantités de matières comparables à celles qui sont mises en œuvre en immunologie.

La séance est levée à 15 h 50 mn.

R. C.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 JANVIER 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Henri Hartmann nous a quittés et la cérémonie funèbre de vendredi dernier, où ses collègues et ses amis rappelèrent ses hautes qualités d'esprit et de cœur, a été empreinte de cette grandeur simple qui fut la caractéristique de sa vie.

Notre confrère, Léon Binet, a exprimé notre douleur, rappelé son action scientifique et les bienfaits qui en découlent, motivant la reconnaissance de toute la Nation.

On reste confondu devant l'ampleur des travaux de Henri Hartmann, devant cette activité puissante, méthodique et ordonnée dans toute sa carrière. Il semble qu'aucun incident n'ait pris au dépourvu son exceptionnelle puissance d'observation. Les tragiques événements que la Nation a vécus redoublent son activité charitable auprès de nos blessés; le développement du cancer, à la suite de la maîtrise graduelle des maladies contagieuses connues, retient son attention et le conduit, par des observations minutieuses, à étendre suffisamment le champ opératoire pour multiplier les chances de guérison.

Pour comprendre les raisons profondes d'une telle vie, entièrement consacrée au soulagement des misères humaines, il faut se reporter à la formation de l'homme, dans son milieu familial, puis dans l'ensemble des études qui façonnèrent son esprit.

Né à Paris en 1860, il appartenait à une de ces nombreuses familles alsaciennes qui ressentirent, d'une façon si profonde, les malheurs de 1870

et qui, dans un travail opiniâtre, voulurent rendre à notre pays sa puissance et son prestige.

Pendant toute son existence, il fut soutenu par son milieu familial et l'influence de ce cadre aimable et reposant dû à l'affection de Mme Hartmann fut rappelé par tous ses élèves et ses amis.

Sa perte fut la plus grande douleur de sa vie.

Quand il forma son esprit aux leçons de l'Université, la Science médicale française était dans toute sa gloire grâce aux travaux de Pasteur.

En 1878, celui-ci définissait sa doctrine dans ses fameux conseils aux chirurgiens et Henri Hartmann était, à cette époque, étudiant à la Faculté de Médecine de Paris.

Alors que ce dernier venait de réussir l'internat en 1881, Pasteur mettait au point la dernière partie de son œuvre, par la conception des vaccins et réalisait, cette année-là, le vaccin du charbon, l'année suivante celui du rouget et, enfin, en 1885, celui qui eut un retentissement si profond dans le monde, le vaccin de la rage.

Ainsi, dans cette époque du travail intense de l'internat, Hartmann était entouré par ce milieu savant enflammé par les successives découvertes du grand Français.

L'influence fut triple. D'une part, Hartmann y acquit cette confiance dans la méthode scientifique, suivie avec rigueur, et ne donnant ses conclusions qu'après avoir, par les expériences multipliées, défini les relations de cause à effet.

D'autre part, le chirurgien disposant d'une méthode sûre pour éviter les accidents microbiens, un champ nouveau, presque indéfini, était ouvert à son action.

Enfin, le clinicien pouvait, par la méthode pastorienne, déterminer l'évolution ultérieure probable de l'organe qui faisait l'objet de l'intervention.

Hartmann, aide d'anatomie en 1884, prosecteur en 1886, chirurgien des hôpitaux en 1892 se trouvait donc en pleine possession de ses moyens, quand les théories pastoriennes permirent un développement presque indéfini de l'acte chirurgical.

Hartmann fut l'homme d'action, à la fois audacieux et prudent, l'observateur précis et perspicace, le savant consciencieux qui devait, sans retard, mettre en œuvre toutes les nouvelles possibilités. Son rayonnement en fit un chef d'école aimé et suivi par de nombreux disciples dont beaucoup devinrent des maîtres.

C'est Hartmann lui-même qui va définir sa pensée de chef d'école vis-à-vis de ses élèves, ce qui nous permet de comprendre sa propre action.

« Mon rôle, dit-il, était de chercher à leur donner un esprit scientifique, à les faire travailler personnellement, les obligeant à prendre des obser-

vations précises, notant exactement des faits et s'abstenant de toute interprétation. »

Agrégé à la Faculté de Médecine en 1895, il professa de longues années à partir de 1909, entouré du respect et de l'affection de ses élèves.

Son activité surprenante était un modèle pour tous. En dehors de ses nombreux travaux pour l'enseignement didactique et de multiples articles de revue, Hartmann laisse une œuvre écrite originale considérable. Signalons spécialement les huit volumes qui concernent ses propres travaux de chirurgie anatomoclinique. Le premier traite des voies urinaires et de l'estomac, le deuxième des voies urinaires et du testicule, le troisième de l'intestin, le quatrième de l'appareil urinaire, le cinquième des voies biliaires, le sixième de l'estomac, le septième de l'estomac et du duodénum, le huitième de la chirurgie du rectum. Cette sèche énumération donne une vue encore incomplète de son activité.

Il a été le premier à pratiquer certaines des opérations décrites et sa technique est alors devenue classique parce qu'elle donne au malade la plus grande sécurité post-opératoire.

Hartmann revient fréquemment dans ses écrits et dans son enseignement sur l'anatomie pathologique.

Par ce fait même qu'il doit intervenir, le chirurgien trouve l'organe en voie de transformation. Pendant cette évolution, certains éléments ont subi, en forme et en structure, une modification irréversible, tandis que d'autres tissus sont susceptibles de se régénérer spontanément si le milieu créé par l'opération leur est favorable. La zone opératoire doit donc suivre sensiblement la frontière de ces deux catégories de tissus, en s'étendant toutefois dans le domaine des éléments susceptibles de régénération, afin d'assurer la guérison par l'enlèvement intégral des autres tissus dont la transformation est définitive.

Toujours avec ce même souci de connaître l'évolution post-opératoire, Hartmann recourt à l'expérience directe. Il en fut ainsi pour la chirurgie de l'estomac contrôlée par l'expérimentation sur le Chien, dans le laboratoire de Charles Richet, expérimentation à laquelle assista notre confrère Léon Binet.

Étudiant toujours avec soin les tissus du champ opératoire, Hartmann pouvait suivre et comprendre les symptômes dans la convalescence et accélérer la guérison.

Ainsi, il différencie l'un des premiers les tumeurs de même forme, mais d'origines très différentes, comme les tuberculeuses et les cancéreuses. Il en montra la complète indépendance allant jusqu'à la possibilité de la coexistence.

C'est pourquoi, parlant au nom de notre Compagnie pour l'Institut de France, Léon Binet, qui avait été son collaborateur dans l'étude des collec-

tions gélatineuses du péritoine, put brosser le magnifique tableau de la prodigieuse activité du Professeur Hartmann.

Toutes les sociétés savantes françaises de Médecine et de Chirurgie et plus de 30 sociétés étrangères s'étaient assurées son concours.

Dans le premier tiers de notre siècle, cet homme de bien, dont la conscience était à un niveau si élevé qu'il ne voulait rien laisser au hasard, fut l'un des grands maîtres de la Chirurgie française et celle-ci continue à briller d'un vif éclat grâce à l'exemple et à l'enseignement de tels maîtres.

AÉROTHERMODYNAMIQUE. — *Structure des ondes de choc et combustion.* Note de M. **Maurice Roy.**

I. L'analyse de la structure de la quasi-onde de choc en fluide compressible, visqueux et conducteur, présentée dans une Note antérieure [1], est étendue ci-après aux quasi-ondes de choc et combustion.

Pour simplifier, je suppose invariables les chaleurs spécifiques c_p et c_p/γ, le nombre de Prandtl $\mathfrak{L} = \eta c_p/\chi$, ainsi que les coefficients de viscosité de Navier ζ et η (avec $3\zeta + 2\eta = 0$) et de conduction χ. En outre, je suppose $\mathfrak{L} = 3/4$. Ces simplifications facilitent les calculs et leur discussion, mais ne sont pas essentielles : en première approximation, elles n'altèrent pas l'allure des phénomènes étudiés.

Les états chimiques possibles du mélange gazeux homogène sont supposés former une suite *continue*, et repérés par la fraction $\alpha (0 \leqq \alpha \leqq 1)$ libérée du pouvoir calorifique à pression constante H_1 de l'unité de masse du mélange, dans les conditions amont (p_1, T_1).

Le mouvement est permanent et unidimensionnel suivant l'axe x, un mouvement transversal uniforme et quelconque pouvant se superposer au précédent sans modifier l'état du fluide et pour correspondre au cas de la quasi-onde permanente et oblique. Enfin, tout effet de rayonnement thermique est négligé.

II. Entre l'infini amont $(x = -\infty,\ p_1,\ \rho_1,\ T_1,\ \alpha_1 = 0,\ u_1)$ et l'infini aval $(x = +\infty,\ p_2,\ \rho_2,\ T_2,\ \alpha_2,\ u_2)$, le flux passe, pour $x = 0$, par l'état de « démarrage de la combustion », où $T = T_0$, valeur éventuellement majorée par rapport à la température dite d'inflammation à p_0 et au repos, pour tenir compte du « retard à l'inflammation » dans le mélange en mouvement. La section $x = 0$ sépare ainsi les parties antérieure $(x \leqq 0,\ \alpha \equiv 0)$ et postérieure $(x \geqq 0,\ \alpha$ variable$)$ de la quasi-onde.

III. Les conditions à l'infini (indices 1 et 2 pour $x = \mp\infty$) sont liées par les équations globales et classiques de l'onde de choc et combustion, indépendantes de la structure que nous analysons.

[1] *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 813.

Et l'on sait que, pour p_1, ρ_1, T_1 et u_1 donnés ($\alpha_1 = 0$), les conditions aval sont entièrement déterminées.

IV. Rapportons les grandeurs physiques à leurs valeurs amont, soit

$$(1) \qquad Y = \frac{p}{p_1}; \qquad \theta = \frac{T}{T_1}; \qquad X = \frac{u}{u_1};$$

d'où, par la *continuité admise*, $\rho/\rho_1 = 1/X$; et posons

$$(2) \qquad m_1 = \frac{\rho_1 u_1^2}{\gamma p_1}; \qquad D = \theta + 0,5(\gamma - 1)\, m_1 X^2; \qquad \nu_1 = (\gamma - 1)\frac{\rho_1 H_1}{\gamma p_1}; \qquad n = \frac{4\eta}{3\rho_1 u_1}.$$

L'hypothèse $\eta \equiv \eta_1$ et la continuité ($\rho u = \rho_1 u_1$) entraînent $n = \text{const.}$, ce qui permet d'utiliser très commodément l'abscisse réduite et sans dimension

$$\xi = \frac{x}{n} \quad \text{avec} \quad \frac{n\, d[f(x)]}{dx} \equiv \frac{d[f(\xi)]}{d\xi},$$

pour représenter la « structure » cherchée, donc les fonctions Y, θ, X ou D de ξ, *indépendamment de la viscosité et de la conduction du milieu*, grandeurs d'ailleurs petites.

V. Les équations du mouvement (pour les inconnues D, X et α) s'écrivent très simplement ici, avec notation $f' \equiv df/d\xi$:

$$(3) \qquad D' = D - D_1 - \alpha \nu_1 \qquad \text{(conservation de l'énergie)},$$

$$(4) \qquad \gamma m_1 X X' = D + \frac{\gamma + 1}{2} m_1 X^2 - (1 + \gamma m_1) X \qquad \text{(quantité de mouvement)},$$

$$(5) \qquad X\alpha' = \Gamma(D, X, \alpha) \qquad \text{(équation chimique)};$$

(5) traduit la loi $[X d' u_1/n \equiv d\alpha/dt = g(\rho, T, \alpha)]$ de la « vitesse de réaction » selon Duhem et Jouguet, mais n'intervient pas lorsque $\xi \leqq 0\ (\alpha \equiv 0)$.

Les inconnues D, X et α, et leurs dérivées premières D', X' et α', par (3) à (5), sont continues pour $\xi = 0$, où $\Gamma = 0$.

VI. Dans une quasi-onde de choc pure ($\alpha \equiv 0$ de $\xi = -\infty$ à $\xi = +\infty$), (3) s'intègre en $D \equiv D_1$, car $D - D_1 = 0$ pour $\xi = \mp\infty$ et, selon une remarque de ma Note antérieure, $(D - D_1)$ ne peut ni croître, ni décroître, d'où la seule solution possible $D' \equiv 0$.

Mais, il en va autrement, et c'est un point essentiel, pour notre quasi-onde en amont de $\xi = 0$. L'intégrale de (3), pour $\xi \leqq 0$ et $\alpha \equiv 0$, est ici, en effet,

$$(6) \qquad D = D_1 + (D_0 - D_1)\, u, \qquad \text{avec} \quad u = \exp\xi \quad \text{et} \quad D_0 - D_1 \neq 0.$$

Ainsi, partant de $\theta_1 = 1$ pour $\xi = -\infty$, θ peut atteindre ici, pour $\xi = 0$, une valeur donnée et quelconque $\theta_0 > 1$ sans que, nécessairement, X et $1/Y$ décroissent comme dans une quasi-onde de choc pure. De là, notamment, la *possibilité* des quasi-ondes de déflagration.

VII. L'expérience montre qu'à travers celles-ci p reste sensiblement constant, donc $Y \cong 1$ et $X \cong \theta$. Tant que α reste invariable, (3) et (4) montrent que ceci *nécessite m_1 petit.*

Plaçons-nous dans ce cas en posant $\varepsilon = 0{,}5(\gamma - 1)m_1$, le carré m_1 du nombre de Mach $\mathfrak{M}_1$ (c'est ce carré qui est significatif) de la célérité de la flamme dans le milieu amont étant petit.

Alors, pour $\xi \leqq 0$, θ et X s'expriment, en fonction de $u = \exp \xi$ et de ε et θ_0 donnés, par les formules approchées (au deuxième ordre près en ε)

$$(7) \qquad \theta \cong X \cong 1 + (\theta_0 - 1)\,u\,[1 + \varepsilon(\theta_0 - 1)(1 - u)].$$

Pour $\theta_0 \gg 1$, cas normal des *flammes déflagrantes*, on voit que θ et X croissent continuellement de $\xi = -\infty$ à $\xi = 0$ (ou de $u = 0$ à $u = 1$) dans la partie antérieure de la quasi-onde, tandis qu'*au second ordre près en ε, la pression* (*ou* Y) *reste constante.*

VIII. Par contre, lorsque m_1 est grand, cas normal des quasi-ondes de détonation, et en posant $\varepsilon' = 1/\varepsilon$ (c'est, ici, ε' qui est petit), on a approximativement

$$(8) \qquad \theta \cong 1 + (\theta_0 - 1)\,u^{\frac{1}{\gamma}} \qquad \text{et} \qquad X^2 = 1 - \varepsilon'(\theta - 1).$$

C'est, maintenant, X qui est presque constant, tandis qu'au premier ordre près en ε' la pression (ou Y) varie comme θ. En quelque sorte, pression et densité « échangent » à peu près ici leurs lois antérieures de variation.

Au premier ordre près en ε', la variation de θ dans la partie antérieure de la quasi-onde de détonation est la même, pour γ et θ_0 donnés, que dans la quasi-onde de choc pure.

IX. En abscisse réduite $\xi \leqq 0\,(\alpha \equiv 0)$, pour de mêmes valeurs de γ et θ_0 et pour les valeurs respectives $m_1 = 10^{-4}$ et $m_1 = 80$, plausibles pour les deux cas VII et VIII ci-dessus, la fonction $\theta(\xi)$ garde, en fait et curieusement, sensiblement la même allure.

Mais, ξ a une signification très différente dans ces deux cas, car son unité représente une longueur égale, respectivement, à 64 Λ_1 ou à 0,072 Λ_1, Λ_1 désignant le « libre » parcours moyen des molécules du mélange, calculé par la formule de Tait et pour l'état amont (p_1, T_1).

Ceci signifie que l'*épaisseur pratique* de la quasi-onde antérieure est *beaucoup plus grande en régime déflagrant qu'en régime détonant.* Outre que ceci n'est peut-être pas sans relation avec le degré plus ou moins élevé de stabilité de ces deux sortes, si franchement distinctes, d'ondes de choc et combustion, la très faible épaisseur (en Λ_1) de la quasi-onde antérieure de détonation met en cause la validité, dans ce cas, de la continuité macroscopique.

X. Une Note ultérieure complétera la présente quant à la détermination des quasi-ondes envisagées et, notamment, de leur partie postérieure.

BOTANIQUE. — *Les Palmiers du littoral atlantique du Sud du Maroc et les Faux-Dattiers des palmeraies de Marrakech, de Tiznit et du Sous.* Note de M. **Auguste Chevalier**.

Dans son remarquable travail : *Aperçu général sur la végétation du Maroc* (1939), accompagné de la carte phytogéographique de ce pays, M. Louis Emberger passe en revue les divers peuplements arborescents de cette région, distinguant la brousse semi-aride à Olivier-Chamaerops, la brousse à Zizyphus, les chênaies de Chêne vert et de Chêne liège, la callitriaie, l'arganaie, etc.

Il existe une autre formation pourtant des plus remarquables qui a été omise dans cette énumération, c'est la *pheniçaie atlantique* constituée par un Palmier spécial au Maroc Sud-Ouest qui a prospéré aussi autrefois dans l'Archipel des îles du Cap Vert et que nous avons observé il y a une vingtaine d'années dans la baie de Praïa à l'île de S. Thiago, tout à fait spontané et à dattes immangeables. Nous l'avons décrit à cette époque sous le nom de *Phœnix atlantica* A. Chev. Le Dattier du Sud-Ouest marocain, tantôt spontané, parfois cultivé en palmeraies dans l'ouest du Maroc, est presque identique et il doit être rattaché à cette espèce.

Le botaniste O. Beccari publia, il y a plus de soixante ans, une monographie des *Phœnix* (*Malesia*, vol. III, 1886-1890) dans laquelle il distinguait huit espèces asiatiques dont *P. sylvestris* Roxb. du Bengale regardé souvent comme l'ancêtre du vrai Dattier (*P. dactylifera* L.) cultivé depuis une époque préhistorique en Mésopotamie, en Arabie, en Égypte et dont la culture a été introduite aussi à une époque très ancienne dans les oasis du Sahara. Beccari, dans sa monographie, distinguait aussi deux espèces de *Phœnix* spéciaux à l'Afrique, l'un *P. reclinata* Jacq. (= *P. senegalensis*) vit en Afrique tropicale le long des rivières et spécialement à leur embouchure, l'autre *P. canariensis* Chabaud = *P. jubæ* (Webb et Berthelot) Christ est spécial aux Canaries et est fréquemment cultivé aujourd'hui dans l'Afrique du Nord et dans le Sud de l'Europe. Ses petits fruits ovoïdes ne sont pas comestibles. Le *P. atlantica* est très proche des deux espèces africaines que nous venons de citer et il donne comme eux des fruits à peine mangeables, ils ne sont comestibles qu'à condition d'être blets et leur pulpe est insignifiante. *P. atlantica* est commun sur le littoral depuis Mazagan jusqu'à Sous; il pénètre assez loin dans l'intérieur et près de Marrakech, il vit dans les ravins de l'Atlas jusqu'à 1500 m d'altitude. D'après nos observations récentes, *P. atlantica* présente les caractères suivants :

Palmier souvent grégaire vivant rarement par stipe isolé, mais formant des touffes de 2 à 5 ou 6 troncs partant de la même souche et s'élevant de 5 à 15 m de haut et pouvant avoir 25 à 45 cm de diamètre (il a jusqu'à 60-80 cm de diamètre dans *P. jubæ* qui est bien moins élevé); les pieds sont presque toujours couronnés à la base de drageons (ou djebars) s'élevant en buisson à 2-4 m de haut (troncs et feuilles) et se formant à tout âge. Dans les vrais Dattiers, les djebars ne naissent que dans le jeune âge. Plumeau des feuilles étalées, composé d'une cinquantaine de feuilles, les inférieures desséchées et pendantes si elles ne sont pas taillées. Pétiole très élargi à la base, d'un jaune citrin ainsi que le rachis de la feuille, portant à la base de longues épines de 8-15 cm, perpendiculaires, souvent insérées par deux, très piquantes. Au-dessus s'insèrent perpendiculairement les folioles au nombre de 150 á 200 paires, étalées, longues de 20 à 40 cm, larges au milieu de 1 à 2 cm, apiculées à l'extrémité; les folioles sont d'un vert clair, mais sur les djebars elles sont souvent d'un vert glauque argenté. On sait que dans le vrai Dattier, les feuilles, même sur le palmier adulte, sont toujours glauques en dessous. Sur les pieds mâles de *P. atlantica*, les spathes au nombre d'une vingtaine sont courts, très comprimés et denticulés sur les bords; l'inflorescence comprend de nombreuses ramules rapprochées, longues de 5 à 20 cm. Les fleurs mâles ressemblent beaucoup à celles de *P. jubæ*. Calice à 3 lobes courts et pointus; corolles à 3 lobes coriaces, dressés, oblongs, striés longitudinalement. Anthères 6, incluses, sessiles. Lors de la floraison les régimes sont étalés, puis ils se dessèchent et deviennent pendants. Les pieds femelles sont semblables aux mâles, mais les régimes femelles sont plus grands et à pédoncules plus longs, même lors de la floraison. Les fruits mûrissent de novembre à janvier. Ils sont ovoïdes ou même sphériques, parfois oblongs et semblables comme forme à une petite datte, longs de 2 cm à peine. Le mésocarpe est très mince et cartilagineux en dedans; noyau rugueux, allongé, avec une fossette médiane profonde. Le fruit mûr est à sa base entouré de 3 pétales largement ovales chevauchant l'une sur les deux autres et formant une cupule persistante orbiculaire, large de 1 cm et finement striée radialement.

Nous distinguons comme *P. atlantica* var. *marocana* la forme cultivée dans les oasis de Marrakech et de Tiznit où les Berbères distinguent plusieurs variétés un peu améliorées. Les fruits sont plus gros et souvent ovoïdes-allongés. Ils ont, à l'état frais, 3 à 4 cm de long et 1,5 à 1,8 cm de diamètre; la pulpe est épaisse de 2 à 4 mm et ne devient charnue et sucrée que quand le fruit est blet. Ces fausses dattes sont alors vendues sur les marchés, mais à bas prix par rapport aux vraies dattes importées du Tafilalet et du Sud du Drâa.

La palmeraie de Marrakech comprend environ 100 000 Palmiers et celle de Tiznit quelques centaines seulement, groupées dans des jardins. On ne pratique jamais la fécondation artificielle de ces Palmiers; les pieds mâles sont tous conservés. Du reste, on tire principalement parti des feuilles qui sont coupées chaque année pour divers usages.

Jusqu'à présent, le *P. atlantica* et ses variétés se sont montrés réfractaires à la maladie du Bayoud causée par *Fusarium albedinis* Malençon.

Par contre, dans la palmeraie de Marrakech on voit souvent des régimes desséchés et stériles, ils ont été atteints lors des pluies printanières par un champignon, le *Mauginiella scættæ* Cavara = *Geotrichum scættæ* (Cavara)

R. Maire. C'est la maladie de la pourriture chez le bon Dattier. Ajoutons que les Arabes de Marrakech distinguent les dattes du vrai Dattier de celles de *Phœnix atlantica :* les premières se nomment *Temar* et les autres *Abeleu.*

PHYTOPATHOLOGIE. — *L'acide fusarique, une seconde toxine de flétrissement produite par* Fusarium lycopersici *Sacc.* Note de M. **Ernest Gäumann**, Mme **Stephi Naef-Roth** et M. **Hans Kobel**.

Jusqu'à présent, la lycomarasmine, dipeptide ayant pour formule brute $C_9H_{15}O_7N_3$ et pour poids moléculaire 277, était la seule toxine connue, produite par *Fusarium lycopersici* Sacc., l'agent du flétrissement de la Tomate.

Ce champignon forme cependant, en même temps que ce dipeptide, une deuxième toxine provoquant un flétrissement : l'acide fusarique. Celui-ci est vraisemblablement l'acide 5-*n*-butylpicolique, possédant la formule $C_{10}H_{13}O_2N$ et un poids moléculaire de 179. Tandis que la production de lycomarasmine n'est connue que chez *Fusarium lycopersici* et constitue, de ce fait, une des propriétés caractéristiques de cet organisme, celle de l'acide fusarique a été, par contre, également reconnue chez d'autres champignons phytopathogènes; elle fut mise en évidence, pour la première fois, par Yabuta, Kambe et Hayashi [1] chez *Fusarium heterosporum* Nees; depuis lors, nous l'avons décelée chez *Fusarium vasinfectum* Atk. et chez *Gibberella Fujikuroi* (Saw.) Woll.

Le fait que l'acide fusarique est l'une des toxines intervenant dans la redoutable maladie de flétrissement du cotonnier peut avoir, éventuellement, une certaine portée pratique. Il existe, en effet, divers indices suivant lesquels l'agent de cette maladie pourrait abandonner, dans le terrain, une quantité suffisante de toxine pour que les plantes qui s'y trouvent enracinées aient à en souffrir. La connaissance de la nature chimique de l'une des toxines permettra peut-être de rendre celle-ci inoffensive lorsqu'elle se trouve dans le sol.

La plante-test la plus sensible à l'égard de l'acide fusarique est le cotonnier. Ses feuilles primaires sont déjà visiblement affectées par une quantité de toxine égale à 25 mg : kg de plante fraîche. Les pousses de tomate sont un peu moins sensibles, la dose critique étant d'environ 150 mg : kg. Moins sensibles encore sont le riz, le maïs et les feuilles primaires du haricot (dose limite = env. 250 mg : kg). Les plantes de seigle et de pois ne sont pratiquement pas affectées; ce n'est qu'en présence de 2 500 mg de toxine par kilogramme que des nécroses se manifestent.

Le fait qu'un agent pathogène produit simultanément pour le moins

(1) *J. agr. Chem. Soc. Japan*, 10, 1934, p. 1059-1068.

deux toxines chimiquement différentes soulève d'intéressants problèmes toxicologiques. En effet, ces deux toxines affectent, à l'intérieur de l'hôte végétal, des fonctions vraisemblablement distinctes; c'est ainsi que les propriétés osmotiques des protoplasmes des feuilles de tomate sont altérées de façon perceptible par la lycomarasmine pure seulement lorsque la concentration de cette dernière atteint $1,2.10^{-2}$ mol; par le complexe lycomarasmine-fer quand la concentration est de $9,0.10^{-4}$ mol-équiv et par l'acide fusarique déjà quand elle est de $2,8.10^{-5}$ mol. Thatcher (²) a montré que le filtrat brut de cultures de *Fusarium lycopersici* nuit fortement à la semi-perméabilité des tissus de la tomate; donc, il s'agit là, vraisemblablement, de l'effet de l'acide fusarique plutôt que de celui de la lycomarasmine.

Vu que les deux toxines agissent à l'intérieur de l'hôte en des points différents, les symptômes de la maladie qu'elles déclenchent doivent être respectivement différents et caractéristiques pour chacune d'elles. A faibles doses, la lycomarasmine provoque, chez les pousses de tomate, des nécroses à la pointe et sur le pourtour des folioles, mais elle n'affecte pas les tiges ni les pétioles. Par contre, l'acide fusarique, appliqué également à faibles doses, engendre des nécroses dans les tissus intercostaux des folioles; ce n'est que dans le cas d'intoxication plus grave que le bord des folioles se nécrose et s'enroule; l'acide fusarique agit, en outre, sur les tissus de la tige qui s'affaissent en sillons longitudinaux.

Lorsque la lycomarasmine et l'acide fusarique sont appliqués simultanément, leurs effets s'additionnent simplement; chaque toxine provoque donc ses propres symptômes et il n'y a, entre elles, aucune autre action commune.

Fusarium lycopersici produit probablement encore une troisième toxine car, tandis que la lycomarasmine et l'acide fusarique ne déterminent aucun changement de couleur dans les faisceaux libéro-ligneux à l'intérieur des tiges et des pédoncules, il se produit une coloration caractéristique des vaisseaux conducteurs en cas d'infection spontanée par le champignon. Nous espérons être à même de donner, dans un avenir pas trop éloigné, une communication au sujet de cette troisième toxine.

M. **Louis de Broglie** fait hommage d'un Ouvrage de Bernard et Alberte Pullman intitulé : *Les théories électroniques de la Chimie organique*, dont il a écrit la *Préface*.

M. **Thomas Wallace** adresse à l'Académie son Ouvrage intitulé : *The diagnosis of mineral deficiencies in plants by visual symptoms. A colour atlas and guide.*

(²) *Canadian J. Research*, 20 C, 1942, p.283-311.

DÉSIGNATIONS.

M. **Albert Caquot** est désigné pour représenter l'Académie dans le Conseil d'administration du **Palais de la Découverte**.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Ministère des Travaux publics et des Transports. Annales des Ponts et Chaussées. *Table générale de classement des fiches bibliographiques*.

2° Isostatic Institute of the international association of geodesy (Helsinki). *Effect of topography and compensation in zones 13-to 11-for the Airy System.* T — 20 km, 30 km, 40 km, 60 km (4 cartes).

3° Une série de *Conférences* faites au *Palais de la Découverte* du 9 décembre 1950 au 17 novembre 1951.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Deux conséquences équivalentes, relatives aux nombres ordinaux, de la bonne ordination du continu linéaire*. Note de M. **Georges Kurepa**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Envisageons les trois propositions O(o), A(o), B(o) que voici :

O(o). Il y a une bonne ordination effective du continu linéaire des nombres réels.

A(o). Quel que soit l'ordinal limite $\lambda < \omega_1$, il y a effectivement une ω-suite strictement croissante $\nu(\lambda)$, disons $\nu_n(\lambda)(n < \omega)$, telle que $\lim \nu_n(\lambda) = \lambda$.

B(o). Quel que soit l'ordinal $\omega \leqq \alpha < \omega_1$, il y a une application biunivoque effective σ_α de l'ensemble $N = [o, \omega)$ des ordinaux $< \omega_0$ de telle manière que l'ensemble $\sigma_\alpha N$ des $\sigma_\alpha(n)(n < \omega_0)$ coïncide avec l'ensemble $[o, \alpha)$ des ordinaux $< \alpha$; pour abréger on dit que α est *effectivement dénombrable*.

Théorème. — *Les deux propositions* A(o), B(o) *sont deux conséquences équivalentes de la proposition* O(o).

1. Tout d'abord, A(o), B(o) sont logiquement équivalentes. L'implication A(o) $\rightarrow$ B(o) s'établit par induction. Pour le nombre ω, il suffit de poser $\sigma_\omega(n) = n(n < \omega)$; soit alors $\omega < \alpha < \omega_1$ un ordinal quelconque tel que, quel que soit $\omega \leqq \xi < \alpha$, la dénombrabilité effective de ξ soit prouvée. Si $\alpha - 1$ existe, la dénombrabilité effective de α résulte de celle de $\alpha - 1$; si $\alpha - 1$ n'existe pas, alors, d'après A(o), on peut considérer la suite $\nu_n(\alpha)(n < \omega)$; chacun des nombres $\nu_n(\alpha)$ étant effectivement énumérable ou fini, il en est de

même des intervalles $[\nu_n(\alpha), \nu_{n+1}(\alpha))$ des ordinaux ξ vérifiant $\nu_n(\alpha) \leq \xi < \nu_{n+1}(\alpha)$; puisque l'ensemble $[0, \alpha)$ est égal à la réunion des ensembles effectivement dénombrables ou finis constituant la famille effectivement dénombrable

$$\{[0, \nu_0(\alpha)), \ldots [\nu_n(\alpha), \nu_{n+1}(\alpha)), \ldots\}, n < \omega_0),$$

le nombre α est lui-même effectivement dénombrable. Que, inversement, $B(0) \to A(0)$, il suffit de poser par récurrence $\nu_0(\lambda) = \sigma_0(\lambda)$, $\nu_{n+1}(\lambda) =$ le premier $\sigma_k(\lambda)$ dépassant $\nu_n(\lambda)$.

2. Enfin prouvons que $O(0) \to B(0)$. Le système S des sous-ensembles infinis de l'ensemble R des nombres rationnels ayant effectivement le même nombre cardinal que le continu linéaire C, chaque bonne ordination de C en entraîne une de S : soit donc (1). R_ξ, $(\xi < \omega_k)$ la suite transfinie, sans omission ni répétition, des sous-ensembles infinis de

$$(2) \qquad R \ldots r_0, \quad r_1, \quad \ldots r_n, \quad \ldots \qquad (n < \omega_0),$$

ceci constituant une énumération sans omission ni répétition de R. Cela étant, soit α un ordinal infini dénombrable quelconque. Le nombre $\alpha < \omega_1$ pouvant d'après un théorème bien connu de Cantor [1] être représenté par un sous-ensemble de R, soit $R(\alpha)$ le premier terme pareil de la suite (1). Or, l'ensemble $[0, \alpha)$ des ordinaux $< \alpha$ ordonnés naturellement est aussi du type α [2], de telle sorte que les ensembles ordonnés $R(\alpha)$ et $[0, \alpha)$ sont semblables. Soit alors φ la similitude uniquement déterminée transformant $[0, \alpha)$ en $R(\alpha)$; d'autre part, pour tout $x \in R$ soit $\psi(x)$ l'indice vérifiant dans (2) : $x = r_{\psi(x)}$; la fonction ψ est biunivoque. Considérons enfin la transformation composée $f = \psi\varphi$; elle est biunivoque, complètement déterminée et transforme l'ensemble $[0, \alpha)$ en un ensemble infini $f[0, \alpha)$ de nombres $< \omega$. Si χ est la similitude entre $f[0, \alpha)$ et $N = [0, \omega)$, la fonction composée $g = \chi f = \chi\psi\varphi$ transforme d'une façon biunivoque $[0, \alpha)$ en $[0, \omega)$; autrement dit, la transformation $g(\xi)$, $(\xi < \alpha)$ est une énumération effective de l'ensemble des ordinaux $< \alpha$. Ainsi donc l'hypothèse $O(0)$ entraîne $B(0)$.

Remarque 1. — La proposition $O(0)$ est une conséquence logique de l'axiome de choix de Zermelo appliqué au continu linéaire. D'autre part, les problèmes $A(0)$ et $B(0)$ sont bien difficiles [3].

Remarque 2. — $B(0)$ entraîne $\aleph_1 \leq 2^{\aleph_0}$. En effet, si $\omega \leq \alpha < \beta < \omega_1$, $R(\alpha) \neq R(\beta)$.

Si pour tout $x \in R$, $e(x)$ vérifie $x = r_{e(x)-1}$ dans (2), le sous-ensemble bien

---

(1) *Cf.* A. Denjoy, *L'énumération transfinie*, Paris, 1946, p. 42.

(2) *Cf.* A. Denjoy, *loc. cit.*, p. 91.

(3) *Cf.* A. Denjoy, *loc. cit.*, p. 84; H. Bachman dans *V. j. schr. naturf. Ges.*, Zurich, 95, p. 115-147 pour $A(0)$ et W. Sierpinski, *Revista de Ciencias*, Lima, XLI, p. 289-299 pour $B(0)$.

déterminé $eR(\alpha)$ des entiers naturels $e(x)$, $[x \in R(\alpha)]$ définit un nombre irrationnel unique

$$b(\alpha) = \frac{1}{l_1 + \frac{1}{l_2 + \ldots}}$$

l_k désignant le $k^{-\text{ième}}$ nombre de $eR(\alpha)$; la correspondance $b(\alpha)$, $(\omega \leq \alpha < \omega_1)$ étant biunivoque, il s'ensuit $\aleph_1 \leq 2^{\aleph_0}$.

ALGÈBRE. — *Sur une classe de demi-groupes inversifs.*

Note (*) de M. GABRIEL THIERRIN, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons introduit la notion de demi-groupe inversif. Nous allons définir maintenant une classe particulière de demi-groupes inversifs.

Soit un demi-groupe D tel que la relation

$$xy = zt, \quad \text{avec} \quad x \neq z \tag{1}$$

entraîne

$$y = t.$$

Alors la relation

$$x'y' = z't', \quad \text{avec} \quad y' \neq t' \tag{2}$$

entraîne

$$x' = z',$$

La propriété ci-dessus est donc symétrique : tout demi-groupe la possédant sera appelé *anti-semi-groupe*.

Dans un anti-semi-groupe, chaque élément est idempotent.

En effet nous avons

$$a^3 = a^2 a = a a^2.$$

Si $a^2 \neq a$, on a alors $a^2 = a$, ce qui est contradictoire. Donc $a^2 = a$.

Un anti-semi-groupe est un demi-groupe inversif.

En effet, puisque $a^2 = a$, nous avons

$$aaa = a^2 a = aa = a.$$

Dans un anti-semi-groupe, deux éléments ne peuvent être permutables que s'ils sont égaux, car l'égalité $ab = ba$ entraîne $a = b$, si a et b sont différents, ce qui est impossible.

(*) Séance du 19 décembre 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 376. Un demi-groupe D est inversif si, pour tout $x \in D$, il existe $x' \in D$ tel que $xx'x = x$.

Nous avons la proposition suivante :

Les éléments d'un anti-semi-groupe A *sont tous permis à droite ou tous permis à gauche.*

En effet, soit x un élément quelconque de A. Cet élément est, soit permis à droite, soit non permis à droite. S'il n'est pas permis à droite, il existe au moins un élément $y \neq x$ tel que $xy \neq x$. De l'égalité

$$(xy)x = x(yx),$$

il suit alors

$$x = yx.$$

S'il se trouve alors dans A un élément z tel que $xz = x = yx$, nous devons avoir $z = x$, puisque $x \neq y$. Par conséquent, si x n'est pas permis à droite, il est permis à gauche, puisque nous avons alors $x = tx$, quel que soit t appartenant à A.

Puisque chaque élément est permis soit à droite, soit à gauche, il s'ensuit alors forcément que tous les éléments sont permis en même temps soit à droite, soit à gauche, et la proposition est démontrée.

Inversement, un groupoïde A *dont les éléments sont tous permis à droite ou tous permis à gauche est un anti-semi-groupe.*

En effet, supposons que les éléments de A soient tous permis à droite par exemple. Le groupoïde A est alors un demi-groupe, car nous avons, quels que soient a, b et c appartenant à A :

$$a(bc) = a, \qquad (ab)c = ab = a,$$

donc

$$a(bc) = (ab)c.$$

De l'égalité

$$xy = zt,$$

il suit

$$x = z.$$

quels que soient y et t, donc en particulier pour $y \neq t$. Par conséquent, A est un anti-semi-groupe.

On appellera anti-semi-groupe à droite un anti-semi-groupe dont tous les éléments sont permis à droite. Remarquons que, dans un tel semi-groupe A, la règle de simplification est valable à droite, mais non à gauche. Si A est fini, sa table de multiplication présente l'aspect suivant :

	a_1	a_2	$\ldots$	a_n
a_1	a_1	a_1	$\ldots$	a_1
a_2	a_2	a_2	$\ldots$	a_2
..	..	..	...	..
a_n	a_n	a_n	$\ldots$	a_n

On voit que les demi-groupes inversifs peuvent être très éloignés des groupes.

On a des propriétés analogues dans le cas symétrique (anti-semi-groupe à gauche).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la composition des singularités des séries de Dirichlet générales.* Note de M. **Maurice Blambert**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Cette Note complète une Note (¹) antérieure et en utilise les définitions et les notations.

$S_f^{\sigma_1}$ et $S_\varphi^{\sigma_2}$ étant respectivement les ensembles singuliers des fonctions $f(s)=\Sigma a_n e^{-s\lambda_n}$ et $\varphi(s)=\Sigma b_n e^{-s\mu_n}$ par rapport aux demi-plans $P_f(\sigma>\sigma_1)$ et $P_\varphi(\sigma>\sigma_2)$, je dis que $\gamma\in(S_\varphi^{\sigma_2}\cup\overline{S}_{f\varphi}^{\sigma_1\sigma_2})$, (où $S_{f\varphi}^{\sigma_1\sigma_2}$ est l'ensemble composé de $S_f^{\sigma_1}$ et $S_\varphi^{\sigma_2}$), est un $\gamma^\star$ s'il existe un arc de Jordan, sans point multiple, d'origine $s_0(\mathcal{R}s_0>\sigma_A^f+\sigma_A^\varphi)$, d'extrémité γ, dont tous les points, sauf évidemment γ, appartiennent au complémentaire par rapport à $\overline{P}[\sigma\geqq\max(0, \sigma_{\mathcal{H}}^f)+\sigma_2]$ de $\overline{P}\cap(S_\varphi^{\sigma_2}\cup\overline{S}_{f\varphi}^{\sigma_1\sigma_2})$. La locution, « hypothèses du type (M) », désigne les hypothèses suivantes (utilisées dans la Note rappelée) : $f(s)$ est uniforme $U_\mathfrak{M}$ et d'ordre $O_\mathfrak{M}$ égal à ν dans P_f; $\sigma_A^f<\infty$·—·$\varphi(s)$ est uniforme $U_\mathfrak{M}$ et d'ordre $O_\mathfrak{M}$ égal à μ dans P_φ; $\sigma_A^\varphi<\infty$.

Théorème I. — *Dans les hypothèses du type* (M) *et les suivantes :* 1° $\alpha_i(\neq 0)$, $i=0, 1, 2, \ldots, \infty$, *isolés dans* $S_f^{\sigma_1}$, *sont des points essentiels de* $f(s)$; 2° borne $|\alpha_i-\alpha_j|>0$, $i\neq j$; 3° β_i *isolés dans* $S_\varphi^{\sigma_2}$, *points essentiels de* $\varphi(s)$, *sont tels que* $\gamma=\alpha_0+\beta_0=\alpha_i+\beta_i$, $i=1, 2, \ldots, \infty$, *est un* $\gamma^\star$; 4° $\gamma\notin(S_\varphi^{\sigma_2}\cup\overline{S}'^{\sigma_1\sigma_2}_{f\varphi})$, *où* $S'^{\sigma_1\sigma_2}_{f\varphi}$ *est l'ensemble composé de* $S_\varphi^{\sigma_2}$ *et* $\bigcap_{S_f^{\sigma_1}}\mathcal{E}_f$, $\mathcal{E}_f=\bigcup_i(\alpha_i)$; 5° γ *est point isolé dans* $\overline{S}_{f\varphi}^{\sigma_1\sigma_2}$; *alors le point* γ *est singulier pour la fonction* $H_\mathfrak{M}[f(s), \varphi(s)|k]=\Sigma a_{\mu_n}^{(k)} b_n e^{-s\mu_n}$ *dès que l'entier* k *est supérieur à un certain entier* k_* [k_* *dépendant du couple de fonctions composantes* $f(s)$, $\varphi(s)$].

Soit α un point commun à deux ensembles $\mathcal{L}$ et $\mathcal{L}_1$ du plan de la variable s; l'ensemble $\mathcal{L}$ est dit « appartenir localement au point α » à l'ensemble $\mathcal{L}_1$ s'il existe un cercle ouvert $c(\alpha, \varepsilon)$, de centre α et de rayon ε suffisamment petit, tel que $(c(\alpha, \varepsilon)\cap\mathcal{L})\subset(c(\alpha, \varepsilon)\cap\mathcal{L}_1)$. Je dis, avec M. G. Pólya, que $\beta\in S_\varphi^{\sigma_2}$ est point singulier « accessible » pour $\varphi(s)$, s'il existe un cercle ouvert de centre β, un diamètre, partagé par β en deux rayons ouverts en β, partageant

(¹) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1565.

le cercle en deux demi-cercles ouverts tels que $\varphi(s)$ reste régulière dans un des deux demi-cercles et sur un des deux rayons à l'extrémité β duquel elle est singulière. S'affranchissant de la condition imposée aux β_i d'être des singularités ponctuelles, on énonce :

THÉORÈME II. — *Dans les hypothèses du type* (M), *les hypothèses* (1), (2), (4), *ci-dessus et les suivantes :* 1° *il existe* $\{\beta_n\} \subset S_\varphi^{\sigma_2}$ *telle que* $\gamma = \alpha_0 + \beta_0 = \alpha_n + \beta_n$, $n = 1, 2, \ldots, \infty$, *soit un* γ^*; 2° *il existe l'entier* n_0 *tel que l'ensemble des points de* $S_\varphi^{\sigma_2}(\alpha_{n_0})$, « *accessible* » *pour* $\varphi(s - \alpha_{n_0})$, *n'appartient pas localement au point* γ, *à la fermeture de la réunion des ensembles* $S_\varphi^{\sigma_2}(\alpha_n)$, $n \neq n_0$, [$S_\varphi^{\sigma_2}(\alpha_n)$ *est l'ensemble composé de* $S_\varphi^{\sigma_2}$ *et du point* α_n]; *alors le point* γ *est singulier pour la fonction* $H_{\mathfrak{M}}[f(s), \varphi(s) \mid k]$; k (*entier*) $> \nu + \mu + 1$.

Utilisant une propriété due à MM. G. Pólya et Schwengler, relative à la répartition des zéros des polynomes généralisés de Dirichlet dont les coefficients sont des polynomes algébriques, on énonce :

THÉORÈME III. — *Dans les hypothèses du type* (M) *et :* 1° $\alpha_n (\neq 0)$, $n = 0, 1, 2, \ldots, N$, *points isolés de* $S_f^{\sigma_1}$, *sont des pôles de* $f(s)$ *ne vérifiant aucune relation de la forme* $P(\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_N) = 0$, *où* P *est un polynome, à coefficients entiers, par rapport aux arguments* α_n; 2° $\mathcal{R}\alpha_n \neq 0$, $\mathcal{R}\alpha_n \neq \mathcal{R}\alpha_{n'}$, $n \neq n'$; 3° *il existe* $\beta_n \in S_\varphi^{\sigma_2}$ *tels que* $\gamma = \alpha_0 + \beta_0 = \alpha_n + \beta_n$, $n = 1, 2, \ldots, N$, *soit un* γ^*; 4° $\gamma \notin (S_\varphi^{\sigma_2} \cup \overline{S}_{f\varphi}^{\prime\sigma_1\sigma_2})$, *où* $S_{f\varphi}^{\prime\sigma_1\sigma_2}$ *est l'ensemble composé de* $S_\varphi^{\sigma_2}$ *et* $S_f^{\prime\sigma_1}$ (*déduit de* $S_f^{\sigma_1}$ *par suppression des* $n+1$ *points* α_n); *alors il existe un entier* k_* [*dépendant de* $f(s)$ *et* $\varphi(s)$] *tel que le point* γ *est singulier pour chaque fonction* $H_{\mathfrak{M}}[f(s), \varphi(s) \mid k]$, k (*entier*) $\geq k_*$.

Si les α_n sont pôles du premier ordre, l'assertion est vraie sans l'hypothèse (2). Celle-ci peut d'ailleurs être modifiée de diverses façons. Par exemple, l'assertion du théorème III reste vraie si $\mathcal{I}\alpha_n = 0$, $n = 0, 1, 2, \ldots, N$, et si la suite $\{\mu_p\}$ des exposants de $\varphi(s)$ n'admet pas de base linéaire, ou bien si $\overline{\lim}\, \mu_p/\mu_{p-1} = \infty$, ou bien s'il est impossible de trouver $c > 0$ tel que $\underline{\lim}\, \mu_p/p^c \geq 1$.

L'assertion du théorème III est encore vraie si, toute les autres conditions restant inchangées, l'hypothèse (2) est remplacée par : les pôles α_n appartiennent à la bande $|t| < \Pi D$, où D est la densité de la suite mesurable $\{\mu_p\}$ dont l'indice de condensation (au sens V. Bernstein) est nul.

Certaines de ces propriétés, (traduites avec les précautions de langage déjà précisées dans la Note antérieure) dans le cas particulier des séries de Taylor-D, (les suites $\{\lambda_n\}$, $\{\mu_n\}$ sont alors identiques à la suite des entiers positifs), généralisent des résultats énoncés par M. G. Pólya sur les séries de Taylor. Dans une autre Note, nous étudierons des cas plus délicats de composition des singularités.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Écoulement conique au voisinage d'un point de jonction.* Note (*) de M. **Jean Legras**, présentée par M. Joseph Pérès.

L'emploi d'une représentation paramétrique valable au voisinage d'un « point de jonction » et calculée en première approximation, permet la détermination de l'onde de choc et la représentation du champ des vitesses.

1° Il s'agit d'un écoulement conique, supersonique; l'obstacle est une plaque plane limitée par un angle droit, dont le bord d'attaque est perpendiculaire à la vitesse du fluide à l'infini (prise comme unité). L'obstacle est partiellement intérieur et partiellement extérieur au cône de Mach. Il existe des ondes de choc planes, enveloppes des cônes de choc ayant leur sommet sur le bord d'attaque et une onde de choc conique ayant son sommet au sommet de l'angle; ces ondes de choc planes et conique ont en commun deux « lignes de jonction ».

La solution linéarisée n'a plus de sens au voisinage du cône de choc et pour obtenir une « première approximation » valable près de ce cône, il faut utiliser la méthode de Lighthill (1) qui consiste à représenter le potentiel de l'écoulement en fonction des variables coniques r, χ et θ par une représentation paramétrique de la forme

$$\Phi = rf(\chi;\,\theta) = rf_1(\xi,\,\theta) + \ldots, \tag{1}$$

$$\chi = \xi + g(\xi,\,\theta), \tag{2}$$

déterminée en première approximation et où $f_1(\xi,\,\theta)$ est la solution linéarisée en fonction des variables ξ et θ.

On peut ainsi représenter l'écoulement, à l'exclusion des points de jonction des ondes planes et de l'onde conique. En effet, au voisinage de ces points, la transformation (2) est singulière; les termes du second ordre négligés dans f_1 donnent naissance, lors du calcul des composantes u, v et w de la vitesse de perturbation, à des termes qui sont le produit d'un infiniment petit du second ordre par un facteur qui devient infini au voisinage du point de jonction; les termes négligés en première approximation dans u, v et w ne sont pas des infiniment petits uniformément du second ordre. Lighthill a obtenu une première approximation du potentiel, mais non des vitesses.

2° Nous sommes ainsi conduit à généraliser une méthode employée par Whitham (2) et à chercher une solution de l'équation fondamentale sous forme de représentation paramétrique, par des développements en séries valables au

(*) Séance du 19 décembre 1951.

(1) *Phil.*, 7e série. **11**, 1949, p. 1202.

(2) *Proc. Roy. Soc.*, V, **201**, 1950.

voisinage des points de jonction, tels que

$$(3)\quad \begin{cases} u = -\dfrac{w_0}{\beta\pi}\left(\dfrac{\pi}{2}-\alpha\right)+a_2+t\,e_1(\alpha)+\ldots, \\ v = b_2+t\,e_2(\alpha), \\ w = \dfrac{w_0}{\pi}\left(\dfrac{\pi}{2}-\alpha\right)+c_2+t\,e_3(\alpha)+\ldots, \\ r = 1+l(\alpha)+t+\ldots, \\ \omega = \dfrac{\pi}{2}+m(\alpha), \end{cases}$$

dont les coefficients ne seront calculés qu'en première approximation.

Les expressions (3) doivent satisfaire aux relations de compatibilité, qui expriment le fait que u, v et w sont les dérivées d'un même potentiel conique, ainsi qu'à l'équation fondamentale.

La méthode de Lighthill a permis de montrer l'existence d'arcs C_1, C_2 et C_3 où les conditions de choc sont vérifiées et où la discontinuité de vitesse est un infiniment petit du second ordre. C_1 correspond à un angle polaire compris entre 0 et $\pi/2$, C_2 à un angle polaire compris entre $\pi/2$ et $3\pi/2$; à l'extérieur de C_2 les composantes u_0 et w_0 de la vitesse de perturbation sont nulles. Une telle représentation ne peut pas convenir au voisinage d'un point de jonction car elle conduirait à une onde de choc discontinue. Nous chercherons s'il est possible de trouver des arcs d'onde de choc où la discontinuité de vitesse est un infiniment petit du *premier* ordre.

Les formules (3) permettent cette représentation. D'une façon plus précise, nous chercherons s'il est possible de trouver un arc EJ_1 (défini par $t=0$) joignant le point de jonction J_1 à un point E de l'arc C_1, tel qu'à l'extérieur de EJ_1, u_0 et w_0 soient connues et que la discontinuité de vitesse du premier ordre, vérifie les deux conditions de choc. Nous étudierons de même un arc J_1F où F est un point de C_2, tel que u_0 et w_0 soient nuls à l'extérieur de J_1F.

3° En écrivant que les expressions (3) vérifient les relations de compatibilité, la première condition de choc (continuité du potentiel) et l'équation fondamentale, on montre que $l(\alpha)$ et $m(\alpha)$ sont liées par

$$2L(\alpha)+(m'+L')\left(\alpha+\varepsilon\frac{\pi}{2}\right)=0, \qquad \text{où}\quad L(\alpha)=\frac{l'(\alpha)}{m'(\alpha)}.$$

La seconde condition de choc conduit alors à

$$L^2(\alpha)=-\frac{Kw_0}{8\pi}\left(\alpha+\varepsilon\frac{\pi}{2}\right), \qquad \text{où}\quad K=M^4\beta^{-3}(\gamma+1)$$

et où $\varepsilon=+1$ sur l'arc EJ_1 et $\varepsilon=-1$ sur l'arc J_1F.

On vérifie en particulier que EJ_1 et J_1F ne peuvent pas exister simultanément et que J_1 est nécessairement à l'intersection de l'onde plane soit avec C_1 soit avec C_2, suivant le signe de w_0.

Il est ensuite possible de déterminer le paramètre α_0 du point J_1, ce qui permet de calculer la discontinuité de vitesse à l'intérieur du cône au voisinage de J_1, puis d'expliciter $l(\alpha)$ et $m(\alpha)$, qui définissent les arcs EJ_1 ou J_1F. On trouve, par exemple, que si $w_0 > 0$, c'est l'arc J_1F qui existe et que son équation polaire rapportée à l'axe polaire est

$$\rho = 1 + \frac{\omega^2}{10}, \qquad \text{où} \quad 0 < \omega < \sqrt{5Kw_0}.$$

Une étude détaillée des arcs EJ_1 et J_1F, en particulier des tangentes en J_1, montre l'existence d'une seule solution.

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *Sur une erreur systématique d'origine orbitale dans les parallaxes dynamiques d'étoiles doubles visuelles.* Note de Mlle **Marie-Louise Labeur**, présentée par M. André Danjon.

Ensemble de résultats concernant la précision des parallaxes et orbites d'étoiles doubles visuelles. Il en résulte que les orbites à longue période sont affectées en général d'une erreur par défaut sur cette période, erreur qui réagit sur la parallaxe dynamique d'une manière négligeable. Au contraire, les parallaxes dynamiques des petites orbites sont bien déterminées.

La présente Note expose certains résultats issus d'une étude d'ensemble sur les parallaxes dynamiques, ayant en vue leur précision, en particulier la recherche des erreurs systématiques. Il s'agit, pour commencer, des parallaxes dynamiques des couples à orbite connue.

A partir des expressions mathématiques, j'ai d'abord précisé en toute rigueur l'influence d'erreurs déjà signalées sans avoir été examinées dans leur généralité : présence fortuite de naines blanches, éventualité de composantes elles-mêmes binaires, ignorance du type spectral de la seconde composante à laquelle on attribue celui de la première, existence de matière interstellaire (1), excès dans l'estimation de la différence des magnitudes entre les deux composantes (2), enfin intervention du grand axe de l'orbite dans le cas assez fréquent où les distances mesurées ρ des couples sont affectées d'erreurs par excès (3). J'ai établi que toutes ces causes agissent dans le même sens, conduisant à une valeur *trop forte* de la parallaxe dynamique, et j'ai évalué l'ordre de grandeur de l'erreur éventuelle.

C'est bien une correction *négative* que Russell et Moore ont appliquée à leurs parallaxes dynamiques initiales, en ajoutant une même constante à toutes les

(1) Ces quatre circonstances ont été étudiées par M. Georges Durand (*Ann. Obs. Toulouse*, 14, 1938, p. 35 et 15, 1939, p. 149).

(2) P. Baize et L. Romani, *Ann. Astrophys.*, 6, 1943, p. 1-18; P. Muller, *Ann. Obs. Strasbourg*, 5, 1949, p. 17.

(3) A. Danjon, *Bull. Astr.*, 11, 1938, p. 215.

magnitudes [4], qu'ils justifient par un simple calcul de moyenne déduit de la comparaison entre parallaxes dynamiques et parallaxes observées. Mais, après ce qui précède, il est clair qu'une correction systématique ne saurait être la même pour toutes les parallaxes dynamiques.

Portant spécialement mon attention sur l'erreur signalée par M. Danjon, j'examine alors si les couples de faible distance ($\rho < 1''$), que j'appellerai ici *couples* (α), doivent donner lieu à une correction, tandis qu'il n'en serait pas de même pour les autres, ou *couples* (β). Une première difficulté réside dans la petitesse de l'effet à mettre en évidence : une telle erreur ne dépasse pas 5 %. Il y faut donc un matériel particulièrement précis et débarrassé autant qu'il est possible des autres causes d'erreurs.

Pour les orbites, j'ai opéré une classification selon leur précision, conformément à la méthode de Finsen [5], retenant successivement les orbites « définitives », « dignes de confiance », « préliminaires » (ces dernières susceptibles d'orienter sur le sens d'une erreur) et rejetant les autres (« indéterminées »). Les parallaxes de comparaison ont été sélectionnées selon un double critère : faible erreur probable sur la parallaxe trigonométrique, faible différence entre la parallaxe trigonométrique et la parallaxe spectroscopique. J'ai ainsi retenu 33 couples : 16(α) et 17(β). Quant aux parallaxes dynamiques, j'adopte provisoirement celles de Russell et Moore tirées de la relation d'Eddington; ce choix est d'ailleurs sans importance pour la discussion en vue.

Cela posé, la comparaison entre les parallaxes dynamiques d et les parallaxes observées p fait apparaître que les d_α sont *relativement plus petites* que les d_β. Ce résultat est inattendu. Cependant il ressort nettement de notre statistique, soit globale, soit en séparant les trois classes d'orbites définies ci-dessus. De plus, il est remarquable que le même résultat s'affirme dans une autre sélection de binaires visuelles et de parallaxes [6] : pour 41 couples, dont 19(α) et 22(β), je trouve une différence analogue dans les trois types de parallaxes dynamiques considérées par les auteurs. Le fait est donc bien établi. Il faut l'interpréter.

Reprenant ma discussion des autres causes d'erreurs et tenant compte que j'en ai éliminé par ma sélection, je suis amenée à corriger *positivement* l'ensemble des parallaxes dynamiques de Russell et Moore, mais moins que ces auteurs (1,5 % environ). Cette correction diminue aussitôt l'écart quadratique moyen entre parallaxes dynamiques et parallaxes observées, ce qui la confirme *a posteriori*. Alors, il apparaît que les parallaxes dynamiques des *couples* (α) sont dans l'ensemble *exactes*, tandis que celles des *couples* (β) sont un peu *trop grandes*.

---

(4) *The masses of the stars*, Chicago, 1940, p. 73; *Astron. J.*, 38, 1928, p. 96 et 39, 1929, p. 165.

(5) *Union Observatory*, *Circular*, n° 100, 1938, p. 466.

(6) P. Baize et L. Romani, *Ann. Astrophys.*, 9, 1946, p. 37.

Or, en sélectionnant les couples selon la *distance* ρ, on les sélectionne non seulement selon le *grand axe a* de l'orbite, mais aussi selon la *période* P et même la *parallaxe p*. On a ici, en moyenne : pour les (α), $a = 0'',58$, $P = 34^a,5$, $p = 0'',059$; pour les (β), $a = 3'',26$, $P = 137^a$, $p = 0'',154$.

L'ensemble de ces considérations suggère l'existence d'une erreur par défaut dans les périodes des couples (β).

Cette constatation s'accorde bien avec une autre discussion que j'ai faite ensuite, en confrontant les orbites anciennes et récentes d'un même couple sans m'occuper de la parallaxe, ce qui élargit mon matériel. Pour les (α), la moitié ne manifeste aucune variation de *d*, l'autre moitié se partage également dans les deux sens, la variation étant le plus souvent infime. Pour les (β), 75 % accusent une variation dans le sens prévu, 12 % sont en sens inverse et 13 % n'offrent pas de variation.

La conclusion de tout ce qui précède est que, pour les *couples* (α), c'est-à-dire les *petites orbites*, les parallaxes dynamiques n'ont pas besoin de correction relevant de la distance ρ et qu'elles sont bien déterminées; cela s'explique du fait que leur période est courte, qu'ils ont été fréquemment observés, parfois pendant plusieurs révolutions, que certains observateurs ne commettent pas d'erreurs dans les mesures de distances (ce que souligne M. Danjon), enfin que ces erreurs ont une influence véritablement faible sur les parallaxes dynamiques.

Au contraire les *couples* (β), ou *grandes orbites*, présentent dans l'ensemble une erreur par défaut sur les périodes. Cette erreur varie évidemment avec l'ordre de précision des orbites considérées. Pour des orbites qualifiées bonnes, elle affecte la parallaxe dynamique d'une erreur *par excès* d'environ 3 %.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Théorie d'une expérience de Dufour et Prunier.* Note (*) de MM. **André Metz** et **Fernand Prunier**, présentée par M. Jean Becquerel.

A. Dufour et F. Prunier ont réalisé de 1937 à 1941 sur un plateau tournant, plusieurs séries d'expériences d'interférences entre faisceaux lumineux ayant parcouru des circuits analogue dans deux sens opposés sur ce plateau ([1]).

Une de ces expériences comportait le dispositif classique de l'expérience de Sagnac ([2]), mais avec des tubes remplis d'eau, fermés à chaque extrémité par des glaces, intercalés sur les trajets des faisceaux et ne participant pas à la rotation du disque. L'appareil était illuminé une fois par tour par un éclair

(*) Séance du 19 décembre 1951.

([1]) F. Prunier, *Archives des sciences physiques et naturelles*, (5), 28, Genève, 1946, fasc. 4 et 5, p. 71.

([2]) G. Sagnac, *Comptes rendus*, 157, 1913, p. 708 et 1410; *J. Phys.*, (5), 4, 1914, p. 177.

très bref, au moment où les axes des tubes (fixes) coïncidaient avec les alignement des miroirs consécutifs (mobiles).

Pendant cet éclair les ondes lumineuses avaient (malgré sa brièveté) le temps de faire plusieurs milliers de fois les circuits prévus sur le disque, de sorte que les interférences résultant de la superposition des dernières parties des trajets pouvaient être photographiées de façon précise.

Aucune théorie de cette expérience n'a encore été publiée.

Cette théorie peut se faire aisément par la considération de mesures de temps, d'espace et de vitesses évaluées dans le système de référence sans rotation du laboratoire, ce qui conduit à un calcul valable aussi bien dans la théorie classique de l'éther que dans la théorie de la Relativité.

Le trajet lumineux étant un polygone $LM_1M_2M_3M_4L$, considérons un élément rectiligne LM_1 de ce trajet, supposé parcouru en très grande partie dans l'eau. Soit l sa longueur, et n l'indice de réfraction de l'eau.

Pendant que ce trajet est parcouru par la lumière, c'est-à-dire pendant le temps $l(n/c)$, le point M_1 vient en M'_1 sur la circonférence de centre C (centre du disque) et passant par M_1, à une distance $M_1M'_1 = r\omega l(n/c)$, en appelant r la distance CM_1 et ω la vitesse angulaire du disque.

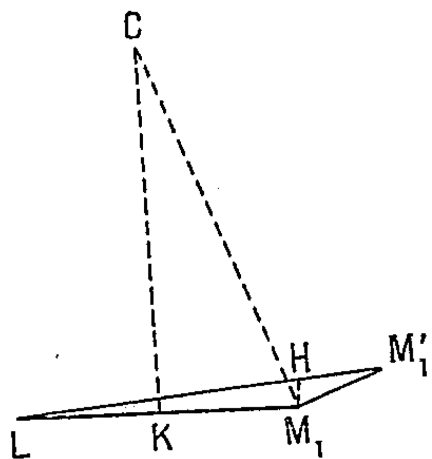


Fig. 1.



Fig. 2.

Le trajet de la lumière est donc allongé (pour le faisceau lumineux exécutant le circuit dans le sens de la rotation; raccourci pour l'autre faisceau) de $LM'_1 - LM_1$ soit $HM_1 = M_1M'_1\cos\mu$, μ étant l'angle $M_1M'_1L$.

L'allongement de l'élément LM_1 est donc $r\omega l(n/c)\cos\mu$.

Abaissons du centre C la perpendiculaire CK sur LM_1. L'angle M_1CK est égal à μ [3]. Donc

$$CK = r\cos\mu \qquad \text{et} \qquad rl\cos\mu = l\,CK = 2.\text{aire } CLM_1.$$

([3]) C'est *tout à fait rigoureux* si L est sur la circonférence de centre C et passant par M_1, car l'angle au centre LCM_1, double de KCM_1, est aussi le double de l'angle inscrit LM'_1M_1. C'est *exact de façon très approchée* de toute façon, car l'angle $M_1LM'_1$ est extrêmement petit, et les droites LM_1 et LM'_1 sont presque confondues.

L'allongement, par le mouvement du disque, du trajet LM_1 est donc

$$\frac{2\omega n \text{ aire } CLM_1}{c}.$$

Sur l'ensemble du circuit, l'allongement est donc $(2\omega\mathcal{A}n)/c$, $\mathcal{A}$ désignant l'aire du polygone décrit par le faisceau.

Le trajet parcouru en sens inverse est *raccourci* d'autant, donc la différence des deux trajets est au total $(4\omega\mathcal{A}n)/c$.

Il en résulte que les ondes de l'un des faisceaux auront un retard sur celles de l'autre, car les vitesses sont les mêmes. Il y aura donc un déplacement des franges d'interférence, par rapport aux franges observées lorsque le disque est immobile.

De combien sera ce retard?

Si les glaces terminales des tubes sont *parallèles* aux directions telles que $M_1 M'$, etc., c'est-à-dire normales aux rayons CM_1, etc., les augmentations et diminutions de longueur ont lieu *proportionnellement* dans l'eau et dans l'air; donc en vertu de la prépondérance des parcours dans l'eau, le décalage temporel s'obtiendra en divisant la différence des trajets par c/n. Il sera donc $(4\omega\mathcal{A}n^2)/c^2$.

Mais dans l'expérience, telle qu'elle a été effectivement faite, les tubes d'eau sont fermés par des vitres planes perpendiculaires aux directions des rayons lumineux. Il en résulte que les trajets dans l'eau sont forcément toujours les mêmes pour les faisceaux lumineux (dans un sens ou dans l'autre) que le disque tourne ou ne tourne pas (*fig.* 2).

La différence des trajets porte alors uniquement sur des parcours dans l'air, bien que ceux-ci soient relativement très petits (la différence en question est beaucoup plus petite). Le retard des ondes d'un des faisceaux sur celles de l'autre s'obtient alors en divisant par c la différence des trajets, ce qui donne $(4\omega\mathcal{A}n)/c^2$.

C'est le décalage temporel à l'arrivée des ondes sur la glace semi-transparente L à la fin du circuit complet. A partir de là, les deux faisceaux cheminent (géométriquement superposés) *dans l'air* jusqu'à l'appareil photographique, et le décalage des franges qui en résulte s'obtient (exprimé en nombre de franges) en multipliant par c/λ. Il doit donc être $(4\omega\mathcal{A}n)/c\lambda$, et c'est ce qu'a vérifié l'expérience (¹).

(¹) F. PRUNIER, *loc. cit.*, p. 72.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la quantification de la nouvelle théorie classique de Dirac.* II. Note (*) de M. **Jean G. Valatin**, présentée par M. Louis de Broglie.

La formulation hamiltonienne est discutée. L'élimination d'une composante du potentiel reste le point critique de la théorie. Une voie pour éviter des singularités serait d'associer une constante de masse non nulle au champ électromagnétique.

En gardant les notations $B_0 = B^0$, $B_k = -B^k$, les équations de la Note précédente ([1]) peuvent être explicitées sous la forme

$$(1a,b)\qquad E^j = \partial^j B^0 - \partial^0 B^j,\qquad F^{jk} = \partial^j B^k - \partial^k B^j,$$

$$(1c,d)\qquad \partial_0 E^j + \partial_k F^{jk} = b^2 B^j,\qquad -\partial_k E^k = b^2 B^0,$$

$$(1e)\qquad \{\hbar^2(\partial_0\partial^0 + \partial_k\partial^k) + m^2c^2 - B_0B^0 - B_kB^k\}\, b = 0.$$

La fonction de Lagrange de la Note précédente donne pour les moments conjugués

$$(2a,b,c)\qquad p = \frac{\partial L}{\partial(\partial_0 b)} = \hbar^2\partial^0 b,\qquad P^k = \frac{\partial L}{\partial(\partial_0 B_k)} = E^k,\qquad P^0 = \frac{\partial L}{\partial(\partial_0 B_0)} = 0$$

Abstraction faite de la dernière relation, on obtient l'hamiltonien

$$(3)\qquad H = \int d^3x\left\{-\frac{1}{2}E_kE^k + \frac{1}{4}F_{jk}F^{jk}\right\} + \int d^3x\left\{E^k\partial_k B^0 - \frac{1}{2}b^2B_0B^0 - \frac{1}{2}b^2B_kB^k\right\}$$
$$+\int d^3x\left\{\frac{1}{2\hbar^2}p^2 - \frac{1}{2}\hbar^2\,\partial_k b\,\partial^k b + \frac{1}{2}m^2c^2b^2\right\}.$$

En admettant $\int d^3x\,\partial_k(E^kB^0) = 0$, bien que $\int d^3x\,\partial_k E^k \neq 0$, la seconde somme de (3) peut être écrite à l'aide de (1 d) sous la forme

$$(3a)\qquad \frac{1}{2}\int d^3x\,\{b^2B_0B^0 - b^2B_kB^k\}.$$

Pour éliminer B^0 de la théorie, Dirac écrit ([2]) au lieu du premier terme de (3 a), moyennant (1 d),

$$(3b)\qquad \frac{1}{2}\int d^3x\,\frac{1}{b^2}(\partial_k E^k)^2.$$

L'expression sous le signe de sommation n'est définie que pour $b(x) \neq 0$. Cependant les points singuliers $b(x) = 0$ doivent jouer un rôle important dans la théorie ([3]), donnant des points où la jauge des potentiels reste indéfinie.

(*) Séance du 2 janvier 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 64.

([2]) P. A. M. Dirac, *Nuovo Cimento*, 7, 1950, p. 925.

([3]) *Voir* aussi H. Jehle, *Phys. Rev.*, 70, 1946, p. 549.

D'autre part les équations (1) ont également des solutions avec $b \equiv 0$. L'opérateur b^2 de la théorie quantifiée ne posséde donc pas d'inverse et l'expression (3 b) n'est pas définie dans la théorie quantifiée.

Une voie pour éviter cette difficulté serait d'associer, en suivant Louis de Broglie ([4]), une constante de masse μ_0 non rigoureusement nulle au champ électromagnétique et d'écrire au lieu des équations (1 c, d)

$$(4\,a,\,b)\qquad \partial_0 E^j + \partial_k F^{jk} = (\mu_0^2 + b^2)B^j, \qquad -\partial_k E^k = (\mu_0^2 + b^2)B^0.$$

Ceci correspond à l'addition d'un terme $(1/2)\mu_0^2 B_\mu B^\mu$ à la fonction de Lagrange de la Note précédente, et à la soustraction du même terme de l'hamiltonien (3) sous le signe de sommation. (Dans les résultats des calculs effectués par une telle théorie on pourra toujours prendre la limite $\mu_0 \to 0$). L'expression (3 a) devient

$$(5\,a)\qquad \frac{1}{2}\int d^3x\{(\mu_0^2 + b^2)B_0B^0 - (\mu_0^2 + b^2)B_kB^k\},$$

dont le premier terme peut être transformé en

$$(5\,b)\qquad \frac{1}{2}\int d^3x(\mu_0^2 + b^2)^{-1}(\partial_k E^k)^2.$$

$(\mu_0^2 + b^2)^{-1}$ est défini également pour $b^2 = 0$, et l'on utilisera l'expression (5b) dans la théorie quantifiée en se servant de la règle de commutation

$$(6)\qquad [p,(\mu_0^2 + b^2)^{-1}] = -2b(\mu_0^2 + b^2)^{-2}[p, b], \qquad \text{si} \quad \big[b, [p, b]\big] = 0.$$

Si l'on considère b, B_j comme variables de champ indépendantes, avec les moments conjugués p, E^j, on peut passer à la quantification du champ et de la charge en introduisant les relations de commutation

$$(7)\quad [p(x), b(x')] = -i\bar{e}^2\hbar\,\delta(x-x'), \qquad [E^j(x), B_k(x')] = -i\bar{e}^2\,\hbar\,\delta_k^j\,\delta(x-x'), \qquad \bar{e} = \frac{e}{c}.$$

En calculant à l'aide de (7) et de l'hamiltonien (3), avec (5a) au lieu de la seconde somme, les expressions

$$(8)\qquad \begin{cases} \partial_0 E^j = -i\dfrac{1}{\bar{e}^2\hbar}[E^j, H], & \partial_0 B^j = -i\dfrac{1}{\bar{e}^2\hbar}[B^j, H], \\ \partial_0 b = -i\dfrac{1}{\bar{e}^2\hbar}[b, H], & \partial_0 p = -i\dfrac{1}{\bar{e}^2\hbar}[p, H], \end{cases}$$

on retrouve les équations (4a), (2a), et à l'aide de (4b), (1a) et (1e).

Cependant, tout en admettant la commodité des équations mésiques (4a, b) pour définir un procédé de calcul, il se peut que la singularité à $\mu_0 = 0$ soi un élément essentiel de la théorie qu'on ne devrait pas éviter en passant à $\mu_0 \neq 0$.

([4]) L. DE BROGLIE, *Une nouvelle conception de la lumière*, 1934, Paris.

La voie intuitive par laquelle on arrive aux équations (1) indique plutôt cela.

Une autre forme du premier terme de (3a) s'obtient en faisant usage de l'équation (1e), ce qui donne, au lieu de (3b) :

$$\frac{1}{2}\int d^2x\, b\,\{\hbar^2(\partial_0\,\partial^0+\partial_k\,\partial^k)+m^2c^2\}\,b-\frac{1}{2}\int d^3x\, b^2\, B_k B^k. \tag{9}$$

Cette expression ne peut servir directement dans l'hamiltonien à cause de la présence de la dérivée seconde de b par rapport au temps. On pourrait cependant penser à la linéarisation de l'opérateur d'onde de l'équation (1e).

Le problème suivant est d'étendre la théorie au cas de charges douées de spin 1/2. La voie est indiquée par la décomposition de Gordon du courant de l'électron de Dirac, et les équations résultantes doivent être celles d'un milieu polarisé. La seconde quantification entraînera alors le principe d'exclusion.

CHRONOMÉTRIE ÉLECTRONIQUE. — *Étude d'un multiplicateur de fréquence donnant un courant à mille périodes à partir de garde-temps pendulaires.* Note de M. **Pierre Parcelier**, présentée par M. André Danjon.

Une difficulté dans la multiplication de fréquence par voie purement électronique surgit lorsque l'on s'adresse à de faibles fréquences. C'est le cas, en particulier, des tops de fréquence 0,5 ou 1 p : s donnés par les garde-temps pendulaires. Il n'est plus possible d'employer des circuits oscillants classiques dont les coefficients de surtension sont très faibles à ces fréquences. De plus, on ne dispose pas de courants sinusoïdaux aux fréquences envisagées, mais d'impulsions de courant. Pour obvier à ces inconvénients, on utilise des diapasons résonateurs successifs en cascades, mais ils nécessitent, pour les exciter, des tops à une fréquence de répétition très stable. La précision donnée par les contacts de minuterie est trop faible. La fréquence de répétition obtenue par des contacts sur le balancier, mécaniques ou photoélectriques, n'est pas, dans certains cas, assez stable. Il est possible cependant d'utiliser ces contacts à la condition de s'adresser à un procédé indirect pour la multiplication de fréquence.

Une source de tops de fréquence F synchronise un diapason libre D_1. La fréquence obtenue est un multiple de F mais présente, pendant l'intervalle des tops de synchronisation, une variation de phase. La multiplication de cette dernière fréquence est réalisée par sélection d'un harmonique convenable. Un second diapason D_2, monté en auto-oscillateur très stable, vibre sur une fréquence voisine de celle de l'harmonique sélectionné de D_1. Ces deux dernières fréquences sont comparées dans un discriminateur de phase. La tension d'erreur résultante est appliquée dans un intégrateur et la tension recueillie sert à corriger la fréquence du diapason oscilla-

teur D_2. La fréquence d'utilisation est prise sur le diapason corrigé D_2. La présence de l'intégrateur atténue les variations de phase et permet, à la fréquence de D_2, de suivre la marche moyenne du garde-temps synchronisateur. La fréquence est bien définie si les erreurs des contacts synchronisateurs sont réparties dans le temps au hasard.

Un multiplicateur a été réalisé suivant ce principe à l'Observatoire de Bordeaux. Les tops de synchronisation provenaient d'une pendulette battant la seconde. La période de ces tops était d'une seconde de temps sidéral et ceux-ci synchronisaient le diapason libre D_1 de 500 p : s. L'harmonique 2, sélectionné après déformation du courant à l'aide de redresseurs, était comparé dans un discriminateur de phase à diodes, avec la fréquence 1000 p : s issue du diapason oscillateur D_1. La tension d'erreur passait à travers un intégrateur à constante de temps constitué par un réseau de résistances et de capacités et était appliquée, avec le sens convenable, à la bobine de correction du diapason D_2.

Des mesures ont été effectuées à l'aide d'un oscillographe cathodique pour la mise en évidence des déphasages par les figures de Lissajous par comparaison avec un courant étalon à 1000 p : s provenant d'une horloge à quartz de temps sidéral. De même, des enregistrements de longue durée ont été effectués avec un chronographe à cylindre Belin entraîné par le courant à 1000 p : s provenant du multiplicateur. L'inscription sur les feuilles du cylindre des tops de la pendulette a permis de mettre en évidence la liaison rigide obtenue entre la fréquence moyenne de la pendulette et celle du courant à 1000 p : s produit. L'inscription d'une horloge photoélectrique de l'horloge à quartz comme contrôle a permis de vérifier l'absence de variation de fréquence.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur l'interaction des ondes électromagnétiques dans la matière.* Note de M. **René Lucas**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les conditions suivant lesquelles des ondes électromagnétiques progressives peuvent entrer en interaction au sein de la matière sont examinées en cinématique relativiste. Ces conditions permettent de fixer les orientations relatives des propagations des ondes et les nouvelles fréquences des ondes provenant des actions mutuelles.

On sait qu'un champ magnétique permanent altère les propriétés optiques de la matière (effet Faraday), en sorte qu'il est facile d'imaginer une distribution spatiale périodique d'un tel champ capable (pour des ondes lumineuses progressives) de provoquer des phénomènes de diffraction.

L'objet de la présente Note est de rechercher les conditions nécessaires pour qu'une onde électromagnétique P se propageant dans la matière puisse entrer en interaction avec une onde électromagnétique Π_i se propageant dans le

même milieu. La distribution du champ magnétique de l'onde P est considérée comme l'élément d'altération périodique des propriétés du milieu.

Repérons l'onde plane progressive P à l'aide d'un système de référence $S(oxyz)$ lié à la matière, l'onde P se propageant suivant l'axe ox avec la vitesse de phase $V_0 = c/n_0$(n_0, indice du milieu pour l'onde P).

Pour un système de référence $S'(o'x'y'z')$ tel que $o'x'$ glisse le long de ox à la vitesse $v = V_0$ l'onde P semble « figée » avec un flux de matière se propageant dans le sens $o'x' < 0$. Ce milieu sera périodiquement altéré par le champ magnétique de P.

Cherchons les conditions de réflexion sélective de l'onde Π_i sur une telle distribution périodique. Soit

$$a = A \sin 2\pi \left[\nu t - \nu \frac{x \cos\alpha + y \sin\alpha}{V} \right],$$

l'onde Π_i pour le référentiel S (onde plane de fréquence ν dont la normale située dans le plan xoy forme l'angle α avec ox).

Pour les observateurs S' cette onde notée Π'_i sera décrite par l'expression

$$a' = A' \sin 2\pi \left[\nu' t' - \frac{x' \cos\alpha' + y' \sin\alpha'}{V'} \right].$$

Les relations de Lorentz-Einstein permettent d'avoir les nouvelles valeurs de ν', V' et α' en fonction des anciennes. Avec les notations usuelles on obtient

$$(1)\qquad \left\{ \begin{aligned} &\frac{\nu' \sin\alpha'}{V'} = \frac{\nu \sin\alpha}{V}, \qquad \nu' = \frac{\nu}{\sqrt{1-\beta^2}} \left(1 - \frac{v}{V} \cos\alpha\right), \\ &\frac{\nu' \cos\alpha'}{V'} = \frac{\nu}{\sqrt{1-\beta^2}} \left(\frac{\cos\alpha}{V} - \frac{v}{c^2}\right). \end{aligned} \right.$$

Dans le système S' la condition de réflexion sélective de l'onde Π'_i sur l'onde P peut s'exprimer simplement. Il faut remarquer que les vitesses normales V'_i et V'_r pour des ondes incidentes et réfléchies ne sont pas les mêmes. Si Λ' est la longueur d'onde des ondes P mesurée dans le système S' et en affectant les indices i et r à l'onde incidente Π'_i et à l'onde réfléchie Π'_r on obtient

$$(2)\qquad \frac{1}{\Lambda'} = \pm \left(\frac{\nu' \cos\alpha'_r}{V'_r} - \frac{\nu' \cos\alpha'_i}{V'_i} \right).$$

Le signe + ou le signe — se présentant suivant les deux cas possibles de sens de réflexion.

A l'aide des relations (1) il est possible d'exprimer cette condition en une nouvelle en utilisant les paramètres des observateurs S.

Remarquant que $\Lambda' = \Lambda \sqrt{1-\beta^2}$ la relation (2) donne

$$(3)\qquad \pm \frac{1}{\Lambda} = \nu_r \left(\frac{\cos\alpha_r}{V_r} - \frac{v}{c^2} \right) - \nu_i \left(\frac{\cos\alpha_i}{V_i} - \frac{v}{c^2} \right)$$

et à l'aide de la seconde des relations (1) finalement.

$$\nu_r = \nu_i \pm \frac{\nu_0}{1 - \frac{1}{n_0^2}} \tag{4}$$

(ν_0 fréquence des ondes P pour les observateurs S).

Un seul ordre de réflexion sélective a été gardé en raison du caractère harmonique des variations d'indice de la matière.

On peut remarquer incidemment que la relation (4) est applicable à d'autres phénomènes que ceux envisagés au début de cette Note. C'est ainsi que dans le problème de l'interaction des ondes lumineuses et des ondes élastiques, celles-ci remplacent les ondes P du problème précédent. La quantité $1/n_0^2$ a dans ce cas la valeur $(v_0/c)^2$, v_0 désignant la vitesse de l'onde élastique. La relation (4) est alors très voisine de celle donnée par L. Brillouin $\nu_r = \nu_i \pm \nu_0$.

Enfin si les ondes Π_i sont du domaine des rayons X les relations précédentes se trouvent simplifiées par le fait que les vitesses de phase V'_r, V'_i, V_r, V_i peuvent, en première approximation, être considérées comme égales à c.

ÉLECTRONIQUE. — *Temps de montée des lignes à retard artificielles.*

Note (*) de M. **Robert Génin**, présentée par M. Maurice de Broglie.

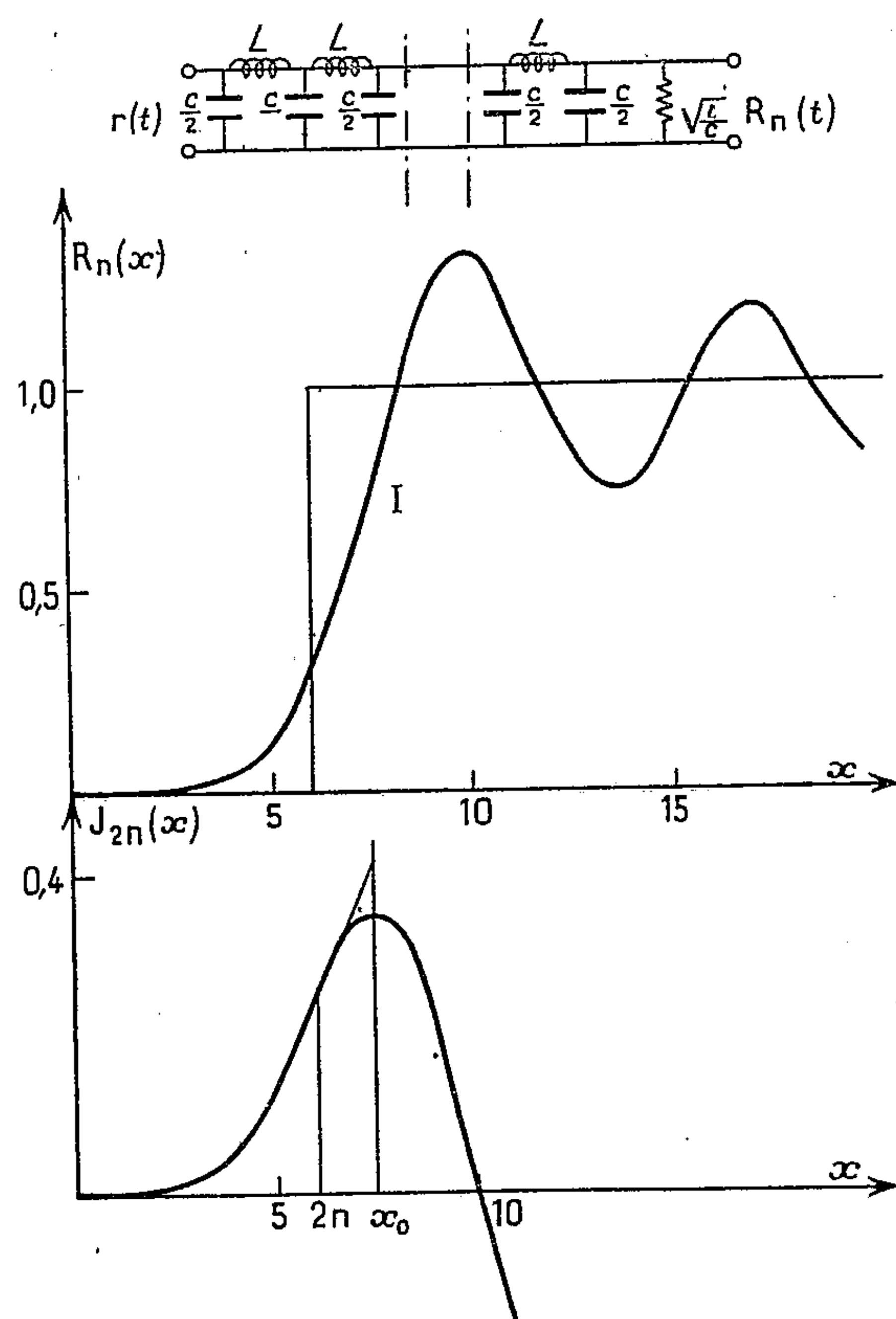
La tension entre les bornes de sortie d'une ligne de transmission idéale fermée sur son impédance caractéristique reproduit le signal appliqué à l'entrée sans distorsion, avec un certain retard $\tau = l\sqrt{\lambda\gamma}$ (l longueur de la ligne, λ et γ self-induction et capacité réparties par unité de longueur). Dans de nombreux cas il est possible de remplacer la ligne de transmission par un filtre passe-bas constitué par une chaîne de cellules en π symétriques comme l'indique la figure. Un tel réseau retarde le signal mais le déforme et l'on peut caractériser cette déformation en étudiant la réponse à la fonction échelon unité $\Gamma(t)[\Gamma(t) = 0$ pour $t < 0$ et $\Gamma(t) = 1$ pour $t > 0]$. Cette réponse est représentée sur la figure dans le cas de trois cellules. Le retard introduit est de l'ordre de $n\sqrt{LC} = 3\sqrt{LC}$. Le tracé en trait fin donne la réponse d'une ligne idéale produisant le même retard. Dans le cas du filtre passe-bas la montée instantanée de l'échelon unité est remplacée par une montée en un temps fini suivie d'oscillations d'amplitude décroissante. La déformation apportée par le réseau peut être définie par le temps de montée Tm. En considérant Tm comme le temps mis par le signal pour passer de 0,1 à 0,9 de sa valeur finale Elmore et Sands ont obtenu expérimentalement la relation

$$Tm = 1{,}1\, n^{\frac{1}{3}} \sqrt{LC} \quad (^1).$$

(*) Séance du 19 décembre 1951.

(1) Elmore et Sands, *Electronics* (*National Nuclear Energie Series*), p. 39.

En prenant une définition légèrement différente de Tm on peut obtenir théoquement une relation de même forme. La $n^{\text{ième}}$ cellule du filtre étant fermée sur



la résistance $R=\sqrt{L/C}$, laréponse au signal échelon unité prise aux bornes de cette résistance est donnée par

$$R_n(t)=\int_0^{\omega_0 t} J_{2n}(x)\,dx,$$

$J_{2n}(x)$ désignant la fonction de Bessel d'ordre $2n$ et d'argument

$$x=\omega_0 t=\frac{2t}{\sqrt{LC}} \quad (^2).$$

Nous prenons pour Tm l'inverse de la pente de la tangente en I, premier point d'inflexion de la courbe $R_n(t)$. L'abscisse de I est la plus petite racine de $J'_{2n}(x)$, soit x_0 cette racine; alors en tenant compte de la relation

$$\frac{dR_n(t)}{dt}=J_{2n}(x)\frac{2}{\sqrt{LC}},$$

(2) PARODI, *Applications physiques de la transformation de Laplace*, p. 169.

il vient

$$T_M = \frac{\sqrt{LC}}{2 J_{2n}(x_0)}.$$

La valeur de $J_{2n}(x_0)$ peut être calculée approximativement en utilisant les expressions asymptotiques de $J_{2n}(2n)$, $J'_{2n}(2n)$ et x_0 :

$$J_{2n}(2n) \sim \frac{0{,}45}{(2n)^{\frac{1}{3}}}, \qquad J'_{2n}(2n) \sim \frac{0{,}41}{(2n)^{\frac{2}{3}}}, \qquad x_0 - 2n \sim 0{,}81\,(2n)^{\frac{1}{3}} \quad (^3).$$

Ces expressions donnent des résultats suffisamment approchés même pour de faibles valeurs de n. Le point d'abscisse $2n$ étant toujours compris entre le premier point d'inflexion et le premier maximum de la courbe $J_{2n}(x)$, nous avons

$$J_{2n}(2n) < J_{2n}(x_0) < J_{2n}(2n) + (x_0 - 2n) J'_{2n}(2n).$$

En remplaçant les expressions $J_{2n}(2n)$, $J'_{2n}(2n)$, $x_0 - 2n$, par les valeurs ci-dessus on a pour le temps de montée la double inégalité

$$0{,}8\sqrt{LC}\,n^{\frac{1}{3}} < T_M < 1{,}4\sqrt{LC}\,n^{\frac{1}{3}}.$$

Ce résultat confirme la forme de la relation expérimentale d'Elmore et Sands, la divergence des coefficients numériques peut être attribuée à la différence des définitions adoptées pour T*m*. Le temps de retard, proportionnel à n, croît plus vite que le temps de montée, proportionnel à $n^{\frac{1}{3}}$. Il est donc possible, avec un nombre de cellules assez grand, de rendre petite la déformation, caractérisée par le temps de montée T*m*, par rapport au temps de retard.

MICROSCOPIE ÉLECTRONIQUE. — *Sur la détermination de la forme et de la dimension des particules de noir de carbone par microscopie électronique.* Note (*) de M. **Jean-Baptiste Donnet** et Mlle **Jacqueline Boissier**, transmise par M. Jacques Duclaux.

On montre que la forme et les dimensions de particules de noir de carbone sont peu affectées par le bombardement des électrons, au cours des examens au microscope électronique.

Les déterminations de forme et de dimensions des particules de noir de carbone à l'aide du microscope électronique ont été faites sur un grand nombre

(3) Watson, *Theory of Bessel Functions*, p. 231, 521 et 746.

(*) Séance du 2 janvier 1951.

d'échantillons [1]. Récemment toutefois J. H. L. Watson a attiré l'attention sur un phénomène qu'il a dénommé *contamination* [2] et qui, d'après lui, serait susceptible de fausser complètement et d'une façon importante, aussi bien les déterminations de forme que les mesures de dimensions.

En effet cet auteur a observé que les particules de noir de carbone soumises au bombardement des électrons subissaient une augmentation de dimension. Ce phénomène serait notable sur membrane de formvar (formal polyvinylique) et deviendrait considérable si les particules sont examinées sans film support. L'existence du phénomène a été confirmée depuis [3], bien que la cause et le mécanisme demeurent controversés [3], [4], [5].

Nous avons été amenés à déterminer, avec la meilleure précision possible, la dimension des particules d'un échantillon de noir de carbone [6] dont l'un de nous étudiait le comportement hydrodynamique [7].

Des très nombreuses observations que nous avons faites avec des préparations sur film de collodion, il ressort que les particules de noir de carbone observées dans ces conditions ne sont pratiquement pas affectées par le bombardement électronique dans les quelques minutes d'un examen de durée normale; il en est de même pour une de ces préparations métallisée à l'or. Signalons que Cosslett [4], opérant avec des particules de ZnO, a observé également que la croissance de ces particules qui était notable sans film support devient négligeable sur film de collodion, ombré ou non à l'or.

D'autre part W. R. Smith [8] opérant sur film de formvar a trouvé, avec le même échantillon que le nôtre, des dimensions identiques comme le montre le tableau ci-dessous dans lequel les diamètres indiqués sont définis par

$$d_A = \frac{\Sigma_i n_i d_i}{\Sigma_i n_i} \qquad \text{et} \qquad d_S = \frac{\Sigma_i n_i d_i^3}{\Sigma_i n_i d_i^2},$$

n_i étant le nombre de particules de l'espèce ayant un diamètre d_i.

Diamètre moyen des particules (déduit de la courbe de répartition).

Diamètre.	W. R. Smith.	J. B. Donnet.
d_A	247 Å	301 Å
d_S	324 Å	372 Å

(1) *Voir* par exemple : *Columbia Colloidal Carbon*, 2, 1942; 3, 1942; *The particle size and surface area of several type of com. Carbon Black*; Godfrey L. Cabot, Boston, 1949; Cabot, *Carbon Black under the electron microscope*, G. L. Cabot, 1949.

(2) J. H. L. Watson, *J. Appl. Phys.*, 18, 1947, p. 153.

(3) J. Hiller, *J. Appl. Phys.*, 19, 1948, p. 226.

(4) V. E. Cosslett, *J. Appl. Phys.*, 18, 1947, p. 844.

(5) J. H. L. Watson, *J. Appl. Phys.*, 19, 1948, p. 110.

(6) *Aqueous Carbon.* Dû au Docteur W. R. Smith de la G. L. Cabot, Boston, U. S. A.

(7) J. B. Donnet, *J. Chim. Phys.*, (à paraître).

(8) Résultats, non publiés, communiqués par le Docteur W. R. Smith.

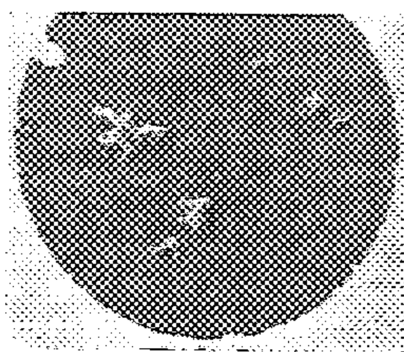
Compte tenu des erreurs sur les mesures de grandissement de chacun des microscopes électroniques, et des erreurs dans la mesure des dimensions des particules, l'accord est satisfaisant.

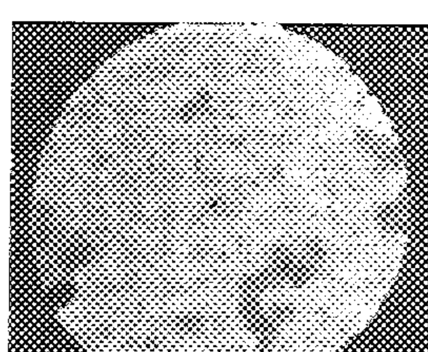
De plus, W. R. Smith a mesuré par une méthode indépendante [9] la surface spécifique de cet échantillon de noir de carbone; cette surface spécifique mesurée est en bon accord (10 %) avec la surface spécifique que l'on peut calculer à partir des mesures de dimensions des particules au microscope électronique.

Ainsi il semble bien que, dans notre cas, les mesures de dimensions sont reproductibles et concordantes avec d'autres mesures.

En ce qui concerne la détermination de la forme des particules de cet échantillon, l'examen de photographie de préparations sur film de collodion (*fig.* 1) ou de préparations ombrées à l'or (*fig.* 2) nous conduit à admettre que la forme sphérique représente assez bien la forme réelle des particules. La plupart des auteurs [10] attribuent d'ailleurs une forme à peu près sphérique aux particules des noirs qu'ils ont examinés, à l'exception d'observations sur des noirs d'acétylène [11] ou de noirs allemands [12].


Fig. 1.


Fig. 2.


Fig. 3.

Nous voudrions signaler en terminant que nous avons bien observé, dans un cas particulier, des phénomènes de contamination.

Nous avons cherché à modifier la polarité du film support et dans ce but nous avons, entre autres, recouvert uniformément le film de collodion d'une couche de quelques angströms de beryllium [13]. Dans ces conditions la contamination devient très nette en même temps que la transparence du film support diminue et que le grain augmente au cours du temps. La figure 3 donne l'aspect des particules après un bombardement d'une quinzaine de minutes.

---

(9) (Absorption d'azote) S. J. BRUNAUER, P. H. EMMETT et E. J. TELLER, *J. Amer. Chem. Soc.*, 60, 1938, p. 309.

(10) H. HEERING, I. GIZYCKI et A. KIRSEK, *Kautschuk*, 17, 1941, p. 56; C. E. HALL, *J. Appl. Phys.*, 19, 1948, p. 271; R. B. ANDERSON et B. H. EMMETT, *J. Appl. Phys.*, 19, 1948, p. 367; *voir* également sous (1).

(11) J. H. L. WATSON, *J. Appl. Phys.*, 17, 1946, p. 121; 20, 1949, p. 747.

(12) T. SCHOON et H. W. KOCH, *Kautschuk*, 17, 1941, p. 1.

(13) E. RIBI et B. G. RÅNBY, *Experientia*, 6, 1950, p. 27.

Conclusion. — Nous pensons que nos mesures de dimensions ne sont pas faussées grossièrement par les phénomènes de contamination; la forme des particules examinées est approximativement sphérique.

La contamination apparaît si les observations sont faites sur films de beryllium.

OPTIQUE. — *Sur les propriétés optiques des couches métalliques très minces.* Note de M. FLORIN ABELÈS, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une précédente Note [1] nous avons indiqué une méthode commode pour déduire des mesures des facteurs de réflexion côté air (R) et côté verre (R′) et du facteur de transmission (T) d'une lame mince métallique les paramètres qui la caractérisent, à savoir son indice de réfraction complexe *n-ik* et son épaisseur *d*. Ceci nous a permis d'examiner d'une façon plus complète qu'on ne l'a fait jusqu'à présent divers résultats expérimentaux et d'en tirer certaines conclusions préliminaires.

Il y a relativement peu d'auteurs qui ont mesuré à la fois R, R′ et T pour une même couche métallique mince et pour diverses longueurs d'onde (λ) de la lumière incidente. Nous nous sommes servi des mesures de Krautkrämer [2] et Goos [3]. Une partie des résultats obtenus se trouvent dans le tableau ci-dessous.

	1.			2.		
λ (mμ).	*d* (mμ).	*n*.	*k*.	*d* (mμ).	*n*.	*k*.
700......	58,79	0,6714	0,3085	55,54	0,6945	0,4298
650......	44,81	0,642	0,521	49,28	0,7483	0,5113
600......	44,33	0,7411	0,5326	44,87	0,7815	0,4834
550......	42,71	0,7628	0,4869	42,44	0,7250	0,3808
500......	40,51	0,7295	0,3286	36,82	0,6725	0,3187
450......	35,50	0,7064	0,2852	35,93	0,6751	0,2719

	3.		
λ (mμ).	*d* (mμ).	*n*.	*k*.
700......	43,03	0,8763	1,192
650......	43,19	0,7204	0,9731
600......	41,33	0,6420	0,7435
550......	35,95	0,6181	0,6333
500......	33,63	0,6671	0,5531

	4.		
λ (mμ).	*d* (mμ).	*n*.	*k*.
1050......	44,56	0,5112	0,3350
578......	19,52	1,543	1,202
435......	16,20	1,095	0,8821
365......	7,40	0,8899	0,9017
313......	8,89	0,9862	0,3051
302......	9,83	1,036	0,3472

1, 2, 3 : Krautkrämer, lames d'or évaporées, épaisseurs repérées : 1,7 mμ, 2 mμ, 3,5 mμ;

4 : Goos, lame d'argent déposée par projection cathodique, épaisseur repérée : 2,51 mμ.

---

(1) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 958.
(2) *Ann. Physik*, 32, 1938, p. 537.
(3) *Z. Physik*, 100, 1936, p. 95.

Ces résultats sont obtenus par la méthode indiquée plus haut et qui n'est qu'approchée. En recalculant, à l'aide des formules rigoureuses relatives aux lames minces homogènes et isotropes, les valeurs de R, R' et T, compte tenu des valeurs de n, k, et d indiquées dans ces tableaux, on ne retrouvera pas exactement les valeurs mesurées des facteurs de réflexion et de transmission. Toutefois, les différences R_{calc}-R_{mes}, etc. ne sont que de quelques unités de la troisième décimale tant que les produits $4\pi nd/\lambda$ et $4\pi kd/\lambda$ sont inférieurs à l'unité, ce qui est toujours le cas ici. Ces différences ne sont donc certainement pas supérieures à l'erreur expérimentale commise sur R, R' et T.

On constate que, pour une même couche, l'épaisseur calculée à partir de R, R' et T est fonction de la longueur d'onde. Ceci indique qu'on ne peut assimiler les couches dites « très minces » à des lames à faces parallèles homogènes et isotropes, autrement dit que l'application des formules classiques aux valeurs de R, R' et T mesurées n'est pas permise. Nous supposons que ceci est dû au fait que, ces couches étant formées d'amas séparés par des espaces vides, elles diffusent la lumière. On remarquera que, dans tous les cas que nous avons étudiés, d est une fonction qui varie dans le même sens que λ, tout au moins pour $1050\,m\mu > \lambda > 365\,m\mu$. D'autre part, pour une longueur d'onde et une substance données, les épaisseurs calculées diminuent lorsque les épaisseurs repérées (c'est-à-dire déduites de la masse de métal évaporée en supposant que la densité de la couche est la même que celle du métal massif) augmentent.

Pour une couche donnée, d calculée varie d'autant moins avec λ que d repérée est plus grande, autrement dit, à mesure que les espaces vides entre les amas se remplissent. En ce qui concerne n et k, on constate que, si l'on désigne par n_m et k_m les valeurs correspondant, pour la même longueur d'onde, à une couche opaque (et probablement sans « trous »), l'on a $n_m < n < 1$ et $k < k_m$, le sens de la première inégalité étant probablement renversé lorsque $n_m > 1$. Pour une longueur d'onde et une substance données, k augmente avec d repérée, c'est-à-dire avec le remplissage de la couche.

Remarquons enfin qu'à des valeurs de R, R' et T données correspondent, dans le cas général, des couples de valeurs de d, n et k. Les valeurs de d sont très rapprochées; par contre, les deux valeurs de n et de k diffèrent beaucoup l'une de l'autre. Nous les avons choisies de façon que le produit nk ait la plus grande des deux valeurs possibles. Ainsi, dans le cas de l'exemple 4, pour $\lambda = 1050\,m\mu$, on trouve les deux solutions : $d = 44,56\,m\mu$, $n = 0,5112$, $k = 0,3350$ et $d = 43,13\,m\mu$, $n = 1,731$, $k = 0,1091$ et nous avons choisi la première de ces solutions. Dans la plupart des cas, l'écart entre les valeurs de n et de k correspondant à une même couche et une même longueur d'onde n'est pas aussi important. Signalons aussi que nous avons tenu compte de la dispersion de l'indice de réfraction du support.

SPECTROSCOPIE. — *Dispositif pour l'étude spectrale de faibles luminescences dans le proche infrarouge.* Note de MM. **Georges Déjardin** et **René Falgon**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les tubes convertisseurs d'images, employés comme récepteurs avec les spectrographes à prismes (¹) ou à réseau (²), permettent d'explorer l'infrarouge jusqu'à 12 000 Å environ. Les radiations qui apparaissent sur l'écran luminescent du tube peuvent être observées visuellement ou photographiées. Toutefois, la brillance générale de l'écran, due à l'émission parasite de la photocathode, rend ce procédé difficilement applicable à l'étude spectrale des faibles luminescences. Ayant en vue quelques applications géophysiques et astronomiques, nous avons réalisé un dispositif constitué par un spectrographe très lumineux associé à un convertisseur dont la photocathode peut être maintenue très longtemps à une température assez basse pour que son émission thermionique soit considérablement réduite.

Le spectrographe à fente comprend deux gros prismes de flint et un objectif $f/1,4$ de 10 cm de longueur focale. Le récepteur est une petite lunette électronique, du type « Bildwandler-triode » (³), fonctionnant sous une tension d'environ 12 000 V. Son écran est une couche de sulfure-séléniure de zinc activé au cuivre, émettant une large bande spectrale avec maximum dans le vert (⁴). La chambre de réfrigération est constituée par un tube de carton bakélisé serré entre deux flasques de bakélite, l'étanchéité étant assurée par des joints annulaires en feuille de « silastic », qui conserve son élasticité à basse température. Le convertisseur, logé dans cette enceinte, traverse le flasque arrière auquel il est fixé par l'intermédiaire d'un manchon de caoutchouc comprimé par un anneau de « plexiglas ». L'ouverture correspondante du flasque avant est recouverte, en face de la photocathode, d'un disque de quartz fixé par une rondelle métallique et deux joints de « silastic ». La réfrigération est obtenue à l'aide de deux enroulements coaxiaux de tube de cuivre (diamètre : 10 mm; longueur totale utile : 2,4 m) disposés autour du convertisseur et séparés de celui-ci par un mince manchon isolant (feuille d'un matériau cellulosique). Les deux extrémités du tube de cuivre, ainsi que les fils conducteurs reliés aux électrodes du convertisseur, traversent également le flasque arrière (avec interposition de joints étanches ou de bouchons de paraffine). Une petite

(¹) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1417; **229**, 1949, p. 1211.

(²) R. Falgon, *Thèse de Doctorat*, Lyon, 1950.

(³) W. Schaffernicht, *Physikal. Blätter*, **4**, 1948, p. 4-10.

(⁴) Il serait préférable, à certains égards, d'avoir recours à une willémite à grain plus fin et donnant une post-luminescence cathodique beaucoup moins accusée.

quantité de gel de silice est placée dans l'enceinte. Celle-ci est entourée d'un gros bloc calorifuge constitué par des plaques d'ébonite-mousse évidées et collées les unes sur les autres. L'ensemble est monté sur un patin coulissant dans une glissière, afin de pouvoir mettre au point le spectre infrarouge sur la portion centrale de la photocathode, dont le rayon de courbure est de 50 mm.

Le « serpentin » réfrigérant est raccordé à un compresseur chargé au fréon 12 donnant, dans les enroulements, une température de —40 à —45° C. Pour éviter le givrage des faces externes du disque de quartz et du convertisseur (écran), et maintenir un excellent isolement entre les fils sous tension, tous les éléments du dispositif, y compris la lentille collimatrice et les prismes du spectrographe, ainsi que l'objectif de la chambre photographique disposée derrière l'écran du convertisseur, sont placés dans un vaste caisson étanche dont l'atmosphère est maintenue absolument sèche (gel de silice). Lorsque le groupe frigorifique fonctionne depuis un temps suffisant (environ 1 h), l'œil adapté à l'obscurité ne distingue aucune luminescence résiduelle de l'écran quand on applique la tension entre les électrodes extrêmes du convertisseur.

La réplique visible du spectre infrarouge qui apparaît sur l'écran est photographiée à l'aide d'un objectif $f/1{,}5$ de 50 mm de longueur focale, la mise au point étant effectuée de manière à former, sur la plaque, une image agrandie dans un rapport voisin de 2,8. Dans ces conditions, la dispersion linéaire sur les clichés, qui dépend aussi du grandissement du convertisseur (environ 1/2), varie de 725 Å : mm à 8 000 Å à 1680 Å : mm à 11000 Å.

Nous avons éprouvé les qualités optiques du dispositif et le bon fonctionnement du convertisseur en enregistrant, sans refroidir l'enceinte, avec des poses de l'ordre de la seconde ou de la minute, le spectre du rayonnement direct ou diffusé de diverses sources (argon, mercure-argon, argon-hélium, etc.). Compte tenu de la faible dispersion, de la double conversion, de la courbure de la photocathode et du grain de l'écran, les clichés ainsi obtenus sont très satisfaisants. Avec la lampe à mercure-argon, on distingue tous les détails essentiels du spectre de l'argon (par exemple, la raie 8 265 Å apparaît très nettement entre les groupes intenses 8104-8115 Å et 8 408-8 425 Å), ainsi que les raies 10140 Å et 11286 Å du mercure. La définition, appréciée sur les meilleurs spectrogrammes, correspond à une distance de 60 à 70 μ.

D'autre part, après avoir refroidi l'enceinte, nous avons examiné le rayonnement diffusé par un écran blanc placé à 3,5 m d'une lampe à argon de 15 W. Le spectre de l'argon peut alors être photographié avec une pose de 3 h sur plaque Eastman-Kodak 103 *a*-G. Enfin, nous avons placé, sur la fente du spectrographe, un filtre sensiblement neutre de densité 4

et observé, dans ces conditions, le rayonnement diffusé par l'écran blanc éclairé par une lampe à incandescence (température de couleur voisine de 2 500° K) située à une distance telle que la brillance du diffuseur, vu à travers le filtre, soit voisine de 2.10^{-8} bougie : cm². Le spectre continu extrêmement faible, ainsi formé sur l'écran luminescent, peut être distingué, après adaptation de l'œil à l'obscurité, à travers l'objectif photographique. Nous l'avons photographié jusqu'à 11500 Å environ, sur plaque 103 *a*-G, avec une pose de 7 h. Ce spectre continu et, dans le cas précédent, les raies de l'argon, apparaissent sur un fond parfaitement clair.

Un appareil à réseau, conçu d'une manière analogue, est actuellement en cours de réalisation.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur le schéma nucléaire du thorium* C'. Note de M. **Salomon Rosenblum**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Des relations de la forme $1+(1/n)$ ou $2+(1/n)$, n étant un petit nombre positif entier, existent entre certains groupes γ.

Les deux groupes γ les plus importants du radium C'* et qui sont connus par les rayons β de conversion sont par exemple dans le rapport 7/3. On a, en effet, $E_\gamma 1414 = (7/3) E_\gamma 606$.

D'autres relations moins frappantes existent encore dans radium C'* et $\mathrm{An} \xrightarrow[\gamma]{\alpha} \mathrm{AcA}^*(Z=84)$.

Dans une Note récente, A. Rytz [1] a signalé un nouveau groupe de longs parcours α_{III}, séparé de 1681 KeV du groupe fondamental du ThC'.

[Le rayonnement γ correspondant à α_{III} n'est pas connu, mais en utilisant le rayonnement $\beta \mathrm{Pa}_2$ [2], on obtient $727+949=1676{,}6$ valeur plus faible, mais compatible avec ΔE_α]. On remarquera que la fraction 1681/727 est également voisine de 7/3. L'énergie γ correspondant à α_{I} est donnée [3] comme égale à 1802 KeV ($\Delta E_\alpha = 1803$), on trouve $1802/727 \cong 5/2$.

Il nous semble intéressant de signaler que les énergies des niveaux d'excitation du ThC' sont bien décrits par la formule $E_n = k[2+(1/n-2)]+\varepsilon$ ε étant un petit terme correctif et n un nombre entier $\geqq 1$.

Nous admettons provisoirement pour ε 13 KeV et pour k

$$715\,\mathrm{KeV} \cong \frac{1}{4\pi} E_{\alpha_0} \mathrm{ThC'}.$$

Pour $n=1$, nous avons, d'accord avec ΔE_α et E_γ, le niveau 728 KeV. (Pour $n=2$, la formule indique un niveau à l'infini.)

(1) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 790.
(2) Surugue, *Annales de Physique*, **8**, 1937, p. 528-530.
(3) Ellis, *Int. Conf. on Physics London*, **1**, 1935, p. 48.

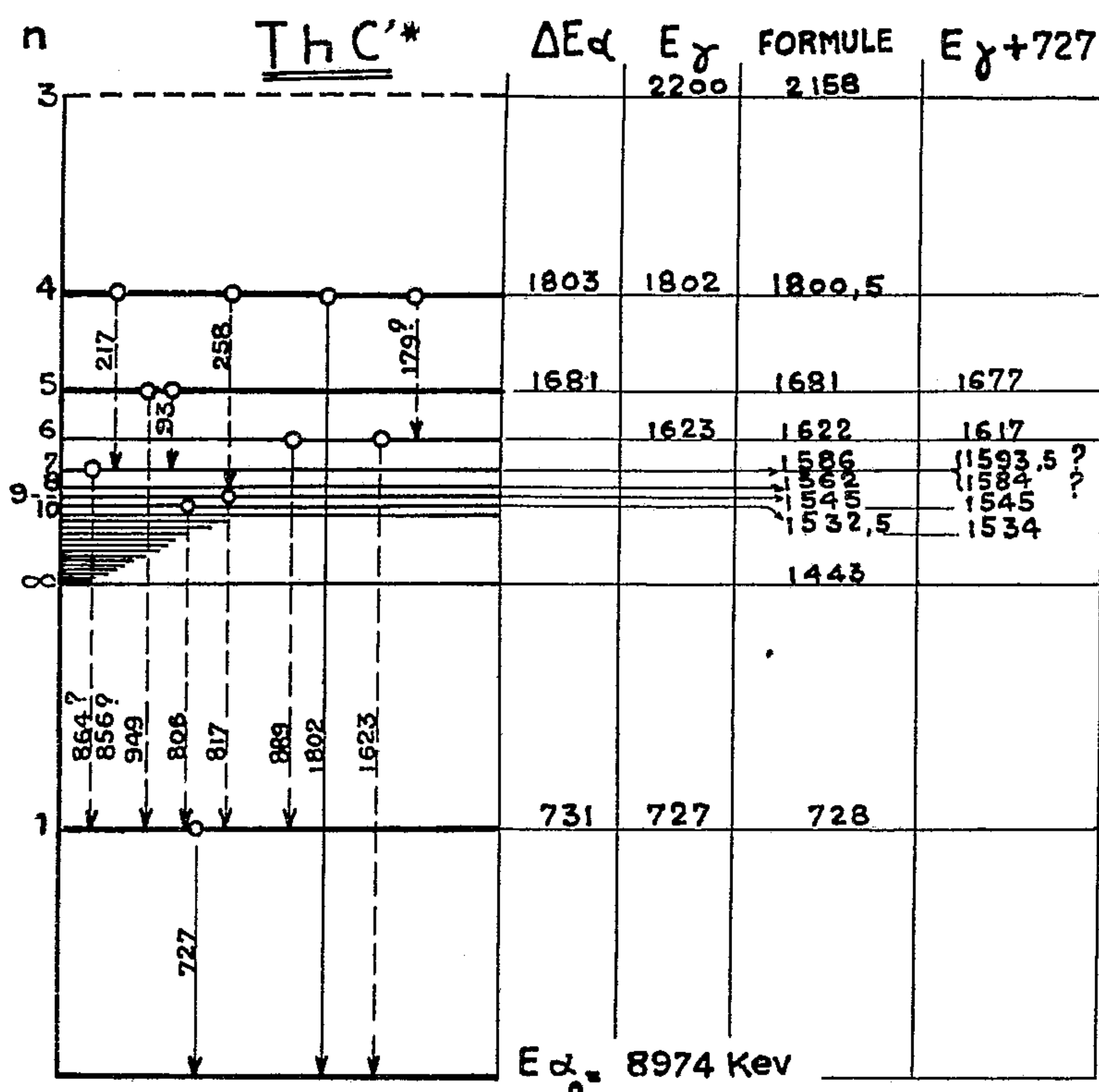
Pour $n = 3$, on trouve le niveau 2158 keV; or, Latyschev ([4]) attribue au Th C′ un niveau vers 2200. Si notre formule est exacte, on devrait trouver une valeur un peu plus faible. (Nos résultats expérimentaux préliminaires pour confirmer l'existence de ce niveau indiquent que l'intensité du groupe de rayons de longs parcours correspondant doit être très faible. Une intensité supérieure à 1/1 000 de α_1, soit $\sim 10^{-7}$ du groupe principal du Th C′, n'aurait probablement pas échappé dès à présent.)

Pour $n = 4$, on a 1800,5, en accord avec l'expérience.

Pour $n = 5$, nous trouvons 1681, correspondant à $\Delta E_\alpha = 1681$ keV.

Pour $n = 6$, nous trouvons 1622, correspondant à $E_\gamma = 1623$ ([3]).

Nous prévoyons encore des niveaux vers 1586, 1562, 1545, 1532 et 1522 pour $n = 7$, 8, 9, 10 et 11 respectivement.



Pour $n = 11$, les niveaux se suivent de trop près pour permettre des prévisions utiles. La formule indique une limite vers 1443 pour $n = \infty$; il ne pourrait donc pas y avoir de niveau compris entre cette valeur et 727 keV dans notre série. De même aucun niveau, excepté celui $\cong 2158$, ne saurait exister au delà de 1800 keV.

([4]) *Rev. Mod. Phys.*, 19, 1947, p. 132.

Ajoutons que la formule permettrait de classer la majeure partie des 10 groupes $\beta(2)$ du dépôt actif du Th, compris entre 688 et 870 keV et quelques autres groupes moins pénétrants.

On peut envisager les rayonnements γ pénétrants suivants :

$688 + 93\,(K) = 781$, de même $763 + 17\,(L_1) = 780$ keV,

$772 + 93\,(K) = 865$, de même $847 + 17\,(L_1) = 864$ keV,

et peut-être

$796 + 93\,(K) = 889$, de même $870 + 17\,(L_1) = 887$ keV,

Les groupes $724 + 93 = 817$ et $713 + 93 = 806$ et $763 + 93 = 856$ keV sont également possibles (*voir* figure).

[La coïncidence $781 + 727 = 1508$ avec 1507 ($n = 13$) n'est plus significative. Les rayonnements γ 949 et 864 ont déjà été proposés par Ellis (5). Les passages indiqués en pointillé sur la figure n'ont aucun caractère de certitude, mais ils montrent l'intérêt d'une meilleure connaissance des groupes γ, β en question.]

Les expériences en cours apporteront peut-être des nouvelles données qui permettront de trouver les limites de validité de la formule et des valeurs numériques plus exactes des constantes. Mais, dès maintenant, il nous semble légitime de se demander si le schéma nucléaire du Th C′ n'était pas décrit par une série de la forme proposée. Le noyau du Th C′ étant constitué par des « couches » complètes de protons et de neutrons additionnées d'une seule « particule », α est peut-être d'une constitution qui rend le schéma de niveaux particulièrement simple.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la mise en évidence d'états excités de* Be^8 *et* Li^7 *dans la désintégration du béryllium par les deutérons.* Note (*) de MM. **Pierre Cüer** et **Jean J. Jung**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

Une étude détaillée du spectre de désintégration de Be^9 par les deutérons de 0,3 à 1,5 MeV du générateur de Strasbourg nous a permis de mettre en évidence pour la première fois la réaction $Be^9(dt)^*Be^8$, $^*Be^8 \rightarrow 2\alpha$, $E_{exc} \sim 3$ MeV et de confirmer la production appréciable de $^{**}Li^7$, $E_{exc} \sim 4,65$ MeV. Nous avons, en outre, établi dans ce dernier cas la transition $^{**}Li^7 \rightarrow t + \alpha$. Ces schémas s'opposent donc aux idées actuelles proposées par Inglis (1), selon lesquelles la réaction $Be^9(d2\alpha)t$ serait simultanée, sans passage intermédiaire par l'un des niveaux excités de Be^8 et Li^7.

On sait que les diverses réactions de compétition fournissant des particules chargées mises en évidence jusqu'ici dans $Be^9 + d$ sont $\alpha + Li^7$ et $^*Li^7$,

---

(5) *Pro. Roy. Soc.*, 138, 1932, p. 338.

(*) Séance du 19 décembre 1951.

(1) *Phys. Rev.*, 78, 1950, p. 104.

$t + Be^8$, $p + Be^{10}$ et $^*Be^{10}$. Nos expériences antérieures ([2]) utilisant le Be^9 avaient montré l'existence de traces assez nombreuses dont le parcours était voisin des groupes α et des protons de $^*Be^{10}$. La production de $^*Be^8$ nous paraissait très probable depuis longtemps, mais la preuve convaincante de sa production a été relativement longue à obtenir, en raison de plusieurs difficultés : le parcours des tritons associés à cet état, dans le domaine d'énergie accessible pour nous, est confondu avec celui des α de $Be^9(d\alpha)Li^7$. La largeur appréciable du niveau de $^*Be^8$ entraîne une dispersion sensible des parcours. Les protons de $Be^9(dp)^*Be^{10}$ et $O^{16}(dp)^*O^{17}$ gênent la détermination exacte de la limite supérieure du groupe de tritons. Après de nombreuses tentatives basées sur les seules mesures de parcours pouvant fournir seulement des indications qualitatives, deux déviations magnétiques ont été réalisées pour aider la séparation. La première de 11700 Gauss sépare exactement le faisceau atomique. La seconde de 8300 Gauss dévie des particules de désintégration issues d'une cible de 0,5 μ de Be^9 évaporé sur 10 μ d'Au. La dispersion est effectuée après des diaphragmes de bonne géométrie placés à 90° du faisceau incident. L'éventail est recueilli sur une émulsion inclinée à 6°. Pour aider la discrimination des α et des tritons de parcours analogues, les Ilford D1 ont été utilisées. Des mesures ont été effectuées parallèlement sur des E1 à différentes tensions (0,4, 0,7, 1 et 1,3 MeV). Le nombre de traces douteuses pouvant appartenir à la fois aux deux groupes dans la région de coïncidence est de l'ordre de 7 %.

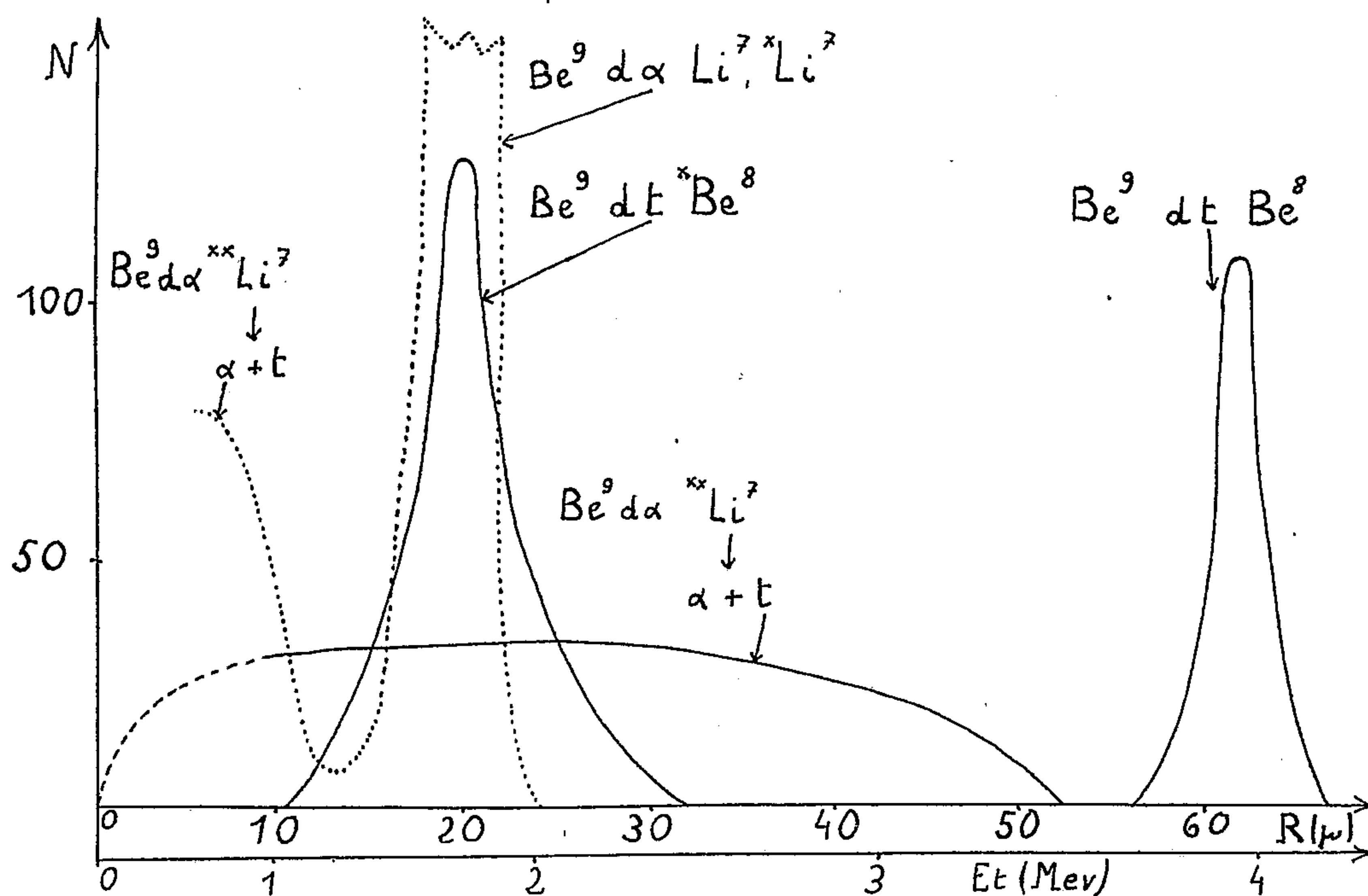
Par exemple, pour $E_1 = 1$ MeV, on obtient un groupe continu de tritons s'étendant jusqu'à 50 μ qu'on peut décomposer immédiatement en un véritable continuum de limite supérieure $\sim 3,3$ MeV et d'un groupe homogène de longueur 20 μ, de largeur 8 μ. L'interprétation d'Inglis (cassure immédiate) supposerait, par contre, une valeur supérieure de 61,6 μ (3,9 MeV) et ne donne aucune solution pour le groupe homogène qu'Inglis n'a pas discriminé.

Le groupe de tritons de 20 μ correspond à $Be^9(dt)^*Be^8$ où $^*Be^8$ est dans son premier état excité bien connu, $E_{exc} = 2,9$ MeV. La largeur expérimentale du niveau est trouvée de l'ordre de 0,8 MeV. Le continuum doit être interprété comme provenant de $Be^9(d\alpha)^{**}Li^7$ avec $^{**}Li^7 \rightarrow \alpha + t$ où Li^7 est dans un second état excité de $\sim 4,65$ MeV confirmé récemment ([3]). La limite supérieure théorique dans ce processus est de $\sim 3,1$ MeV pour les α correspondant à notre valeur expérimentale de $\sim 10,5$ μ en accord avec la valeur limite trouvée par Inglis lui-même. Le cas d'une explosion simultanée exigerait une valeur limite de 3,4 MeV.

(2) P. Cüer, D. Magnac-Valette, J. J. Jung et S. Gorodetzky, *J. Phys. Rad.*, **11**, 1950, p. 41; P. Cüer et J. J. Jung, *J. Phys. Rad.*, **12**, 1951, p. 52 et *Sc. et Ind. Photog.*, **22**, 1951, p. 401.

(3) R. W. Gelinas, C. M. Class et S. S. Hanna, *Phys. Rev.*, **83**, 1951, p. 1260.

Pour $E_1 = 1$ MeV, on peut estimer expérimentalement à environ 50 % la probabilité du processus : $Be^9(d\alpha)^{**}Li^7 \rightarrow 2\alpha + t$ ($\sim$ 1 000 t) par rapport à $Be^9(d\alpha)Li^7$ et $^*Li^7$ (1920 α). La probabilité de la réaction $Be^9(dt)^*Be^8$ (1 100 tritons) est environ deux fois supérieure à $Be^9(dt)Be^8$ (470 traces). Il est



probable qu'on obtiendrait les autres états excités de Be^8 pour des énergies incidentes plus élevées. Remarquons que ces probabilités donnent une explication simple de l'existence d'un rapport constant en fonction de l'énergie des sections de désintégration de $Be^9(dp)Be^{10}$ et $Be^9(dt)Be^8$, puisque les fractions donnant les deux états excités énergétiquement voisins de Be^{10} et Be^8 suivent une loi analogue.

Les résultats expérimentaux pour $E_1 = 1$ MeV sur Ilford D 1 sont donnés dans la figure. Les tritons courts ont été décomposés en groupe homogéne et en continuum.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur un effet photographique primaire produit par l'action combinée des rayons* X *et de la lumière*. Note de M. **Héliodose Tellez-Plasencia**, présentée par M. Jean Cabannes.

Des plages d'une émulsion au bromure d'argent, non sensibilisée, sont exposées aux rayons X; la surface entière de l'émulsion, y compris ces plages, est ensuite soumise à la lumière blanche. L'intensité des rayons X ($\lambda = 0,22$ Å) est de 0,03 r : s; celle de la lumière, de 500 lux, environ. Les temps de lumina-

tion varient, en progression géométrique, de 8 s à 1 h pour les rayons X, de 5 mn à plusieurs heures pour la lumière. Les films ne sont pas développés. Nous désignerons par D_F la densité réfléchie du fond, par D_x celle des plages, au-dessus du fond.

On constate les faits suivants :

1° Après l'action des seuls rayons X, $D_x = 0$; aucune image directe n'est visible, sauf pour des poses au-dessus d'une heure. Mais sous l'influence de la lumière, les plages ayant reçu la double lumination se détachent progressivement sur le fond, jusqu'à atteindre des valeurs de $D_x \backsim 0{,}3$ pour des doses de 20 à 50 r. Au delà, D_x diminue; il y a donc un effet d'inversion de l'image primaire.

2° Le même effet se produit sur des émulsions au ClAg mais D_F croît plus vite. Pour les fortes doses, D_x peut devenir négatif (plages plus claires que le fond).

3° Si l'action de la lumière précède celle des rayons X, l'image n'apparaît pas. Elle apparaît après un deuxième éclairement postérieur. D_x est alors un peu plus grande que dans le cas 1°.

4° Si l'émulsion est traitée par un accepteur de brome (NO_2Na), D_x est plus grande, bien que D_F le soit aussi. En outre, le maximum de D_x n'est atteint qu'aux plus fortes doses; on n'a pas observé d'inversion.

5° Un oxydant de l'argent (CrO_3), agissant après les deux luminations, diminue D_x et D_F mais ne fait pas disparaître entièrement les plages.

6° Si, après les deux luminations, on transforme AgBr en AgI par l'action d'un iodure alcalin :

a. l'image s'affaiblit, mais ne disparaît pas; D_x reste d'abord positive;

b. plus tard, les plages s'affaiblissent plus vite que le fond, en commençant par les zones qui ont reçu les plus fortes doses de rayons X; D_x devient négative. Ce processus est relativement rapide sous l'action de la lumière, il se poursuit très lentement dans l'obscurité.

7° Si l'on dissout AgBr dans une solution alcaline de $S_2O_3Na_2$, les plages apparaissent, en général, plus transparentes que le fond; celui-ci offre un aspect opalin, indiquant un fort degré de dispersion de l'argent.

L'effet de « développement par la lumière » semble avoir été connu ([1]). Il n'a pourtant pas fait, à notre connaissance, l'objet d'une étude monographique. Seuls M. Volmer et K. Schaum ([2]) mentionnent un effet d'addition de la lumière et des rayons X sur l'image latente primaire; mais il s'agit, au contraire de ce que nous constatons, d'une sommation incomplète « d'autant plus, que les courbes caractéristiques (après développement) sont plus différentes ».

([1]) L. P. Clerc, *Structure et propriétés des couches photographiques*, 1939, p. 105.

([2]) *Z. S. für wiss. Phot.*, 14, 1914, p. 1-14.

Les faits que nous citons prouvent qu'il existe, pour l'image directe des rayons X une courbe caractéristique complète, avec une zone d'inversion, déterminée par la lumière et influencée par les accepteurs de Br. Les actions combinées de la lumière et des rayons X pourraient être attribuées à des échanges entre les images interne et externe.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de l'adsorption de l'oxygène sur le carbone par son émission thermoélectronique.* Note (*) de M. **Xavier Duval**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Les recherches sur le mécanisme d'oxydation du carbone à haute température et sous basses pressions ont posé dès l'origine la question de l'existence d'un film d'oxygène chimisorbé. Langmuir (1) le premier a supposé la présence d'un tel film qui serait stable jusqu'à 2200° K; cette idée a été reprise plus tard sous une forme un peu différente par L. Meyer (2). Ces auteurs ont proposé des mécanismes d'oxydation tenant compte de cette hypothèse, suggérée plutôt par la cinétique de la réaction que par mesure manométrique directe, étant donné que le film monomoléculaire correspond à une quantité de gaz trop faible pour être détectée avec certitude.

Nous avons abordé cette étude d'une autre manière. On sait, en effet, depuis les travaux de Langmuir, que l'influence des gaz sur l'émission thermoélectronique constitue un test extrêmement sensible de film adsorbé; par exemple, l'oxygène abaisse l'intensité de l'émission du tungstène de plusieurs puissances de dix.

Nous mesurons donc l'émission thermoélectronique d'un filament de carbone dans un tube évacué de façon continue par deux pompes à diffusion à vapeur de mercure disposées en série et reliées à l'appareil par l'intermédiaire de deux pièges à air liquide. Un dispositif permet d'établir dans le tube un courant d'oxygène sous une pression connue. La partie de l'appareil sous très haut vide ne comporte aucun robinet ou rodage; l'anode du tube à émission électronique est constituée par une couche mince de platine déposée sur le verre par pulvérisation cathodique.

Toutes autres précautions habituelles sont prises afin d'obtenir un vide poussé.

Les constantes d'émission de l'équation de Richardson-Dushman que nous avons mesurées dans ces conditions sont en accord avec les deux déterminations

(*) Séance du 19 décembre 1951.

(1) *J. Amer. Chem. Soc.*, 1915, p. 1154.

(2) *Z. physik. Chem.*, B, 17, 1932, p. 385.

les plus récentes, celles de Reimann ([3]) et de Glockler et Sausville ([4]), à savoir $\Phi \simeq 4,4$ V et une valeur de A comprise entre 1 et 100, c'est-à-dire « normale ». Une série d'expériences comportant l'introduction d'oxygène pendant plusieurs minutes sous des pressions variant de 5.10^{-5} à 5.10^{-4} mm Hg, et à des températures du filament s'étendant de 1 150 à 2000° K, ne montrent *aucune influence décelable* de l'oxygène. Ce résultat semblerait indiquer qu'il n'y a pas formation de film d'oxygène dans ces conditions.

Bien que les mesures de Reimann aient été faites dans des conditions rigoureuses de vide (tube scellé avec getter), on pouvait objecter que les constantes d'émission ainsi déterminées correspondaient à une surface déjà contaminée ([5]).

Nous avons levé cette objection en mesurant simultanément dans le même appareil l'émission du carbone et l'émission du tungstène, celle-ci étant connue, soit dans le vide, soit en présence d'oxygène, par les mesures de Kingdon ([6]). La pression de gaz susceptibles de contaminer la surface (O_2, CO_2, H_2O) est appréciée en mesurant par son émission thermoélectronique la vitesse de recouvrement du tungstène, après vaporisation préalable du film à 2800° K; la mesure est effectuée à une température à laquelle sa vitesse de vaporisation est négligeable. Dans ce cas, le temps nécessaire à la formation du film peut atteindre plusieurs minutes (ce qui correspond à des pressions de l'ordre de 10^{-8} mm Hg).

Dans ces conditions de vide, en appliquant le même traitement au filament de carbone (c'est-à-dire après vaporisation du film éventuel par chauffage un court instant à une température à laquelle le carbone lui-même se vaporise, soit environ 2800° K), l'émission revient *immédiatement* à sa valeur normale, correspondant aux constantes données ci-dessus. Ceci montre clairement que l'émission observée est celle d'une surface non contaminée.

L'ensemble de ces résultats montre que dans les conditions de température (1150 à 2000° K) et de pression (5.10^{-5} à 5.10^{-4} mm Hg) citées plus haut, il n'y a pas formation d'un film d'oxygène sur le carbone. Si d'autre part l'oxygène s'introduisait entre les plans du réseau comme l'a admis Meyer ([2]) pour des températures inférieures à 1400° K, ce phénomène influerait très vraisemblablement sur les constantes de l'émission électronique. Il reste cependant possible que l'adsorption ait lieu par sites sur une très faible fraction de la surface, auquel cas elle ne se traduirait que de façon négligeable sur l'émission.

([3]) *Proc. Phys. Soc.*, 50, 1938, p. 496.

([4]) *J. Electrochem. Soc.*, 95, 1949, p. 292.

([5]) Pour fixer les idées, sous une pression de 10^{-6} mm Hg, une surface vierge se recouvre en effet en un temps très court, de l'ordre de la seconde.

([6]) *Phys. Rev.*, 24, 1924, p. 510.

Des essais analogues effectués avec de l'hydrogène n'ont montré de même aucune influence de ce gaz.

Les détails de ces expériences seront publiés ultérieurement.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Le rôle des facteurs physiques dans le passage des hydrosols à travers une barrière d'huile.* Note de M. **Wladislas Kopaczewski**, présentée par M. Albert Demolon.

Nous avons démontré la réalité du passage des hydrosols colorés à travers une barrière formée de fibres de cellulose, dont le réseau capillaire fut imbibé par des lipides variés ([1]); nous avons rappelé à ce sujet les expériences de Chevreul, publiées en 1809, sur les « affinités capillaires ». Récemment ([2]) M. Henri Devaux a attiré l'attention sur ses propres observations de 1912 ([3]), d'après lesquelles non seulement une telle traversée est possible, mais peut même être accélérée. Ses observations furent effectuées dans des conditions très complexes; en effet, le papier à écrire n'est pas un simple réseau capillaire formé de fibres cellulosiques : il contient des charges (kaolin, talc, amiante, etc.), des collants (sulfate d'Al, résinates, etc.), des liants (silicate d'Al, gélatine, caséine, fécule, etc.), des plastifiants (savons, cires, huiles solubles, etc.), des pigments et des sels; d'autre part, dans la composition de l'encre communicative entrent, en dehors d'un colorant, des stabilisants variés; de sorte que le passage à travers un tel support se complique de phénomènes autres que l'affinité capillaire ou électrocapillaire : d'après l'auteur lui-même, le papier gélatiné est impropre à cette expérimentation et la dissolution intervient ([4]). Ces observations ont une importance particulière, précisément en raison de cette complexité : elles permettent d'envisager une analogie avec la perméabilité des tissus organiques sur laquelle nous reviendrons ultérieurement.

En continuant nos recherches sur le passage des hydrosols à travers la barrière lipidique, nous nous sommes demandé dans quelle mesure il est influencé par les facteurs physiques. Voici les résultats que nous avons enregistrés dans les conditions expérimentales précédemment décrites et en utilisant, comme lipide, l'huile d'amandes douces purifiée et, comme support, le papier filtre pur chiffon, vergé, découpé en bandes de 1 cm de largeur huilées sur une hauteur de 6 cm.

([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 956.
([2]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1325.
([3]) *J. Phys. Rad.*, 5e série, 1912, p. 891.
([4]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1326.

a. Température. — En expérimentant à 6° C, 13° C et 20° C, nous avons constaté que l'ascension est d'autant plus accentuée que la température est plus élevée.

b. Hygrométrie. — Nous avons fait varier le degré d'hygrométrie de 45 % à 85 %, en passant par 65 % : la pénétration est plus accentuée lorsque l'humidité est faible.

c. Age. — Nous avons opéré avec du papier filtre vieux de 28 ans, avec des hydrosols colorés conservés 3 ans, avec des huiles âgées d'environ 20 ans (huile de paraffine) et de plus de 40 ans (huile de croton). En vieillissant, ces huiles deviennent moins perméables aux hydrosols colorés, quelle que soit leur charge électrique; les hydrosols vieux montent plus haut dans les interstices capillaires du papier filtre huilé, mais l'intensité de la coloration est plus faible que dans le cas des dispersions fraîches. L'ascension dans le papier filtre vieux affecte une allure particulière; on assiste à l'apparition des arborescences et non à une coloration régulière avec un liséré foncé à la partie supérieure; notons qu'en l'absence de la barrière lipidique ces arborescences ne se produisent pas. Avant d'atteindre un équilibre, l'ascension dans les interstices capillaires huilés prend une *allure périodique*, en fonction de l'âge de l'huile, les premiers jours tout au moins. Il est donc nécessaire d'accompagner chaque série expérimentale d'un témoin.

d. Viscosité. — En additionnant les dispersions colorées, soit de saccharose (concentration finale à 2 %), soit de carboxy-méthyl-cellulose (concentration finale à 0,2 %), on affaiblit la pénétration.

e. Tension interfaciale. — Nous avons choisi plusieurs corps synthétiques amphotères, qui abaissent les tensions aux interphases à quelques dynes : cm : dans tous les cas la pénétration a été fortement accentuée avec la formation de fortes condensations à la périphérie.

f. Hydratation micellaire. — Lorsque les substances tensio-actives sont de nature colloïdale, le phénomène d'hydratation propre de leurs micelles entre en jeu : ainsi la sapamine F. L. ou l'oléate de Na, ramenés au pH=7,0, tout en accentuant la concentration à la périphérie des colorants colloïdaux, diminuent la hauteur de l'ascension aussi bien des colorants que de l'eau.

g. Charge électrique. — En introduisant des anions ou des cations dans les hydrosols colorés, on assiste à l'annulation du passage des colorants électronégatifs et à l'accentuation de la pénétration des colorants électropositifs, lorsque l'ion introduit porte une charge positive, et *vice versa*. Soulignons, toutefois, que l'intensité de cette charge n'est pas le seul facteur déterminant : ainsi, les actions des ions bivalents Ca et Mg sont bien différentes; l'hydratation et la mobilité propres de ces ions n'expliquent pas ces écarts. Il en est de même pour l'acide lactique et le cation trivalent Al : le premier, tout en affaiblissant nettement l'ascension du colorant

négatif, accentue très fortement celle du colorant positif, tandis que le second supprime la pénétration du premier sans changer celle du second. Des écarts analogues s'observent avec les anions (phosphate trisodique, soude caustique, etc.).

Conclusions. — 1° Les facteurs physiques modifient la traversée des barrières lipidiques par les hydrosols colorés.

2° Leur action est, en général, superposable à celle que nous avons décrite en étudiant la pénétration des hydrosols dans les interstices capillaires du papier filtre non imbibés de lipides variés (5).

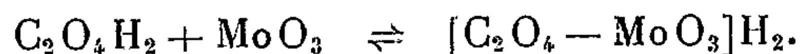
CHIMIE DES COMPLEXES. — *Étude spectrophotométrique du complexe oxalomolybdique.* Note de M. **Arakel Tchakirian** et Mlle **Ophélia Vartapetian**, présentée par M. Paul Lebeau.

Au moyen de courbes potentiométriques de titrage à différentes dilutions, Souchay (1) a déterminé le mode de formation d'un complexe oxalomolybdique en solution aqueuse. Une autre série de composés, les dimolybdooxalates et l'acide correspondant, isolés par Rosenheim (2), semblent très fortement dissociés en solution (3).

Il nous a paru intéressant de reprendre cette étude par la méthode des variations continues de P. Job (4) qui permet, non seulement de fixer la constitution du complexe en solution, mais aussi d'en évaluer la stabilité.

L'acide oxalomolybdique signalé par Péchard (5) a pu être identifié dans les mélanges en proportions variables d'acide molybdique et d'acide oxalique de même concentration. En effet, leur densité optique dans l'ultraviolet s'écarte des valeurs obtenues par l'application de la règle d'additivité, et l'écart maximum correspond à une composition de 50 % en chacun des constituants.

Il est probable que les deux acides s'unissent molécule à molécule pour donner naissance à un composé d'addition, suivant l'équation :



$$C_2O_4H_2 + MoO_3 \rightleftharpoons [C_2O_4 - MoO_3]H_2.$$

(5) W. Kopaczewski, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1530; **184**, 1927, p. 1443; **185**, 1927, p. 450 et **187**, 1928, p. 1758; *Protoplasma*, 3, 1928, p. 345; 5, 1928, p. 14 et 481; *Traité de Biocolloïdologie*, 1, 1930, p. 490 et 3, 1932, p. 156; *L'état Colloïdal et l'Industrie*, 2e édit., **2**, 1949, p. 424-445.

(1) *Bull. Soc. Chim.*, 1949, p. 125.

(2) Rosenheim et Bertheim, *Z. anorg. Chem.*, 34, 1903, p. 427.

(3) Honnelaitre, *Ann. Chim.*, 3-4, 1925, p. 10.

(4) *Ann. Chim.*, 9-10, 1928, p. 113.

(5) *Comptes rendus*, **108**, 1889, p. 1052.

Du reste, on peut constater chimiquement la dissimulation des radicaux molybdique et oxalique dans l'anion complexe, vis-à-vis de leurs réactifs habituels : nitrate d'argent et chlorure de calcium.

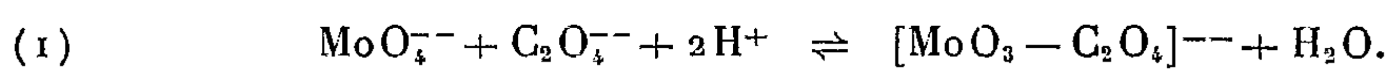
Toutefois la stabilité de l'anion complexe n'a pu être déterminée par l'étude des mélanges non équimoléculaires des deux acides, du fait que leurs absorptions sont très différentes aux longueurs d'onde utilisées, et que les écarts à la loi des mélanges sont trop faibles pour permettre une évaluation précise de la « composition maximum ».

Les mélanges de molybdate de sodium et d'acide oxalique conviennent beaucoup mieux à une étude spectrophotométrique du composé oxalomolybdique.

A concentration égale, les deux constituants sont transparents pour les longueurs d'onde où le complexe absorbe fortement la lumière.

De 2600 à 3000 Å le maximum d'absorption très net, se produit toujours pour 50 % de chacun des composants, quelle que soit leur concentration commune entre M/200 et M/2000.

Ceci caractérise la formation du complexe par action d'une molécule de molybdate de sodium sur une molécule d'acide oxalique qu'on peut formuler, puisque nous opérons en solution étendue :



$$(1) \qquad MoO_4^{--} + C_2O_4^{--} + 2H^+ \rightleftharpoons [MoO_3 - C_2O_4]^{--} + H_2O.$$

L'étude des mélanges non équimoléculaires confirme ce résultat. Mélangeons un volume $(1-x)$ de molybdate de concentration Γ, à un volume x, d'acide de concentration $\Gamma' = p\Gamma$. Traçons pour diverses longueurs d'onde, la courbe de la densité optique des mélanges en fonction de x. L'abscisse du maximum d'absorption détermine la « composition maximum » x_M.

Nous avons utilisé des solutions à force ionique constante par addition d'un gros excès de NaCl; dans ces conditions on peut appliquer la loi d'action de masses aux concentrations, pour l'équilibre (1), et écrire la constante de dissociation de l'ion complexe.

$$K = \frac{C_{MoO_4^{--}} \times C_{C_2O_4^{--}} \times C^2_{H^+}}{C_{[C_2O_4 - MoO_3]^{--}}} = \frac{C_{MoO_4^{--}} \times 4C^3_{C_2O_4^{--}}}{C_{[C_2O_4 - MoO_3]^{--}}}.$$

Cette quantité se calcule par l'expression

$$K = \frac{108p^2\Gamma^3[1 - x_M(1+p)]^4}{(1-3p)^3(4x_M - 3)}.$$

Une série d'expériences, où Γ a varié de $0,85 \cdot 10^{-3}$ à 10^{-4}, et p de 5,88 à 11,76 a donné pour K des valeurs concordantes, aux erreurs d'expérience près, et de l'ordre de 10^{-13}.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur la porosité de quelques produits adsorbants.* Note de MM. **André Chrétien** et **Denis Papée**, présentée par M. Paul Pascal.

L'étude de la porosité nous a permis de différencier les volumes microporeux et macroporeux. Seul, le premier est spécifique du produit; il évolue au cours de sa préparation.
La réversibilité des modifications de texture d'un gel de silice est mise en évidence.
On décrit une méthode rapide de détermination du volume microporeux, basée sur l'adsorption de vapeurs organiques.

La porosité est un des caractères marquants des produits adsorbants. Elle n'est pas reliée d'une façon simple à la surface spécifique : un même volume poreux peut être constitué par de nombreux capillaires fins ayant une surface totale importante ou bien par de larges pores présentant une faible surface. Un adsorbant réel possède généralement des pores de ces deux espèces, appelés micropores et macropores.

Nous avons étudié deux variétés d'alumine ayant la structure de la bœhmite et celle de la bayerite, et deux variétés de silice : un gel à texture sensiblement homogène (monodispersé) et une silice précipitée à texture hétérogène (polydispersée), toutes mises en pastilles sous 500 kg/cm².

Le volume microporeux est déterminé par adsorption de vapeur saturée, ce qui correspond au remplissage de tous les pores de rayon inférieur à quelques centaines d'angströms, si l'on admet qu'une pression légèrement inférieure à la saturation règne au niveau des pores. Bien que la valeur réelle de cette pression d'équilibre soit inconnue, les valeurs obtenues sont reproductibles à 3 % près, que l'isotherme d'adsorption présente un palier de saturation ou non (types IV ou II de Brunauer).

En vase clos à 20°, l'établissement de l'équilibre entre le solide et le liquide à adsorber par l'intermédiaire de la phase gazeuse est lent : la diffusion de la vapeur diminue la vitesse d'adsorption.

Avec la vapeur d'eau et trois vapeurs organiques nous avons pu mettre en évidence l'influence de la pression de saturation (p_0) sur la vitesse d'adsorption. Le tableau suivant indique la proportion de vapeur adsorbée en 24 h rapportée à la saturation (produits préalablement calcinés à 400° pendant 14 h).

	H_2O.	C_2HCl_3.	CCl_4.	$CHCl_3$.
p_0(20°) mmHg...........	17,5.	56.	91.	160.
Bœhmite..................	68	94	98	98
Bayerite..................	58	85	92	94
Gel de silice..............	57	99	99	99
Silice précipitée..........	30	88	97	98

On voit qu'il est possible de déterminer rapidement le volume microporeux sans complications opératoires (élévation de température, appareillage sous

vide) en diminuant l'effet de la diffusion, à condition d'utiliser un liquide dont la tension de vapeur soit suffisamment faible pour permettre des mesures précises, CCl_4 par exemple.

Le volume poreux total est obtenu après immersion dans le liquide des pastilles saturées de vapeur puis séchage superficiel. Dans le cas de l'eau, l'évaporation est assez lente pour que les mesures soient précises. Elles concordent avec les valeurs calculées à partir des dimensions des pastilles et des densités absolues.

Les résultats donnent lieu aux observations suivantes :

1° Les valeurs du volume microporeux déterminées à l'aide de vapeurs organiques sont égales entre elles, mais généralement inférieures à celles obtenues au moyen de la vapeur d'eau, de 8 % au maximum. Divers facteurs peuvent provoquer cet effet : les dimensions plus élevées des molécules organiques; l'existence, dans le cas de l'eau, d'une adsorption permanente; le caractère hydrophile des produits, particulièrement de la silice. En effet, des essais avec le méthanol nous ont donné pour les deux variétés de silice des valeurs intermédiaires entre celles de l'eau et des dérivés chlorés précédents.

2° La contribution du volume macroporeux au volume poreux total varie de 11 à 43 % suivant les produits et les températures de calcination. Elle est particulièrement faible pour la bayerite qui a dû subir plusieurs compressions au cours du pastillage.

Le volume macroporeux est cependant peu influencé par la calcination. Ce fait est surtout marqué dans le cas de l'alumine. Pour le mettre en évidence on compare les volumes poreux (en cm³) de 100 g de produit initial et du produit restant après calcination.

	Volume.	Non calcinée.	Calcinée à 400°.
Bœhmite	microporeux	16	39
	macroporeux	10	10
Bayerite	microporeux	20	38
	macroporeux	4,5	5

Dans le cas des deux variétés de silice, le volume microporeux, déjà important dans le produit initial, n'augmente que faiblement.

3° L'étude des isothermes d'adsorption a permis d'observer les modifications importantes subies par le gel de silice calciné à 800°. Après trois cycles d'adsorption-désorption de vapeur d'eau, ce gel donne :

	Volume (cm³ par 100 g)	
	Microporeux.	Macroporeux.
Gel calciné à 400°	68	22
» 800°	29	24
Après trois cycles d'adsorption-désorption	38	25

Le volume microporeux du gel calciné à 800° augmente de 31 % après traitement par la vapeur d'eau. La microtexture du gel, affaisée à 800° par l'élimination d'une grande partie de l'eau de constitution, a été restaurée partiellement par l'action de la vapeur d'eau. Ces modifications sont accompagnées des variations correspondantes de la grosseur des pastilles.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Les réactifs spécifiques du germanium.* Note (*) de M. **Pierre Bévillard**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans des Notes antérieures (1), (2), (3) nous avons signalé la propriété caractéristique d'une classe de réactifs du germanium.

Toute molécule organique portant deux fonctions phénol en position ortho, l'une susceptible de se transposer en fonction quinone grâce à une prototropie du noyau, précipite le germanium en milieu acide.

La coexistence évidente des deux formes dans la plupart des cas étudiés a permis de supposer qu'en choisissant deux molécules les présentant séparément, on parviendrait à reproduire les réactions.

Nous avons obtenu les résultats suivants, en employant un mélange de parabenzoquinone et d'un composé comprenant deux fonctions phénol en position ortho.

Phénol.	Réaction du germanium en milieu acide.	
Pyrocatéchol	précipité	vert foncé
Pyrogallol	»	rouge
Hydroxyhydroquinone	»	brun
Tannin	»	brun gélatineux
Pyrocatécholphtaléine	»	vert clair

Les mono- et polyphénols à l'exclusion des orthopolyphénols se sont montrés inactifs. Les mélanges précédents se comportent vis-à-vis des différents cations comme les réactifs précédemment étudiés. Le titane, le zirconium, l'étain tétravalent, le molybdène, le tungstène donnent des colorations sans phénomène de précipitation.

Nous avons d'autre part trouvé l'équivalent de la réaction signalée avec le dihydroxy-3.4 azobenzène sulfoné-4', molécule portant une fonction acide et donnant une coloration rouge en présence de germanium. En effet l'hydroxy-4

(*) Séance du 19 décembre 1951.

(1) A. Tchakirian et P. Bevillard, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 256.

(2) A. Tchakirian et P. Bevillard, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1033.

(3) A. Tchakirian et P. Bevillard, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1112.

azobenzène sulfoné-4' donne une coloration identique, en milieu acide, en présence de tout orthodiphénol comme nous l'avons vérifié avec le pyrocatéchol, le pyrogallol, l'aldéhyde protocatéchique, etc.

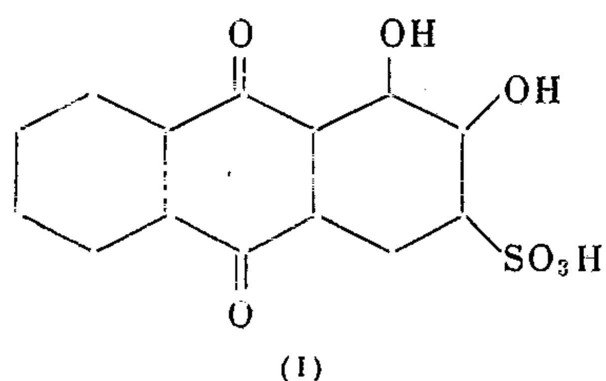
Ceci permet de proposer le réactif suivant dans le but de caractériser les fonctions orthodiphénols :

Hydroxy-4 azobenzène sulfoné-4'............	1 g
Solution d'oxyde de germanium à 4 ‰......	10 cm³
Eau distillée..............................	q. s. p. 100 cm³

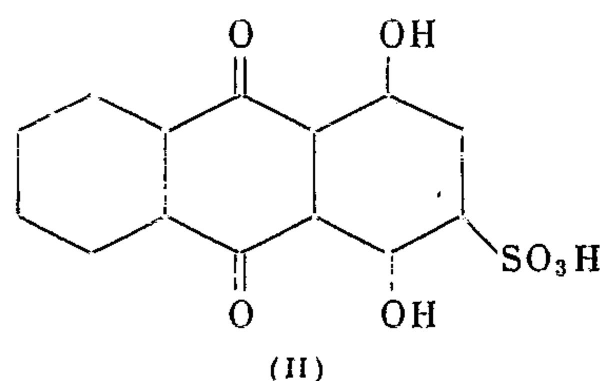
Les analogies des fonctions alcool et amine en chimie organique nous ont conduit à remplacer le diphénol par un orthoaminophénol ou une orthodiamine. La réaction s'est montrée négative.

D'autre part l'analogie entre les fonctions quinone et quinone-imine nous a suggéré le remplacement de la quinone par une imine (toute matière colorante aminée dérivée du triphénylcarbinol par exemple); la fuchsine rouge en milieu légèrement acide donne en présence d'un orthodiphénol (pyrocathéchol, pyrogallol) un précipité violet avec le germanium. Le composé est peu stable aux bas pH à l'inverse des précédents; là encore le remplacement de l'orthodiphénol par un orthoaminophénol ou une orthodiamine n'entraîne plus la réaction.

Il semblait enfin intéressant de constater l'existence de la réaction avec un composé groupant les deux formes non plus par suite d'un équilibre mais simultanément. Tel est l'alizarine-sulfonate de sodium qui, en solution aqueuse concentrée donne un abondant précipité gélatineux jaune en présence de germanium [formule (I)]. La dihydroxyl-1.4 anthraquinone sulfonée 3, par exemple ne donne rien de semblable [formule (II)].



(I)



(II)

Nous avons déjà signalé (I) la purpurogalline dont la même caractéristique fait un réactif spécifique du germanium.

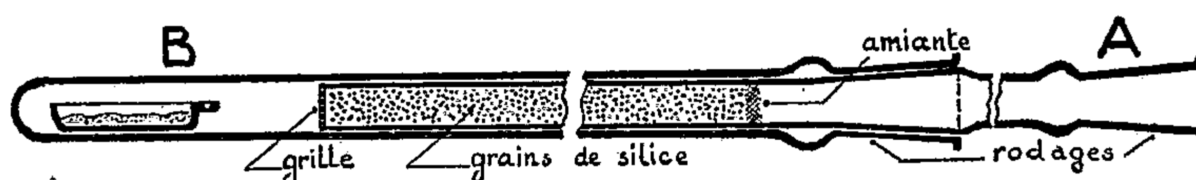
On peut donc résumer l'élargissement des observations précédentes : la coexistence d'une fonction orthodiphénol et d'une fonction quinone ou quinone-imine dans un milieu réactionnel provoque la précipitation du germanium, que ces fonctions soient portées par des molécules distinctes ou encore par la même molécule, simultanément ou grâce à un phénomène de prototropie.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur une nouvelle méthode de dosage de l'oxygène dans les charbons.* Note de M. **Henri Guérin** et Mme **Marthe Bastick**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nouvelle détermination directe de O_2 dans les charbons par pyrogénation dans le vide à 1000°, craquage des produits résultants sur de la silice, gazométrie de OH_2, CO_2 et CO. Cette méthode permet de suivre le dégagement de O_2 en fonction de la température et fournit des renseignements intéressants sur la constitution des charbons.

Lors d'une étude comparée des deux méthodes proposées jusqu'ici pour doser l'oxygène dans les charbons : par réduction sur le carbone d'une part (1), par hydrogénation catalytique d'autre part (2), nous avons montré que, compte tenu des modifications apportées à leurs modes opératoires, la première méthode, plus pratique (3), est celle qui convient le mieux à un laboratoire industriel. Dans ces deux modes de dosage, on procède à une pyrogénation de l'échantillon soit dans l'azote, soit dans l'hydrogène, puis on craque les produits de cette décomposition de telle sorte que tout l'oxygène se trouve à l'état de CO, de CO_2 et de OH_2, que l'on transforme alors intégralement soit en CO, soit en OH_2.

Nous avons pensé qu'une simple pyrolyse dans le vide à 1000° écartant l'emploi d'azote ou d'hydrogène, suivie d'un craquage des produits formés, permettrait de transformer tous les composés oxygénés en CO, CO_2 et OH_2, que l'on pourrait doser directement par gazométrie. La mise au point, d'une



telle méthode reposait sur l'hypothèse de la transformation intégrale en composés gazeux, par simple craquage de tous les constituants oxygénés libérés lors de la pyrogénation. Des essais systématiques nous ont montré que celle-ci est possible et nous ont permis de déterminer les conditions optima.

Sans décrire en détail le mode opératoire adopté, nous indiquerons qu'il suffit, lorsque l'on porte environ 0,5 g de combustible à 1000°, d'obliger les gaz résultants à traverser le tube de silice fondue A (*voir figure*) de 50 cm de long, garni de grains de silice chauffés à 900°, la pression étant maintenue à environ 5 mm par une trompe de Sprengel.

(1) M. Bastick, *Bull. Soc. Chim.*, 1952 (en cours de publication).

(2) H. Guérin et P. Marcel, *Bull. Soc. Chim.*, 1952 (en cours de publication).

(3) H. Guérin, M. Bastick et P. Marcel, *Communication au* XXIVe *Congrès de Chimie Industrielle*, Paris, 1951.

Les gaz produits passent dans un système de condensateurs tel que seul l'hydrogène est extrait à la trompe; on retient, d'une part, dans un piège à — 195°, l'eau et CO_2 (ainsi que les carbures en C_2 formés), d'autre part, CO, CH_4 et N_2 sur du gel de silice refroidi dans l'azote liquide.

Le gel de silice, porté ultérieurement à 150°, libère le mélange de gaz : CO, CH_4 et N_2, sur lequel il est aisé de doser CO par absorption à l'aide du réactif de Lebeau et Bedel, tandis que l'autre piège, réchauffé à — 80° puis à la température ordinaire, fournit successivement CO_2 que l'on dose par absorption et la vapeur d'eau que l'on fait réagir sur du sodium afin de déduire son volume de l'hydrogène ainsi formé.

Si les teneurs en oxygène ainsi trouvées (*voir* tableau, col. II) sont comparables à celles déterminées par les autres méthodes (col. I), sur des charbons contenant peu de soufre, on ne doit pas cacher que l'exécution de cette détermination est plus longue que celle du procédé dit par réduction sur le carbone.

		I. % d'oxygène total.	II. % d'oxygène total.	III. Répartition de l'oxygène en CO.	CO_2.	OH_2.
Charbons. Subbitumineux I		16,5	16,5	5,2	3,6	7,7
		–	16,9	5,8	3,6	7,5
Houilles de Lorraine.	Simon	11,05	11,3	4,6	2,7	4,0
		–	11,4	4,8	2,75	3,85
	La Houve	11,7	11,75	3,85	2,1	5,8
		–	11,85	3,90	2,22	5,75
		–	11,9	3,75	2,25	5,9

Son intérêt résulte toutefois des observations suivantes :

1° L'examen du tableau montre que la répartition de l'oxygène entre CO, CO_2 et OH_2, est, pour un même charbon, sensiblement constante d'un essai à l'autre et varie, au contraire, avec la nature du combustible.

L'analyse de mélanges de CO, CO_2 et H_2, en proportions connues, ayant passé sur la colonne de craquage dans des conditions aussi voisines que possible de celles de l'essai, nous a montré qu'ils ne sont modifiés que dans une faible proportion (de l'ordre de 5 %).

La composition des gaz ainsi obtenus semble donc liée à la répartition de l'oxygène dans le combustible et peut fournir d'utiles indications sur la constitution de ce dernier.

2° En portant le combustible non plus directement à 1 000° mais par paliers, de températures croissantes, d'une façon comparable à celle dont s'opère la pyrogénation classique de Lebeau, on a le moyen de suivre l'élimination de l'oxygène en fonction de la température. Sans procéder obligatoirement à une pyrogénation de 100 en 100°, on peut, compte tenu des processus de la carbonisation et de la cokéfaction, opérer par exemple à 400, 500, 700 et 1 000°, comme nous l'avons fait par ailleurs.

La comparaison des résultats ainsi obtenus avec ceux de la pyrogénation de Lebeau permet une connaissance totale de la façon dont se dégagent les produits oxygénés du charbon lors de sa pyrolyse, non seulement à l'état de gaz mais aussi sous forme de goudrons et d'eau.

En résumé, nous avons mis au point une détermination de l'oxygène dans les charbons par pyrolyse de celui-ci dans le vide à 1 000°, craquage des produits résultants et gazométrie de CO, CO_2 et OH_2.

Cette méthode, plus longue à utiliser que les méthodes proposées jusqu'ici, présente sur celles-ci le grand avantage de constituer un mode d'investigation intéressant de la constitution des charbons.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude des peroxydes de praséodyme.* Note (*) de MM. **Marc Foëx** et **Jean Loriers**, présentée par M. Paul Lebeau.

On sait qu'il existe, à côté du sesquioxyde de praséodyme Pr_2O_3 des produits plus oxydés [(1) à (5)] auxquels on a attribué différentes formules.

En particulier, Pagel et Brinton (1) ont montré que par refroidissement à l'air on obtenait un produit dont la composition correspondait sensiblement à la formule Pr_6O_{11} (représentée parfois sous les formes $Pr_2O_5 . 2Pr_2O_3$ et $4PrO_2 . Pr_2O_3$), cependant que sous pression il était possible de préparer le bioxyde PrO_2.

Le bioxyde présente une structure cubique type fluorine, les produits moins oxygénés de composition voisine de Pr_6O_{11} ont une structure lacunaire pseudo-cubique.

Afin de préciser la nature des différents peroxydes de praséodyme et leurs domaines d'existence, il nous a paru intéressant d'étudier à l'aide de diverses méthodes, l'évolution de ces produits en fonction de la température.

Nous avons utilisé pour cette étude des sels de praséodyme provenant du laboratoire de M. F. Trombe. On a tout d'abord cherché à préparer un produit fortement peroxydé, en refroidissant très lentement (0°,5 : h) à l'air, un oxyde préparé par calcination du nitrate de praséodyme à 650° C. Le produit de couleur noir rougeâtre, obtenu dans ces conditions perd par chauffage dans l'hydrogène, à 1000° C, 7,70 % en poids (soit 1 % d'eau, 0,4 % de gaz carbonique et de l'oxygène, la teneur initiale correspondant à environ $PrO_{2,2}$) et se transforme en sesquioxyde Pr_2O_3.

(*) Séance du 19 décembre 1951.

(1) *J. Amer. Chem. Soc.*, 51, 1929, p. 42.

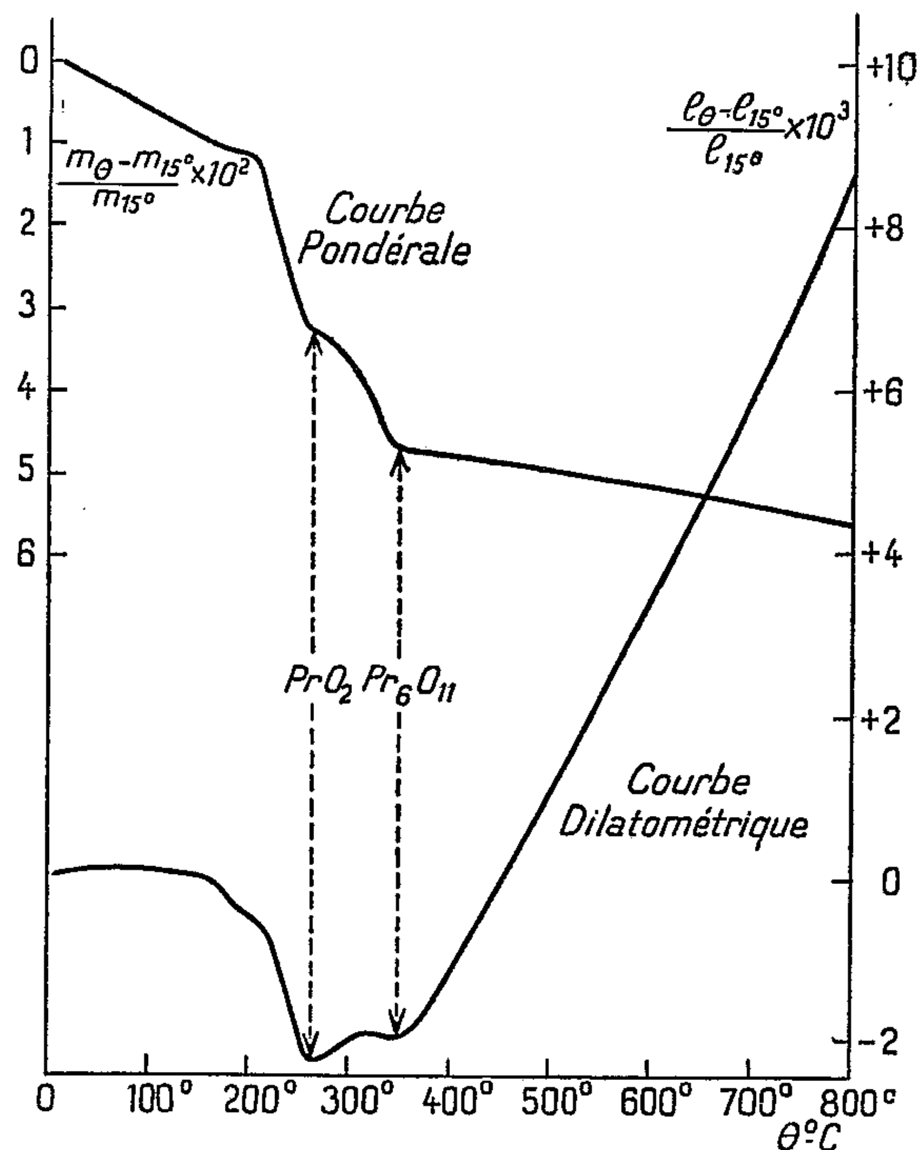
(2) W. Prandtl et G. Rieder, *Z. Anorg. Chem.*, 238, 1938, p. 225.

(3) J. K. Marsh, *J. Chem. Soc.*, 1946, p. 15.

(4) R. L. Martin, *Nature* (Londres), 1950, p. 200.

(5) J. D. Mc Cullough, *J. Amer. Chem. Soc.*, 72, 1950, p, 1386.

La décomposition thermique du peroxyde précédent a été étudiée, à température ascendante, entre 18° et 800° C, à l'aide de mesures pondérales (produit en poudre) et dilatométriques (produit aggloméré par compression). La vitesse de chauffage très lente (1° : h) utilisée, permet d'obtenir à chaque instant l'équilibre relatif à la température considérée.



La courbe pondérale présente, en particulier, deux paliers correspondant sensiblement aux compositions stœchiométriques PrO_2 (vers 265° C) et Pr_6O_{11} (vers 350° C), la déshydratation du produit étant très avancée à 265° C. Ces compositions sont également marquées par des minima de dimensions (maxima de densité) des éprouvettes (*fig.*).

L'analyse aux rayons X, effectuée à la température ordinaire sur les produits trempés fait apparaître, dans tous les cas, une phase de structure sensiblement cubique type fluorine. La dimension de l'arête de la maille cristalline présente deux minima pour des compositions correspondant vraisemblablement à PrO_2 et Pr_6O_{11}. Il existe ainsi une zone étendue de solutions solides homogènes avec un réseau plus contracté pour les compositions précédentes.

Le spectre Debye-Scherrer des produits peroxydés obtenus à des températures inférieures à 280° C fait apparaître, à côté des raies caractéristiques de la phase cubique, quelques raies nouvelles correspondant à une autre phase cristalline. Le faible nombre de raies observées ne permet pas de

déterminer avec certitude sa structure, cependant l'existence de raies très rapprochées du centre indique une maille volumineuse. Les raies précédentes disparaissent progressivement au cours du chauffage entre 200° et 280° C, ce phénomène étant accompagné d'une contraction importante du produit.

La phase nouvelle observée ci-dessus pourrait correspondre à un hydroxyde bien qu'il ne reste que 0,45 % d'eau dans le produit cuit à 200° C, ou encore à un peroxyde plus oxygéné que PrO_2, peut être Pr_2O_5

CHIMIE ORGANIQUE. — *Deux benzorubrènes angulaires naphtylés : le triphényl-*9.11.12 *α-naphtyl-*10 *benzo-*1.2 *naphtacène et le triphényl-*10.11.12 *α-naphtyl-*9 *benzo-*1.2 *naphtacène*. Note (*) de M. **Daniel Bertin**, présentée par M. Charles Dufraisse.

On a réalisé par une voie non rubrénique la synthèse du triphényl-9.11.12 α-naphtyl-10 benzo-1.2 naphtacène et du triphényl-10.11.12 α-naphtyl-9 benzo-1.2 naphtacène; la structure du premier est celle de l'un des trois isomères qui avaient été obtenus antérieurement par une réaction rubrénique. Cette identification fixe, sans ambiguïté, la constitution des trois corps.

Il avait été obtenu simultanément, par une réaction rubrénique, trois rubrènes isomères ([1]) ayant respectivement les structures du diphényl-9.12 di-α-naphtyl-10.11 naphtacène, I, du triphényl-9.11.12 α-naphtyl-10 benzo-1.2 naphtacène, II, et du tétraphényl-9.10.11.12 dibenzo-1.2.5.6 naphtacène, III. L'attribution de ces formules aux trois corps effectivement séparés avait été faite, d'une part, d'après leur spectre, compte tenu de l'effet hypsochrome des annellations angulaires, et, d'autre part, en préparant l'isomère I par une réaction rubrénique ne pouvant donner que celui-ci ([2]).

Une deuxième confirmation, par déduction des données spectrales, avait déjà été faite en préparant, par une voie non rubrénique, le tétraphényl-9.10.11.12 benzo-1.2 naphtacène, IV, ([3]), les spectres de II et IV se révélant identiques quant à la position des maxima d'absorption.

Nous avons apporté une dernière confirmation à cette répartition en faisant la synthèse de II. La détermination des structures de deux des trois isomères obtenus dans la réaction rubrénique ([1]) entraîne, *ipso facto*, la fixation de la formule du troisième et vérifie, du même coup, par un exemple supplémentaire, la théorie émise par Ch. Dufraisse sur le mécanisme de la réaction rubrénique ([4]).

(*) Séance du 19 décembre 1951.

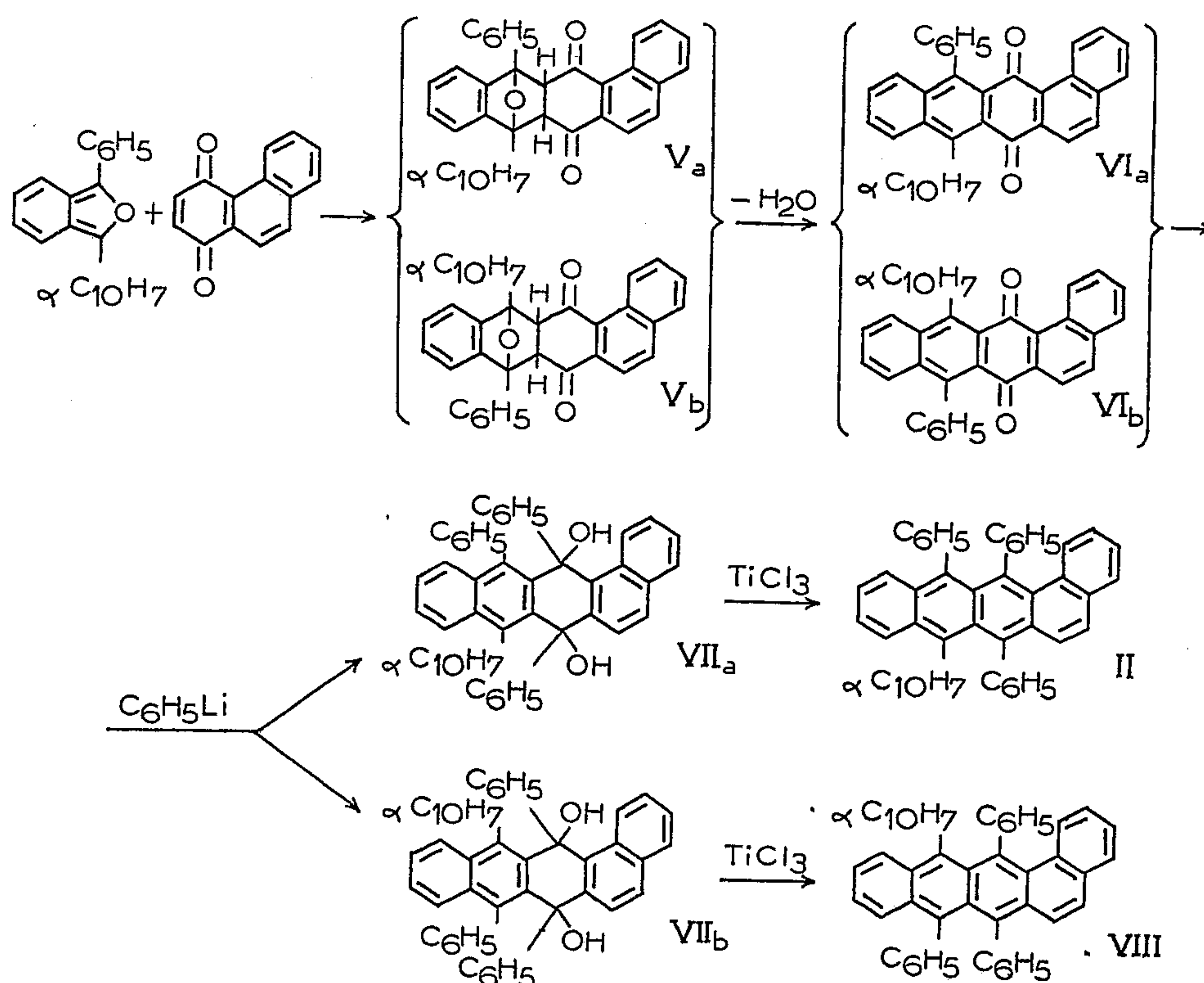
([1]) Ch. Dufraisse, J. Robin et D. Bertin, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 5.

([2]) D. Bertin, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1356.

([3]) D. Bertin, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1853.

([4]) *Bull. Soc. Chim.*, (5), 3, 1936, p. 1857.

La méthode employée consiste, d'abord, en une synthèse diénique entre le phényl α-naphtylisobenzofuranne et la phénanthrène quinone-1.4 ([5]).



L'adduct, qui est un mélange d'isomères de position (naphtyle en 10 ou en 9, V*a* et V*b*), est déshydraté par l'acide acétique saturé d'acide bromhydrique gazeux, en phényl-9 α-naphtyl-10 benzo-1.2 naphtacène quinone-11.12, VI*a*, et en phényl-10 α-naphtyl-9 benzo-1.2 naphtacène quinone-11.12, VI*b* ($C_{38}H_{22}O_2$). La séparation du mélange de ces deux quinones a échoué, quelles que soient les méthodes utilisées. Par contre, elle a pu être faite par chromatographie sur le mélange des diquinols, VII*a* et VII*b*, obtenus par condensation du phényllithium sur le mélange des quinones VI*a* et VI*b*. Ces deux diquinols, tous deux solvatés par une demi-molécule d'éther, fondent avec décomposition, l'un à 253-255° et l'autre à 316-318°. Ces diquinols sont réduits, respectivement, en triphényl-9.11.12 α-naphtyl-10 benzo-1.2 naphtacène, II, et en triphényl-10.11.12 α-naphtyl-9 benzo-1.2 naphtacène, VIII ($C_{50}H_{32}$).

L'hydrocarbure provenant du diquinol fondant à 253-255° se révèle être identique à l'un des isomères de la réaction rubrénique ([1]), celui auquel on

([5]) L. F. Fieser, *J. Amer. Chem. Soc.*, 51, 1929, p. 2469.

avait attribué la formule II. Cette identification permet de fixer, l'une par l'autre, les structures provenant des deux origines (réaction rubrénique et synthèse progressive). En effet, le corps d'origine rubrénique ne peut avoir le naphtyle du même côté que l'annellation angulaire; la formule II est donc la seule des deux formules II et VIII qui puisse lui convenir. En conséquence, les deux hydrocarbures de synthèse progressive, auxquels reviennent obligatoirement les deux formules en question, doivent se les répartir ainsi : la première, II, à l'hydrocarbure identique au corps d'origine rubrénique, la seconde, VIII, à l'autre. Cette conclusion rejoint celles que nous avions déjà tirées pour l'attribution de la structure II à l'un des trois isomères d'origine rubrénique (1), (3).

Par voie de conséquence, le diquinol fondant à 253-255° a la formule VII*a* ($C_{50}H_{34}O_2$) et celui qui fond à 316-318°, la formule VII*b* ($C_{50}H_{34}O_2$).

L'hydrocarbure II fond instantanément à 256-257°. L'hydrocarbure VIII, sublimé sous vide poussé, fond à 323-324°.

LITHOLOGIE. — *Méthode d'étude morphométrique des graviers.* Note de
M. **Léopold Berthois** et Mme **Catherine Berthois**, transmise par M. Albert Michel-Lévy.

Exposé d'une méthode morphométrique applicable aux graviers, gravettes, granules (20 à 2 mm) basée sur le poids moyen (Pm) d'un grain et ses équivalents volumétriques.

Dans la classification de J. Bourcart (1941) (1) les graviers, gravettes et granules comprennent des éléments dont la largeur varie de 20 à 2 mm. Ces limites ne sont pas purement conventionnelles : la dimension supérieure correspond à la limite d'application des méthodes morphométriques employées dans l'étude des galets, la dimension inférieure correspond sensiblement à l'individualisation des minéraux et, en particulier, de celle du quartz sur l'aspect duquel sont basées les méthodes morphométriques des sables (A. Cailleux, 1943) (2).

Dans l'espace dimensionnel que nous considérons, les éléments sont en majeure partie composés de débris de roche plus ou moins roulés. L'hétérogénéité du matériel nous a fait écarter les méthodes qualitatives parce que tous les critères employés sont influencés par la nature lithologique de la roche et entachés d'un coefficient personnel d'appréciation.

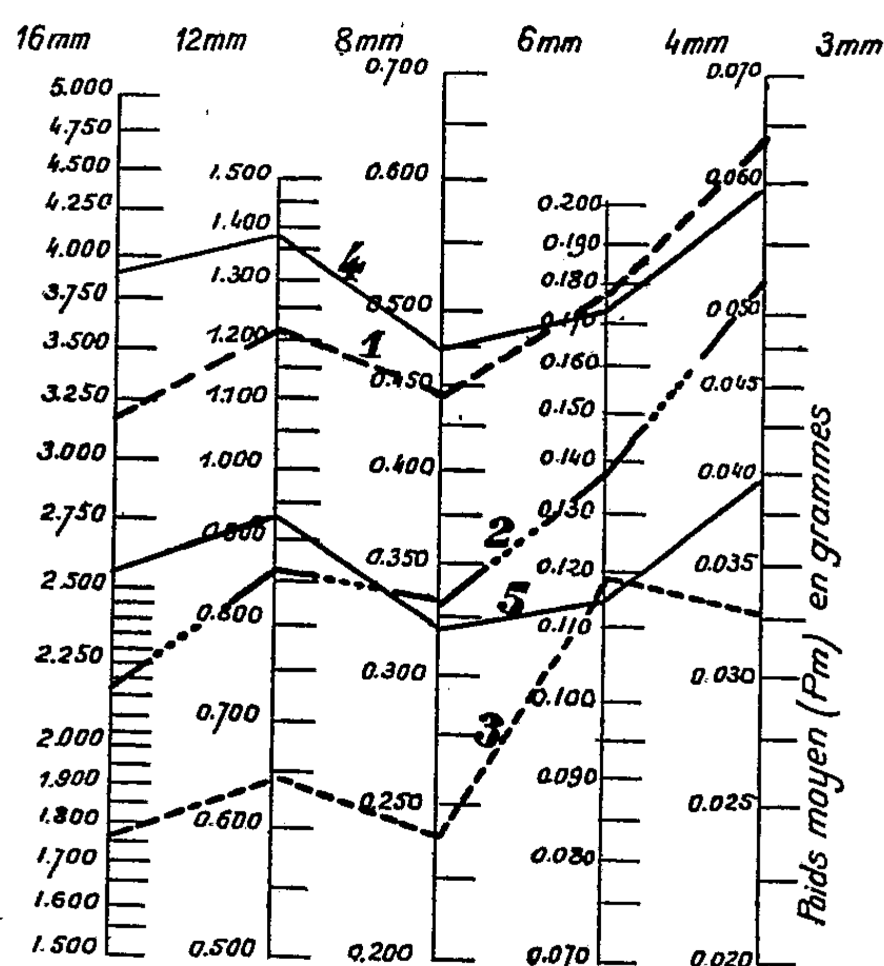
Ces considérations nous ont conduits à choisir pour base de nos recherches le poids moyen d'un grain (Pm) dans un intervalle dimensionnel donné.

(1) *Soc. Géol. Fr.*, 5e série, 11, 1941, p. 117-153.
(2) *Soc. Géol. Fr.*, 5e série, 13, 1943, p. 126-138.

Le classement granulométrique des grains est effectué à l'aide de tamis de tôle, perforés de trous circulaires dont les diamètres varient très sensiblement suivant une progression géométrique de raison $\sqrt{2}$, soit : 3, 4, 6, 8, 12 et 16 mm.

Nous avons adopté une représentation logarithmique suivant des échelles séparées dont les origines sont décalées de quantités variables.

Il en résulte que les positions des points sur les échelles logarithmiques ont seuls une signification précise, les droites qui les joignent ne servent qu'à faciliter la lecture du graphique. Un abaque de référence doit être construit pour chaque variété lithologique. Nous donnons en exemple celui établi pour des graviers de schiste antécambrien de la plage de Donville (Manche).



1. Poids moyen (Pm) d'un grain très roulé de chaque catégorie. — 2. Pm d'un grain très anguleux. 3. Pm d'un grain très aplati.

L'expérience montre que la largeur moyenne des grains d'un espace dimensionnel donné est très voisine de la moyenne arithmétique des diamètres limites. Cette valeur peut être utilisée pour calculer le poids du grain sphérique correspondant, compte tenu de la densité de la roche (courbe 4). Nous avons également calculé le poids d'un grain cubique dont une face est inscrite dans le cercle moyen (courbe 5). La forme du grain moyen peut alors être rapportée à une équivalence volumétrique. Ainsi, dans l'exemple donné :

Entre 16 et 6 mm, les grains très roulés (courbe 1) sont aplatis, leur Pm est inférieur à celui de la sphère moyenne (courbe 4).

Entre 6 et 4 mm, l'aplatissement est moins accusé et l'allongement relatif plus important, le Pm est légèrement supérieur à celui de la sphère moyenne. Ce fait est encore plus apparent entre 4 et 3 mm.

Des comparaisons analogues peuvent être faites entre la courbe 5 (cube inscrit) et les éléments anguleux (courbe 2) ou aplatis (courbe 3).

La comparaison d'un échantillon quelconque, de même nature lithologique avec les courbes 1 à 5, permet d'obtenir très rapidement un renseignement précis sur la forme des grains de chaque espace dimensionnel et sur la dominance d'un type donné. Il suffit de prélever 100 grains quelconques de chaque résidu de tamisage, de les peser et d'en déduire le Pm d'un grain.

La position du Pm obtenu sur l'échelle logarithmique correspondante fournit immédiatement l'équivalent volumétrique du grain moyen et indique le degré d'usure. L'observation effectuée au cours du prélèvement permet de lever rapidement l'ambiguïté qui résulte parfois de la présence de la courbe 2 (grains anguleux) intermédiaire entre les courbes 1 (grains très roulés) et 3 (grains très aplatis).

GÉOLOGIE. — *Eustatisme et isostasie.*

Note (*) de M. **Camille Arambourg**, présentée par M. Charles Jacob.

L'observation des anciennes lignes de rivages échelonnées à des altitudes supérieures au niveau actuel des mers a donné lieu à la notion, bien connue, des oscillations eustatiques de ce niveau au cours du Quaternaire et a permis à Charles Depéret de jeter les bases d'une classification chronologique de cette période.

L'accord paraît actuellement s'être établi pour rattacher aux phénomènes glaciaires ces diverses oscillations : les mouvements de régression marine étant contemporains des glaciations par suite de la fixation, sur les inlandsis continentaux, d'une masse d'eau correspondante; les mouvements de transgression étant synchroniques des périodes interglaciaires.

Mais ce schéma paraît insuffisant pour rendre compte, à lui seul, de la complexité des phénomènes observés et, surtout, de l'étagement des anciens rivages marins, comme si le niveau général des mers n'avait cessé de s'abaisser en valeur absolue depuis le début du Quaternaire jusqu'à la cote 0 actuelle.

Rien ne permet, en effet, de supposer, pour expliquer cet abaissement, que la masse totale des eaux océaniques ait diminué au cours de cette période, ni que la distribution générale des continents et des bassins océa-

(*) Séance du 2 janvier 1952.

niques ait subi, dans le même temps, des modifications suffisantes. Il est, au contraire, vraisemblable qu'au cours de chaque période interglaciaire, le niveau des surfaces océaniques était remonté, à peu de choses près, à la même cote absolue qu'actuellement.

Il est donc nécessaire, pour expliquer l'étagement des anciennes lignes de rivage, d'admettre, corrélativement aux oscillations eustatiques du niveau marin, un exhaussement progressif des masses continentales.

Parmi les causes possibles d'un tel exhaussement, la plus simple paraît être une compensation isostatique de l'usure progressive des continents du fait de l'érosion.

En admettant les chiffres classiques d'une érosion globale annuelle de 16 km^3, correspondant, pour l'ensemble des continents, à une usure annuelle moyenne de 0,11 mm d'épaisseur, on voit que la tranche abrasée en un million d'années, durée vraisemblable du Quaternaire, atteint un peu plus de 100 m. Un calcul simple montre que la compensation isostatique théorique, consécutive à cette décharge, est voisine de 90 m, ce qui correspond statistiquement à l'ordre de grandeur des altitudes observées pour les plus anciennes terrasses dites « siciliennes » du Quaternaire.

Mais, si un grand nombre de faits d'observation trouvent dans l'application de ce schéma général une explication qualitative, beaucoup d'autres montrent que diverses causes locales peuvent intervenir pour en modifier la rigidité théorique : le taux absolu de l'usure érosive continentale peut varier suivant l'importance des reliefs topographiques, de sorte que la valeur absolue des remontées isostasiques peut être différente d'un compartiment à l'autre de l'écorce; de plus, divers mouvements d'origine tectonique peuvent modifier localement l'équilibre de ces derniers.

C'est ainsi que les anciennes « plages soulevées » du littoral algérien s'étagent généralement sur trois gradins successifs, mais dont les altitudes absolues peuvent varier considérablement pour chacune d'elles, selon les points considérés; souvent même parfois, comme dans la baie de Mostaganem, dans celle de Bougie au flanc du massif des Babors [1] ou à l'Ouest d'Alger, on peut suivre, de proche en proche, les inflexions ou les ondulations de certaines d'entre elles.

C'est pourquoi, si les principes de la classification du Quaternaire fondés par Charles Depéret sur l'échelonnement vertical des anciennes lignes de rivage paraissent devoir être maintenus dans leur majeure partie, il n'en est plus de même pour les considérations relatives aux altitudes absolues assignées aux lignes de rivage pour les différents termes de cette classification.

---

[1] C. Arambourg, *Archives de l'I. P. H.*, Mémoire n° 13, 1934.

GÉOLOGIE. — *La série paléozoïque du Cap Sicié et de la région de Six-Fours* (*Var*). Note de M. **Claude Gouvernet**, présentée par M. Pierre Pruvost.

L'interprétation de la structure des massifs hercyniens des environs de Toulon demeure un sujet controversé.

Aucun argument d'ordre stratigraphique n'ayant été invoqué au cours des discussions pour expliquer le comportement intime du matériel hercynien, j'apporte une contribution à la connaissance de ces massifs en donnant ci-dessous la succession des terrains observés dans la série métamorphique de la presqu'île de Sicié et de la région de Six-Fours.

		Age supposé.
Série de Fabrégas	Phyllades de Peyras	Dévonien inférieur et Gothlandien supérieur
	Schistes en dalles de la Grande-Calanque	
	Quartzophyllades de la Grande-Calanque	
Série de la Vieille-Garde	Série des schistes noirs de la Vieille-Garde : phyllades noirs; phyllades noirs avec veines d'ampélites	Gothlandien
	Schistes gréseux gris	Caradoc (Ordovicien supérieur)
	Arkoses de la Vieille-Garde (arkoses des Playes	
	Discordance et lacune.	
Série de Six-Fours	Quartzophyllades gris noir des Playes (quartzophyllades de la Pointe de Sicié)	Cambrien
	Phyllades supérieurs de Six-Fours (phyllades de la Pointe de Sicié)	
	Quartzites et quartzophyllades de Six-Fours	
	Phyllades inférieurs de Six-Fours	Briovérien inférieur (Infracambrien)
Série des Lèques	Phyllades et phtanites des Lèques, de Six-Fours et de la Seyne	
	Schistes verts des Lèques, à sills de dolérite et poudingues intraformationnels	

Les rapports stratigraphiques qui existent entre la *série de la Vieille-Garde* et celle *de Six-Fours* sont mis en évidence par l'étude des deux formations détritiques plus ou moins métamorphiques observées, l'une, dans la partie inférieure de la première série, l'autre, au sommet de la seconde. Ces terrains étant identiques par leurs caractères pétrographiques, par leur degré de métamorphisme et par la nature des matériaux qu'ils remanient, nous pouvons en conclure que la série de la Vieille-Garde est en continuité stratigraphique avec celle de Six-Fours.

Ainsi, à l'Ouest de Toulon, les phyllades révèlent une série stratigraphique complète au sein de laquelle existent deux formations qui, en d'autres lieux, ont reçu une attribution d'âge. Ce sont : *les schistes verts à poudingues intraformationnels et phtanites* et *les schistes noirs à niveaux ampéliteux.*

1° Les *schistes verts des Lèques*, surmontés sans discordance apparente par des schistes séricíteux en petits bancs et à intercalations de phtanites, présentent les caractères des séries compréhensives récemment décrites par P. Pruvost, sous le nom d'*Infracambrien* (*Briovérien inférieur*).

2° Les *schistes noirs ampéliteux de la Vieille-Garde*, qui contiennent des empreintes minéralisées indéterminables, n'ont révélé jusqu'ici aucun fossile identifiable; mais leur faciès les apparente si nettement aux schistes ardoisiers du Fenouillet dans lesquels H. Schoeller a découvert des empreintes de Graptolithes, que je les rapporte au *Gothlandien.*

Dans la *série de Six-Fours*, aucune discordance apparente ne peut être signalée jusqu'aux arkoses des Playes (formation équivalente des arkoses de la Vieille-Garde). Mais on note, intercalé dans les schistes séricíteux, un horizon de quartzites auquel on passe insensiblement par des quartzophyllades en petits bancs. Ce changement de faciès au sein d'une série stratigraphique continue fait penser à de lointaines répercussions des mouvements cadomiens. En ce cas, les schistes séricíteux inférieurs de Six-Fours appartiendraient encore à l'Infracambrien, les quartzophyllades et quartzites représenteraient la base du Cambrien, concordante avec l'Infracambrien, et les phyllades supérieurs s'identifieraient avec la partie moyenne et même supérieure du Cambrien.

Les *arkoses de la Vieille-Garde* (arkoses des Playes), discordantes sur les phyllades et quartzophyllades de la Pointe de Sicié (phyllades supérieurs de Six-Fours et quartzophyllades des Playes), supportent, sans discontinuité stratigraphique, les schistes gréseux et les phyllades noirs de la Vieille-Garde (Gothlandien). L'examen de cette succession de terrains nous permet, dans l'hypothèse présentée ici, de faire de ces arkoses l'*équivalent du Caradoc.* La discordance entre les arkoses et les phyllades de la Pointe de Sicié ou des Playes montrerait une lacune sédimentaire par érosion correspondant, au moins, à l'Ordovicien inférieur.

La *série de Fabrégas* comprend des formations bien différentes des précédentes, mais concordantes sur elles, qui pourraient appartenir au Gothlandien supérieur et au Dévonien inférieur.

MÉTALLOGÉNIE. — *Sur la présence d'une paragénèse nouvelle à molybdénite dans les filons 7 et 5 de la région minéralisée de Bou Azzer (Sud Marocain).* Note de M. **Georges Jouravsky**, présentée par M. Paul Fallot.

La découverte de la molybdénite et son association avec la brannerite, la chalcopyrite, la pyrite et l'or natif, dans le principal gisement de la région minéralisée de Bou Azzer, montre l'existence d'une paragénèse nouvelle, distincte de celles antérieurement reconnues.

Les filons 7 et 5 constituant le gisement principal de la région minéralisée de Bou Azzer ont été exploités, pour le cobalt et pour l'or, depuis 20 ans. En novembre 1949, l'étude de quelques échantillons provenant de ce gisement m'a permis d'y découvrir la molybdénite [1]. Ce minéral fait partie d'une paragénèse qui, à ma connaissance, n'avait encore jamais été signalée dans aucun gisement.

Ces filons sont situés au contact d'une serpentine intrusive dans une faille de l'accident majeur anti-atlasique, l'autre éponte étant formée d'une diorite quartzique antérieure à la serpentine.

Après la découverte de la molybdénite, on peut, semble-t-il, distinguer trois paragénèses dans ce gisement :

1° Paragénèse à molybdénite avec brannerite, chalcopyrite, pyrite et or natif en imprégnations dans la diorite quartzique altérée. Les analyses révèlent dans cette minéralisation des teneurs importantes en argent, mais la forme sous laquelle se trouve celui-ci reste inconnue.

2° Paragénèse cobaltifère normale [2], largement dominante, avec skuttérudite, löllingite cobaltifère, safflorite, chalcopyrite et or natif dans une gangue de calcite, dolomie, quartz, talc et chlorite.

3° Paragénèse à argent natif [3], avec nickéline, pyrrhotine, pyrite, chalcopyrite, chalcosine, bornite et skuttérudite dans des veines à gangue de talc et de calcite traversant les épontes de diorite quartzique altérée et de serpentine, ou en imprégnations dans celles-ci.

Ces trois types de minéralisations sont normalement séparés. La minéralisation avec argent natif occupe une région restreinte dans une partie étroite du filon 5 et ses relations avec les autres types ne sont pas nettes.

Dans les autres parties du gisement, la gangue est surtout quartzeuse du côté de la diorite quartzite et surtout carbonatée du côté de la serpentine.

---

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 124 (Pli cacheté n° 12616).
(2) *Notes Serv. Géol. Maroc*, II, 1949, p. 183-192.
(3) *Ibid.*, p. 193-207.

La minéralisation en cobalt est généralement concentrée vers cette dernière éponte, tandis que l'association molybdène, brannerite, chalcopyrite imprègne l'éponte dioritique chloritisée et silicifiée.

Localement, la minéralisation cobaltifère se superpose à la minéralisation à molybdénite. Les veines de quartz avec skuttérudite peuvent larder l'éponte dioritique et les analyses révèlent de faibles teneurs en molybdène dans les minerais de cobalt.

D'autre part, à l'extrémité Nord-Est du filon 5 existe une brèche filonienne constituée par des fragments de diorite quartzique enrobés dans la calcite et le quartz. Ces fragments, écrasés et chloritisés, ont recristallisé partiellement. Dans la masse recristallisée on peut observer de petits cristaux d'albite de néoformation, des plages de quartz, des paillettes de mica vert olive et de chlorite de même teinte, peu biréfringente. Les fragments de la brèche renferment une minéralisation abondante en molybdénite sous forme d'agrégats de paillettes d'une extrême finesse, souvent réunis en courts filets. Ceux-ci peuvent renfermer de petites plages de chalcopyrite, des baguettes de brannerite et des grains d'or. La brannerite, moins abondante que la molybdénite, se présente, soit en grains, soit en baguettes qui se groupent parfois en étoiles. Il faut, d'autre part, signaler une association très particulière de la brannerite avec un minéral, qui n'a pu être déterminé, mais qui paraît être du sphène. Ce minéral forme parfois une bordure mince et continue autour des baguettes de brannerite. Comme la molybdénite, la brannerite se trouve dans les parties broyées et recristallisées des fragments de diorite quartzique. Parfois elle borde des veines de quartz qui traversent ceux-ci.

L'or, souvent très abondant, existe en grains dont la grosseur, qui peut atteindre quelques dixièmes de millimètre, est comparable à celle des autres minéraux opaques. Il est souvent associé à la molybdénite et forme aussi des grains mixtes avec la brannerite. Par contre, la chalcopyrite et la pyrite semblent être exemptes d'or. Il se trouve également en grains isolés dans les fragments dioritiques ou dans les veines de quartz les traversant. La chalcopyrite se rencontre en grains isolés ou mixtes avec la molybdénite, avec la pyrite ou rarement avec la brannerite. La pyrite, rare, se rencontre aussi en grains isolés.

Le ciment de la brèche est constitué par de la calcite très grossièrement cristallisée enrobant des prismes de quartz enfumé. Sa minéralisation, très pauvre, comprend quelques grains de skuttérudite et de chalcopyrite qui peuvent aussi cristalliser à l'intérieur de géodes.

La minéralisation à molybdénite apparaît ainsi antérieure à la venue cobaltifère et séparée de celle-ci par un stade de bréchification.

MÉTALLOGÉNIE. — *Présence de la pechblende dans la minéralisation du gîte d'Azegour (Haut-Atlas), Maroc.* Note de M. **François Permingeat**, présentée par M. Paul Fallot.

L'hypothèse de l'existence d'une paragenèse molybdénite-uranium a conduit à la découverte de la pechblende dans le gîte de molybdénite d'Azegour.

En août 1949, M. J. Agard constatait qu'un échantillon de grenatite à molybdénite provenant du gîte d'Azegour présentait une radioactivité faible mais nettement perceptible au gammaphone. Fin novembre 1949, M. G. Jouravsky découvrait de la molybdénite associée à un titanate d'uranium à Bou Azzer. Le rapprochement de ces deux faits conduisait à l'hypothèse que l'association molybdène-uranium existait aussi à Azegour.

Une prospection au gammaphone des galeries de la mine d'Azegour, effectuée du 6 au 9 décembre 1949, avec MM. P. Bourg et R. Vergerio a permis de vérifier cette hypothèse et quelques points à très forte radioactivité ont été localisés.

Dans les échantillons recueillis, la pechblende a pu être identifiée. En sections polies elle présente une structure colloïdale typique : petits rubans et nodules mamelonnés recoupés par de minuscules filets de pyrite ou de calcite; son pouvoir réflecteur est faible; sa couleur, grise dans l'air, devient d'un gris plus foncé teinté de brun à l'immersion; elle est isotrope; les attaques par les acides chlorhydrique et iodhydrique sont négatives. A la loupe, elle apparaît noire, brillante avec une cassure conchoïdale. Elle n'est pas magnétique. Des essais à la plaque photographique effectués sur des sections polies ont permis de vérifier que la radioactivité émanait du minéral observé. Enfin, une analyse chimique par M. P. Coisset, sur une portion enrichie a montré qu'il s'agissait bien d'un oxyde d'uranium.

La forte radioactivité décelée dans le gisement est liée, soit à des zones privilégiées dans la masse des *tactites* minéralisées en molybdénite et scheelite (1), soit à des cassures minéralisées.

Dans la masse des tactites, l'oxyde d'uranium se présente en très petits grains sans formes nettes, étroitement associé à de l'hématite, le plus souvent dans des interstices entre les grenats et, parfois, à l'intérieur même des cristaux de molybdénite. Dans les cassures minéralisées, la pechblende est accompagnée de pyrite, d'hématite, de chalcopyrite et, plus rarement,

(1) Quant à la présence de la scheelite, signalée dans la présente Note qui détaille les découvertes mentionnées dans le pli cacheté n° 12.642 du 16 janvier 1950, elle a été divulguée dans *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 92.

de galène, de blende et de magnétite dans une gangue de carbonates (calcite, ankérite), de quartz et parfois de barytine.

L'uranium apparaît à Azegour dans une minéralisation complexe comportant notamment : molybdénite, scheelite, chalcopyrite, pyrite, pyrrhotine, blende, magnétite, oligiste, fluorine et, plus rarement, galène, linnéite (2) et bismuth natif. Il s'est probablement déposé principalement après la mise en place, dans les tactites, de la molybdénite et de la scheelite. Les solutions uranifères circulaient alors dans les fissures de retrait subsistant au sein des tactites après leur formation.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Intensité relative des deux composantes du doublet du sodium dans la lumière du ciel nocturne.* Note de M. **Pierre Berthier**, présentée par M. Jean Cabannes.

On sait que la transition $^2P_{3/2}-^2S$ (5 889,977 Å) de l'atome neutre de sodium est deux fois plus probable que la transition $^2P_{1/2}-^2S$ (5895,944 Å), en sorte que la raie D_2 est généralement deux fois plus intense que la raie D_1. Il semblait en être ainsi dans l'émission nocturne et dans l'émission crépusculaire des raies D, d'après les premiers travaux retatifs au sodium atmosphérique (1), (2), (3), (4).

Cependant Bricard et Kastler (5) ont pensé que le rapport des intensités des deux composantes du doublet pourrait varier dans d'assez larges limites. Les raies D se trouvent, en effet, superposées à la « bande de la pluie », et il est à craindre qu'elles ne soient affaiblies par la vapeur d'eau atmosphérique. L'absorption porterait principalement sur la raie D_2 qui n'est distante que de 0,334 et 0,089 Å de fortes raies de H_2O (5 889,643 et 5889,888 Å). Celles-ci peuvent recouvrir la raie D_2, si elles sont assez larges. On peut donc s'attendre à trouver, dans la lumière du ciel nocturne ou crépusculaire, un rapport d'intensité D_2/D_1 inférieur à 2.

J'ai entrepris à l'Observatoire de Haute-Provence la mesure précise du rapport des intensités des deux raies D au crépuscule et pendant la nuit, au moyen d'un étalon interférentiel à couches multiples, suivi d'un objectif de 95 mm de longueur focale ouvert à F/2. L'épaisseur de la lame d'air (0,14 mm) a été choisie de manière à ce que les deux composantes du

(2) F. von der Weid, *Thèse*, Genève, 1941.

(1) J. Cabannes, J. Dufay et J. Gauzit, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 870.
(2) J. Cabannes, J. Dufay et J. Gauzit, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1525.
(3) R. Bernard, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 928.
(4) R. Bernard, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1137.
(5) *Ann. Géophys.*, 1, 1944, p. 19 et 20.

doublet donnent des systèmes d'anneaux presque en discordance complète près du centre ([1]). Les clichés sont étalonnés au moyen d'un photomètre à pénombre ([6]) éclairé par une lampe à sodium, et dépouillés au microphotomètre enregistreur. Des mesures semblables sont effectuées, d'autre part en plaçant devant l'interféromètre un écran diffusant éclairé par la lampe à sodium.

Des essais préliminaires ont été effectués sur des plaques panchromatiques dont la sensibilité tombe rapidement vers le rouge, avec un filtre éliminant la raie 5 577,35 Å de (O I). Cependant, dans ces conditions, les raies 6 300-6 364 Å de (O I) impressionnent encore la plaque. L'emploi d'un filtre interférentiel, dont la bande passante, centrée sur 5 890 Å, a moins de 200 Å de large, a conduit à de bien meilleurs résultats. Mais l'opacité du filtre oblige à faire de longues poses sur le ciel (7 à 11 h).

Pendant cinq belles nuits du mois de novembre de degré hygrométrique très faible, j'ai obtenu pour le rapport des intensités D_2/D_1, des nombres compris entre 1,97 et 1,99. Leur valeur moyenne est $1,98 \pm 0,05$, tandis que les mesures faites au laboratoire, avec la lampe à sodium ont donné : $2,01 \pm 0,03$. Les mesures sont un peu moins précises sur le ciel, surtout en raison du fond continu.

Ainsi, pendant des nuits d'hiver claires et sèches le rapport des intensités des deux raies D nocturnes a bien la valeur théorique et l'absorption par la vapeur d'eau n'intervient pratiquement pas. Les mesures seront poursuivies au crépuscule et par des nuits humides; l'absorption par la vapeur d'eau peut être plus importante en été.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur le chlorhydrate de N-méthyl-N-phénylglycocolle sur les cultures de tissus de Topinambour et de Carotte.* Note (*) de MM. **Robert Bouriquet** et **Henri Pachéco**, présentée par M. Roger Heim.

Le chlorhydrate de N-méthyl-N-phénylglycocolle a une action phytohormonale nette; aux fortes doses il devient fortement toxique.

Au cours de recherches précédentes, l'un de nous ([1]) avait préparé le N-méthyl-N-phénylglycocolle et mis en évidence l'activité phytohormonale de ce composé. Il nous a paru intéressant de préciser ce travail préliminaire en étudiant son action sur les cultures de tissus.

Pour cette étude, nous avons fait appel, d'une part aux tissus de paren-

---

([6]) D. Barbier, *Ann. Astrophys.*, 7, 1944, p. 86.

(*) Séance du 19 décembre 1951.

([1]) H. Pachéco, *Soc. Biol.*, 144, 1950, n° 1 et 2.

chyme vasculaire de Topinambour cultivés *in vitro* qui, comme l'a montré Gautheret (²), sont incapables de se développer en l'absence d'hétéro-auxine; d'autre part, aux tissus de la souche de Carotte isolée en 1937 par Gautheret, qui ne peuvent se développer que faiblement en l'absence d'hétéro-auxine. Les fragments furent pesés au moment de leur prélèvement, puis en fin de culture afin de déterminer leur accroissement. Nous avons obtenu les résultats suivants :

1. *Tissus de Topinambour.* — Le chlorhydrate de N-méthyl-N-phénylglycocolle ne manifeste aucune propriété excito-formatrice jusqu'à la dose de 10^{-6} (*fig.* 1); si l'on augmente la dose, les tissus se développent d'autant plus activement que celle-ci est plus forte; mais dès 10^{-4}, quoique leur

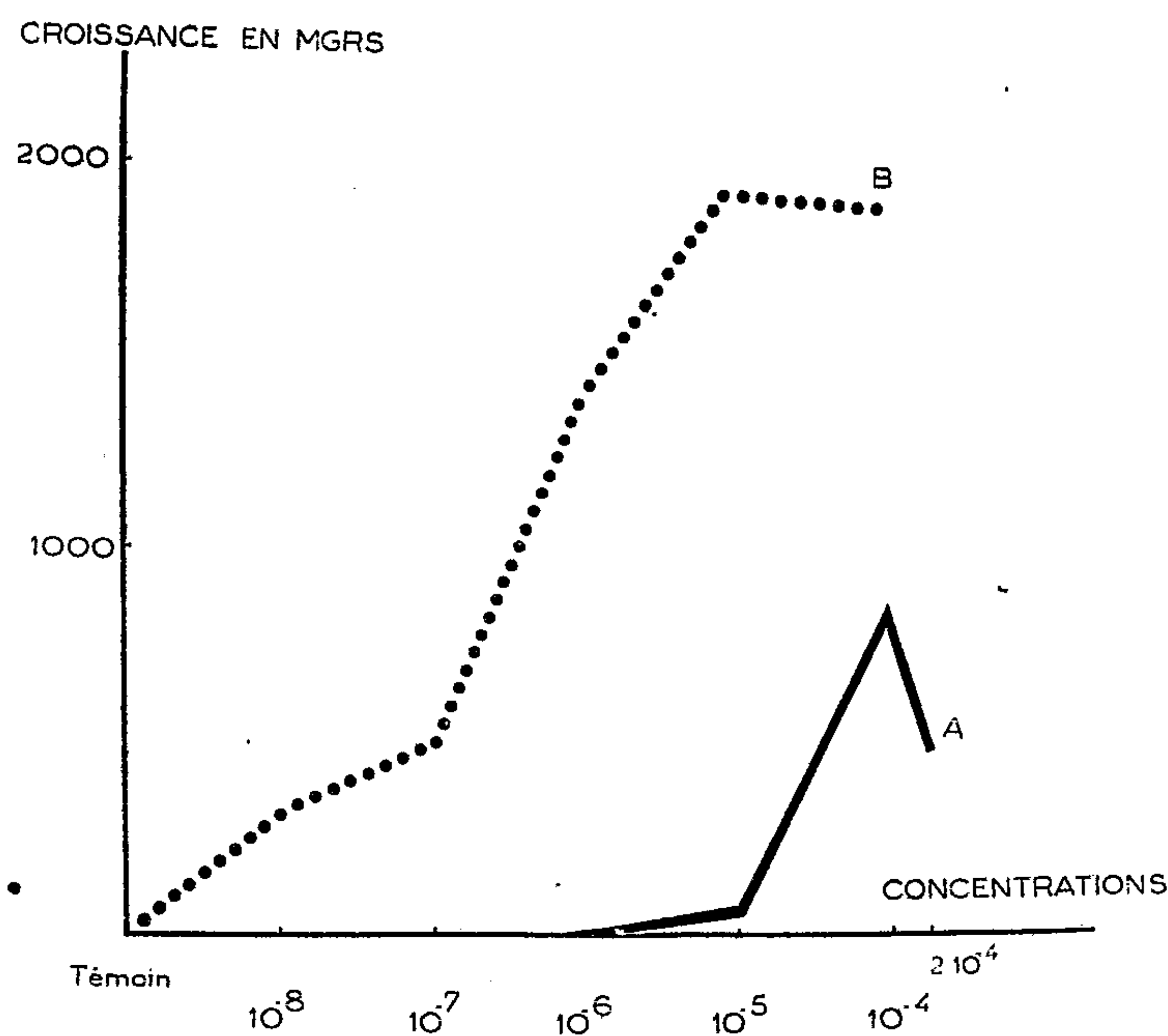


Fig. 1. — *Tissus de Topinambour.*

Courbes résumant l'action du chlorhydrate de N-méthyl-N-phénylglycocolle (A) comparée à celle de l'acide indol-acétique (B) sur la prolifération des tissus cultivés *in vitro*. Chaque valeur correspond à la moyenne calculée sur 12 fragments.

prolifération soit très intense, ils commencent à subir l'action toxique du chlorhydrate de N-méthyl-N-phénylglycocolle; le cal qu'ils produisent sous l'influence de cette dose présente une structure analogue à celle provoquée par l'acide indol-acétique. Aux doses supérieures, la toxicité l'emporte et les tissus meurent avant d'avoir pu se développer normalement.

(²) R. J. Gautheret, *Rev. Cyt. et Cytophysiologie végétales*, 6, 1943, p. 85-180.

En superposant sur le graphique la courbe exprimant l'action de l'acide indol-acétique, on voit que le pouvoir stimulant du chlorhydrate de N-méthyl-N-phénylglycocolle est très inférieur à celui de l'hétéro-auxine.

2. *Tissus de Carotte.* — L'expérience réalisée sur une souche de tissu de Carotte fournit des résultats analogues (*fig.* 2); jusqu'à la dose de 10^{-6}, le chlorhydrate de N-méthyl-N-phénylglycocolle ne provoque aucune stimu-

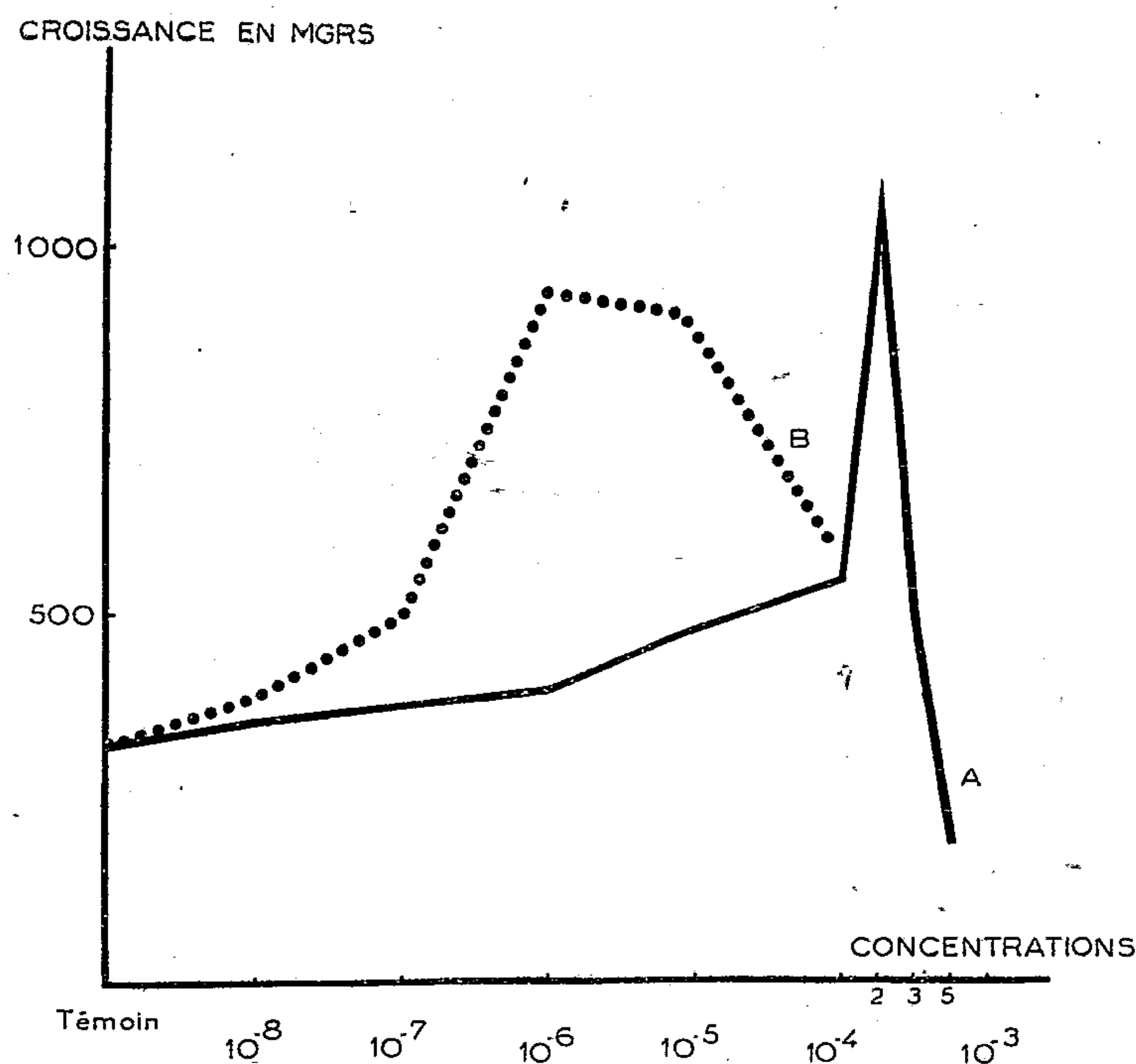


Fig. 2. — *Tissus de Carotte.*

Courbes résumant l'action comparée du chlorhydrate de N-méthyl-N-phénylglycocolle (A) et de l'acide indol-acétique (B) sur la prolifération des tissus cultivés *in vitro*. Chaque valeur correspond à la moyenne calculée sur 12 fragments.

lation des cultures; la croissance augmente ensuite avec la dose jusqu'à une concentration de 2.10^{-4} qui correspond à l'optimum; cet optimum est un peu supérieur à celui correspondant à l'acide indol-acétique; mais, étant donné la toxicité du chlorhydrate de N-méthyl-N-phénylglycocolle qui se manifeste dès 10^{-4} par la nécrose des tissus rendant impossible tout repiquage, on est obligé d'admettre que cette croissance très abondante présente un caractère pathologique. Nous avons également recherché ce qui se produirait en associant le chlorhydrate de N-méthyl-N-phénylglycocolle à l'acide indol-acétique. Pour cela, nous avons fait agir sur les tissus de Topinambour et sur ceux de Carotte des doses variables de chlorhydrate de N-méthyl-N-phénylglycocolle allant de 10^{-8} à 5.10^{-4} combinées à

différentes doses d'acide indol-acétique (de 10^{-8} à 10^{-4}); nous n'avons constaté ni antagonisme, ni synergie.

Nous pouvons donc conclure que le chlorhydrate de N-méthyl-N-phénylglycocolle a une action auxinique, mais la toxicité de cette substance empêche cette action de s'exprimer librement aux fortes doses.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Échanges gazeux respiratoires des tissus de Crown-Gall de Scorsonère* (Scorzonera hispanica L.) *cultivés* in vitro *en présence d'acide α-naphtalène acétique*. Note (*) de M. **Claude Lioret**, présentée par M. Roger Heim.

L'acide α-naphtalène acétique aux concentrations de 10^{-8} et 10^{-6} ralentit la croissance et les échanges gazeux respiratoires des tissus de Crown-Gall cultivés *in vitro*.

L'étude de l'influence des substances de croissance sur les échanges gazeux respiratoires des tissus végétaux cultivés *in vitro* a été commencée par Lachaux ([1]). Elle a été poursuivie par Mitchell, Burris et Riker ([2]) puis par Nickell ([3]); mais ces derniers auteurs n'ont pas suivi l'évolution des phénomènes dans le temps et ont utilisé des tissus tumoraux, pour lesquels la présence d'auxine n'est pas indispensable à la croissance. Il m'a paru intéressant de reprendre cette étude sur les tissus tumoraux en envisageant une comparaison ultérieure avec des tissus normaux.

Les cultures ont été faites selon la technique de Gautheret. Trois milieux ont été utilisés : un milieu témoin (lot 0) constitué par une solution de Knop diluée de moitié, additionnée de gélose (1,2 %), de glucose (3 %), de chlorhydrate de cystéine (10^{-5} g : cm^3) et d'aneurine (10^{-6}); les deux autres milieux possédaient en plus de l'acide naphtalène acétique aux concentrations respectives de 10^{-8} (lot 1) et de 10^{-6} (lot 2). Ces milieux furent ensemencés à l'aide de fragments, provenant d'une souche de Crown-Gall de Scorsonère isolée en 1947 par Gautheret, et pesant de 150 à 200 mg. Après différentes durées de culture (1, 7, 15, 30 et 44 jours), les explantats étaient retirés du milieu et pesés. Ils étaient ensuite laissés environ 9 heures dans une enceinte close, à l'obscurité. Les gaz étaient alors extraits et dosés selon les techniques de L. Plantefol et A. Moyse, tandis que les tissus étaient desséchés et pesés.

Les résultats sont consignés dans les graphiques ci-joints; les courbes de la figure 1 représentent les accroissements pondéraux exprimés en milligrammes

(*) Séance du 19 décembre 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 258 et 291.

([2]) *Amer. J. Bot.*, 36, 1949, p. 368-378.

([3]) *Amer. J. Bot.*, 37, 1950, p. 829.

pour 100 mg de la substance sèche initiale, celles de la figure 2 indiquent les intensités respiratoires (I. R.) exprimées en centimètres cubes de CO_2 émis par gramme de matière sèche et par heure.

Les cultures témoins (lot 0) présentent un accroissement pondéral plus important que les cultures faites en présence d'acide α naphtalène-acétique; le lot 2 (10^{-6}) ayant l'accroissement minimum.

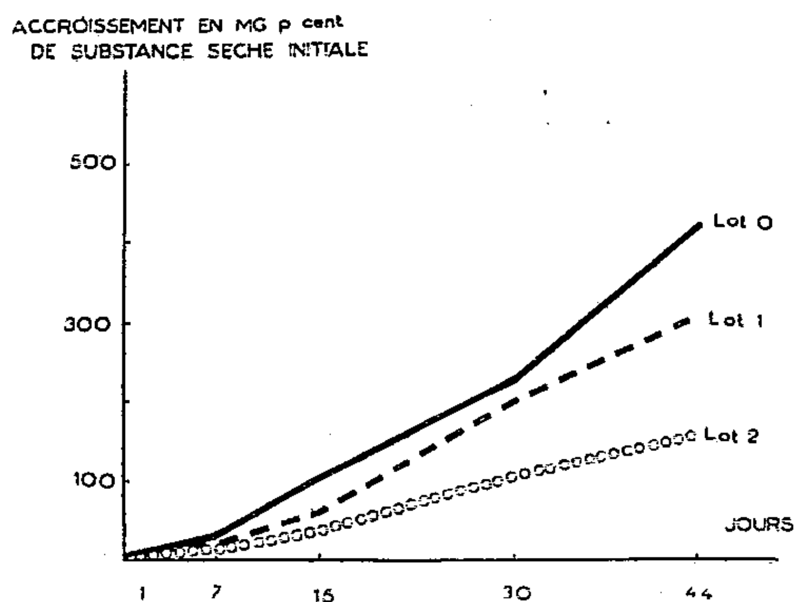


Fig. 1.

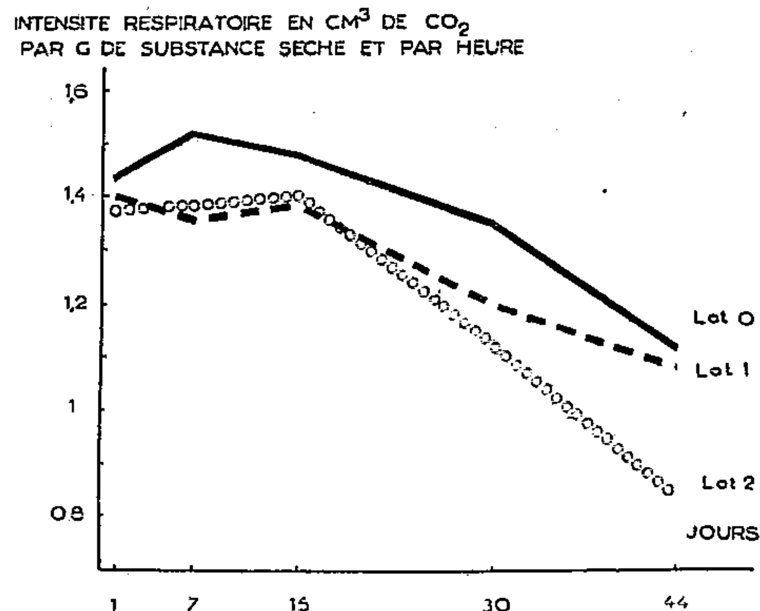


Fig. 2.

Fig. 1. — Action de l'acide α naphtalène-acétique sur la croissance des cultures de tissus de Crown-Gall de Scorsonère.

Fig. 2. — Action de l'acide α naphtalène-acétique sur l'intensité respiratoire des cultures de tissus de Crown-Gall de Scorsonère.

L'examen de la figure 2 permet de constater, à partir de la deuxième semaine, une diminution générale des I. R. (de 1,4 à 1,1). Après 24 h, on ne distingue pas encore de différences entre les trois lots. L'I. R. du lot 0 devient ensuite un peu supérieure à celle des autres lots (1,5 contre 1,4); cet écart se maintient jusqu'en fin d'expérience où l'I. R. du lot 1 rejoint celle du témoin, tandis que la différence avec l'I. R. du lot 2 (10^{-6}) s'accentue; parallèlement on observe, pour ce dernier lot, une diminution de la teneur en eau, exprimée en grammes d'eau pour 100 g de substance sèche : 1270 contre 1600 pour les autres lots. Les quotients respiratoires se sont maintenus, pour toutes les cultures, au voisinage de l'unité durant l'expérience.

L'acide naphtalène-acétique ralentit donc la croissance et les échanges gazeux respiratoires des tissus de Crown-Gall de Scorsonère. Les phénomènes sont particulièrement nets avec une dose forte (10^{-6}), pour laquelle on observe également une diminution de la teneur en eau, toutefois trop faible pour influencer les processus respiratoires. Bien que la quantité totale de CO_2 émise par une culture augmente en fonction de sa taille, on observe, pour tous les lots, en rapport avec l'âge des cultures, une diminution de l'I. R. exprimée en CO_2 émis par gramme de matière. Ce phénomène peut avoir deux origines :

1° Une diminution du rapport de la « masse active » à la masse totale au

cours du temps, par exemple par accumulation de substances non protoplasmiques.

2° Un appauvrissement du milieu, et par suite des tissus, en aliments respiratoires.

L'étude des variations de la teneur en azote protéique comme indice de la « masse active » et des glucides, permettra de préciser ces points.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Relations entre l'alimentation potassique et la chlorose calcaire de* Lupinus albus *L.* Note de M. **Pierre Gouny** et Mlle **Rose Mazoyer**, présentée par M. Albert Demolon.

Nous avons montré antérieurement (1) que la présence du carbonate de calcium dans le milieu de culture de *Lupinus albus* L. entraîne, parallèlement à la disparition de la pigmentation chlorophyllienne des parties aériennes, de profondes altérations dans la nutrition minérale de la plante. On observe, en particulier, une assimilation accrue du potassium.

Des observations analogues ont conduit certains auteurs à émettre l'hypothèse que cette accumulation du potassium est directement responsable des troubles pathologiques observés dans la chlorose calcaire (2). Mais en sens opposé on sait que l'emploi des sels de potassium est susceptible d'amener un certain reverdissement des végétaux chlorotiques et l'on a parfois observé que le potassium permet une absorption accrue du fer par la plante (3).

Ces contradictions sont dues aux difficultés d'expérimentation et d'interprétation lorsque les plantes sont cultivées sur un sol naturel. Nous avons étudié l'influence de la nutrition potassique sur la chlorose calcaire du *Lupinus albus* L. en utilisant le système de culture en milieu synthétique avec solution coulante précédemment décrit (1), (4).

Des séries homologues de vases de culture renfermant de 0 à 20 % de carbonate de calcium étaient alimentées avec des solutions nutritives diluées, différant uniquement par leurs teneurs en potassium. Celles-ci variaient de 3 à 39 mg : l.

Dans chaque série on observait une aggravation des symptômes de chlorose des lupins avec la teneur du vase de culture en carbonate de calcium. Mais pour une même teneur en carbonate de calcium, le comportement des plantes différait suivant la richesse de la solution nutritive en potassium.

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1482.

(2) Lindner et Harley, *Plant Physiology*, 19, 1944, p. 420.

(3) Sideris et Young, *Plant Physiology*, 20, 1945, p. 609.

(4) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1966.

Pour les vases à faible teneur en carbonate de calcium (1 et 2,5 %), la chlorose était d'autant moins accentuée que la solution était plus riche en potassium. Au contraire, pour des teneurs plus élevées (5, 10, 15, 20 %) l'état végétatif optimum était obtenu avec les concentrations moyennes en potassium (12 et 19 mg : l) et la concentration de 39 mg : l augmentait l'intensité de la chlorose.

Les plantes ont été récoltées à la floraison et analysées. Pour une même teneur du vase de culture en carbonate de calcium, les cendres accusaient une richesse d'autant plus grande en potassium que la concentration de la solution nutritive en cet élément, était elle-même plus élevée. Parallèlement, le rapport équivalentaire (Ca + Mg)/K diminuait régulièrement.

L'amplitude des différences analytiques observées était particulièrement élevée entre les séries faiblement ou moyennement alimentées en potassium. Elle devenait ensuite beaucoup plus réduite. Dans l'ensemble de nos essais le rapport équivalentaire (Ca + Mg)/K diminuait de la valeur 4,0 (vase sans CO_3Ca limenté avec la solution à 3 mg : l de K) à la valeur 1,0 (vase à 20 % de CO_3Ca alimenté avec la solution à 39 mg : l de K).

En second lieu, la détermination du fer total absorbé par les plantes nous a permis de vérifier, dans le cas du Lupin, les observations de Sideris et Young sur la relation entre l'absorption du fer et celle du potassium, mais uniquement lorsque le carbonate de calcium était absent ou présent en faibles quantités. De fortes quantités de carbonate masquent le phénomène.

En résumé, la nutrition potassique a donc une influence certaine et importante sur le développement de la chlorose calcaire du Lupin. Les teneurs en potassium des solutions nutritives expérimentées restent dans la zone de concentration des solutions des sols cultivés. Cependant, même dans de telles limites, l'analyse du rôle joué par le potassium se révèle très complexe. D'une part, en permettant la pénétration d'une quantité accrue de fer à l'intérieur de la plante, il peut contribuer à atténuer l'intensité des symptômes chlorotiques. Mais d'autre part, lorsque la teneur en carbonate de calcium du milieu s'élève, on n'observe plus de différence nette dans l'absorption du fer et l'enrichissement relatif de la solution nutritive en potassium peut aggraver la maladie.

En pratique, l'apport des sels potassiques dans un milieu calcaire faiblement pourvu en cet élément pourra exercer un effet favorable sur la végétation de la plante, tandis que dans un milieu mieux pourvu on observera l'effet contraire. Cela explique les difficultés d'interprétation des observations sur la chlorose calcaire dans le milieu naturel.

MYCOLOGIE. — *Déterminisme de la formation des spores chez le* Trichothecium roseum (*Persoon*) *Link*. Note de MM. **René Morquer** et **Charles Montant**, présentée par M. Roger Heim.

La sporogénèse de *Trichothecium roseum* comprend la formation : 1° de macroconidies *xérospores* dont la production constante est stimulée par une concentration élevée en glucides de 4-32° C; 2° de microconidies *myxospores*, favorisée par les protides simples au-dessous de 28°. Le rapport C/N entre les constituants alimentaires étant compris entre 13 et 21,5; 3° de chlamydospores. L'âge et la race n'influent que secondairement sur la sporogénèse.

Beaucoup de Champignons produisent plusieurs catégories d'organes de multiplication et de conservation : conidies de diverses formes, chlamydospores. Vuillemin (1910) fonda une classification des Adélomycètes sur les modes de formation et de séparation des spores. Mason [1] (1933-1937) y discerna plusieurs types biologiques suivant leurs modes d'insertion et de croissance. Il montra l'importance de leur consistance sèche ou visqueuse pour la dispersion; il opposa ainsi les masses poudreuses de spores à celles qui restent agglutinées et mucilagineuses. Parmi les Champignons chez lesquels se succèdent myxospores et xérospores, nous étudierons le genre *Trichothecium* Link. Son conidiophore dressé, cylindrique, simple, bourgeonne, à l'apex, une ou plusieurs spores larges, ovales, uniseptées. *Tr. domesticum* Fries saprophyte et parasite des plantes grasses, observé par nous, est réduit à cette forme conidienne. *Tr. roseum* (Pers.) Link produit la moisissure rose et la pourriture amère des pommes, commensal de *Venturia pirina* Aderhold (agent de la tavelure du Poirier). Il peut parasiter *Cucumis*, d'après Kalashnikor [2] et les Courges, ainsi que nous l'avons montré expérimentalement [3]. *Tr. roseum* ne forme à l'état naturel que des macroconidies bicellulaires. En culture, Hoffmann entrevit ses « spermaties » [4], mais il le confondit avec *Acrostalagmus cinnabarinus* Corda. L. Matruchot [5] désigna le second appareil aérien ramifié sous le nom de *pseudoverticillium*; il admit l'existence de deux variétés α et β, dont la première formerait tardivement des myxospores, tandis que la seconde en serait héréditairement dépourvue. Il affirma que seule la culture sur pomme de terre produisait toujours la forme pseudoverticille, à microconidies uni-

(1) *Annotated account of fungi received at the Mycological Institute*, Kew, List II, fasc. 3, 1937, p. 76-77.

(2) *Plant Protection*, Leningrad, 1935, fide Viennot-Bourgin; *Les Champignons parasites des plantes cultivées*, 1, 1949, p. 1445.

(3) Ch. Montant, *Dipl. d'Étud. sup.*, Toulouse, 1950.

(4) Hoffmann, *Bot. Zeitung*, 12, 1854, p. 249.

(5) *Recherches sur le développement de quelques Mucédinées*, Paris, 1892, p. 45-59.

cellulaires. Les influences possibles du milieu nutritif, de l'âge, de la culture, une propriété héréditaire furent seules considérées comme causes dans leur généralité. Estienne (6) signala le polymorphisme de *Tr. roseum*, mais son déterminisme manquait d'une étude précise.

Dans le but d'étudier respectivement l'influence génétique et celle des constituants nutritifs, nous avons expérimenté sur sept souches [de localités différentes : plaine toulousaine, Pyrénées ariégeoises (l'Hospitalet), Montagne Noire], prélevées sur des organes divers (rameaux, fruits), ou offrant des particularités dûment observées : souche de Tempe à pseudo-verticille et de Houwink n'ayant pas produit jusqu'ici ce type de conidiophores. La culture sur milieux naturels variés, tubercules, drupes et leurs décoctions, gomme arabique et adragante, carpophores, sclérotes, en tubes ou en chambres humides, nous a montré : 1° que la production des macroconidies xérospores disposées en sympodes, de teinte orangé rose, dépendait de facteurs de nutrition dont le plus important est la richesse en glucides; d'une température efficace de + 4° à + 32°, limites plus espacées que celles admises (optimum 22°-25°). La lumière n'influe que sur l'intensité de la pigmentation (caroténoïde). La paroi cellulaire est chitineuse, sans cellulose ni pectine; 2° que l'apparition des microconidies myxospores, dans leur mucilage sporal de couleur rouge brique, s'observe dès le 8e jour sur pomme de terre et à la 20e heure en goutte pendante. Leur germination peut redonner directement des microconidies en milieu carencé, ce qui modifie l'interprétation du facteur relatif à l'âge et suggère l'intervention d'un métabolite dans l'élaboration de la microconidigénèse. Toutes les souches ont produit des myxospores (moins abondantes à partir de celle de Houwink) : l'importance du facteur génétique se réduit à une aptitude variable à élaborer la forme microconidienne. Celle-ci dépend encore d'une humidité élevée; une température supérieure à 28° l'inhibe.

L'étude expérimentale sur des milieux synthétiques nous a permis de préciser l'influence de certains facteurs sur la sporogénèse : *Action de la nature de l'aliment carboné* : le glycérol, en présence d'asparagine, ralentit le développement mycélien et la macroconidigénèse; maltose, saccharose, glucose, mannitol l'intensifient. L'amidon l'entretient. Certains diholosides (maltose, saccharose, mannitol) stimulent la microconidigénèse.

Action de la nature de l'aliment azoté : l'efficacité de la pomme de terre pour la production des myxospores a motivé une extraction de son principal constituant azoté, la tubérine, globuline dont la digestibilité par le Rat est [selon Jacquot (7)] voisine de celle de la caséine; or l'hydrolyse de la tubérine par *Tr. roseum* est lente. La caséine est un excellent aliment;

(6) *Ann. Soc. Scient. Bruxelles*, 57, série II, 1938, p. 130-146.

(7) R. Jacquot et Y. Armand, *C. R. Acad. Agric. France*, 1942.

or, ni l'une ni l'autre ne conduisent à la formation de microconidies. Les protéides simples (asparigine, glycocolle, tryptophane, ovalbumine) favorisent la production des myxospores.

Action de la concentration de l'aliment carboné : la seule variable étant le taux du carbone (maltose de 0,002 à 20 % en présence d'asparagine), nous avons montré la zone étendue de la macroconidigénèse, abondante de 1,6 % à 20 %, tandis que la microconidigénèse apparaît seulement au 13ᵉ jour à 2 %.

Étude de la concentration de l'aliment azoté (asparagine ou tryptophane de 0,02 à 10 %) : elle fait apparaître les *limites étroites de la production des myxospores entre* 0,2 *et* 0,5 %. L'un d'entre nous, étudiant la sporogénèse du *Dactylium macrosporum* [8] a établi l'importance du rapport C/N, le minimum de septation des conidies coïncidant avec un rapport C/N = 12,64. Chez *Tr. roseum* le rapport entre le carbone et l'azote assimilables, compris entre 13 et 21,5 (variable suivant la nature de la source azotée simple) semble conditionner la microconidigénèse, tandis que la macroconidigénèse est compatible avec les variations d'une amplitude considérable (0,4 à 439); l'optimum est de 13 %. L'ensemble des résultats acquis nous autorise à penser que l'apparition des microconidies myxospores dépend de l'élaboration par le *Trichothecium roseum* d'une substance azotée de poids moléculaire peu élevé, oxydable et thermolabile.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Un cerveau de fœtus de Marsouin* (Phocæna communis *Cuv.*). Note de Mˡˡᵉ **Madeleine Friant**, présentée par M. Émile Roubaud.

Chez le fœtus de Marsouin, le *pallium* cérébral ne présente pas de scissure rhinale et son sillon d'operculisation est l'*Ectosylvia.* De ces faits nouveaux, il résulte que les sillons fondamentaux du télencéphale des Cétacés doivent être interprétés d'une manière toute différente de celle, jusqu'ici, admise.

Pour interpréter les plissements si complexes du télencéphale des Cétacés, il est indispensable d'observer des stades embryonnaires où, seuls, les sillons fondamentaux se trouvent indiqués. Or, jusqu'ici, nous ne connaissions, comme stade du développement, qu'un cerveau fœtal de Mégaptère (Rorqual) décrit, en 1925, par R. Anthony [1].

Grâce à M. le Professeur G. Glismtedt, j'ai étudié, à l'Institut Tornblad d'Embryologie comparée de l'Université de Lund, le cerveau d'un fœtus

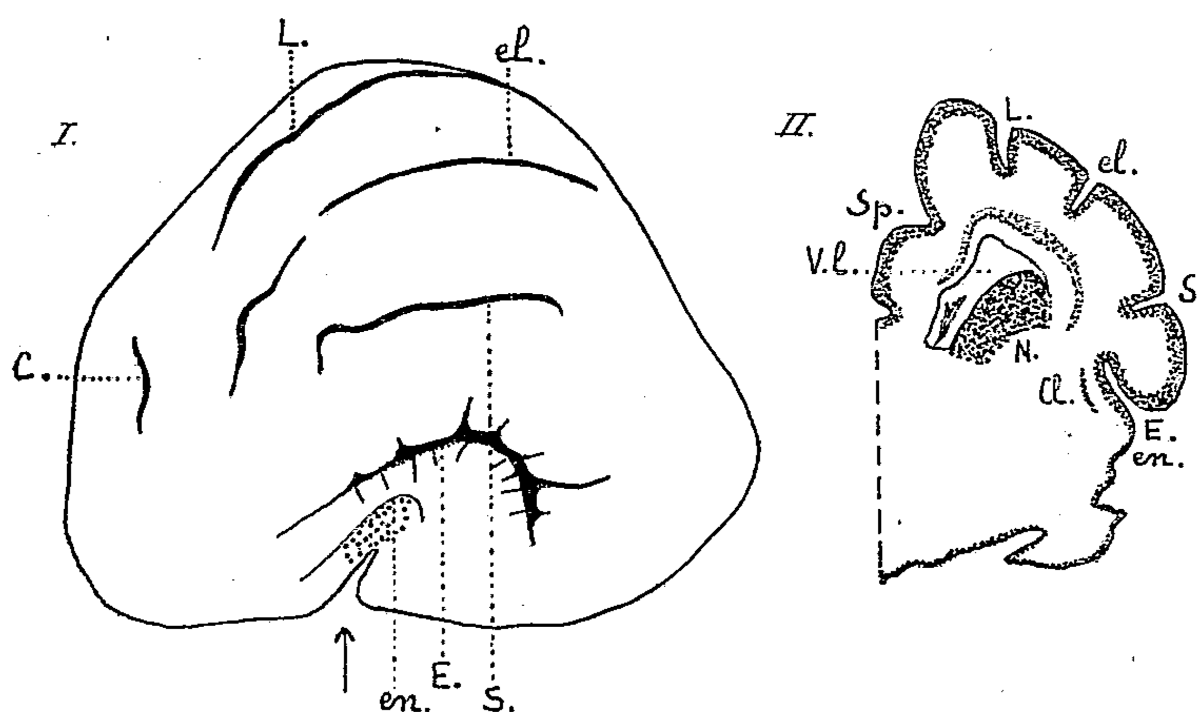
---

[8] R. Morquer, *Recherches morphogéniques sur le* Dactylium macrosporum (*Thèse*, Paris, 1931, p. 391).

[1] *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 681.

de Marsouin (*Phocæna communis* Cuv.) d'une longueur totale de 260 mm. Le télencéphale (longueur : 22 mm) est remarquable par sa largeur et sa hauteur considérables.

Le *Rhinencéphale* est déjà très régressé : c'est à peine si l'on distingue un relief à l'emplacement des bulbes olfactifs, dont les pédoncules ne sont pas discernables. Cependant, les tubercules olfactifs sont nets, quoique non en saillie. La scissure endorhinale (en.) est bien visible.



Fœtus de *Phocæna communis* Cuv. donné par M. le Dr K. H. Krabbe, de Copenhague, à l'Institut Tornblad (Lund). Hémisphère cérébral gauche. *I.* — Face externe. — *II.* Coupe transversale passant au niveau indiqué, en *I*, par la flèche; une partie de la région interne n'est pas figurée. — *en*, scissure endorhinale; E, *Ectosylvia*; S, *Suprasylvia*; *el*, Ectolatéral; L, Latéral; C, Coronal; Sp, Splénial; V. l., Ventricule latéral; N, Noyau caudé; Cl, *Claustrum*. 2 fois et demie grandeur naturelle.

Le *Neopallium* présente des dispositions intéressantes. Sur la face externe des hémisphères, au-dessus de la scissure endorhinale, existe un sillon en fer à cheval, très enfoncé dans la profondeur (*fig.* I); au premier abord, ainsi que R. Anthony l'avait supposé pour le cerveau fœtal de Mégaptère, ce sillon paraît être la scissure rhinale. L'histologie (*fig.* II) nous révèle qu'il n'en est point ainsi : il s'agit de l'*Ectosylvia* (E.), sillon d'operculisation d'une région uniquement néopalléale, à ce stade; sa lèvre supérieure présente de nombreux sillons radiaires qui divergent en éventail. De la région insulaire, partent des plis qui convergent vers la scissure endorhinale.

La scissure rhinale est complètement effacée; mais, sur les coupes histologiques, la limite du Rhinencéphale et du *Neopallium* est très nette.

On ne distingue pas de *Pseudosylvia.*

Au-dessus de l'*Ectosylvia*, trois sillons, sensiblement parallèles et assez peu arqués, sont certainement, de bas en haut : la *Suprasylvia* (S.), l'Ectolatéral (el.), fragmenté, et le Latéral (L.). En avant du Latéral, un sillon

oblique de dedans en dehors et d'arrière en avant, est l'ébauche du Coronal (C.).

Sur la face interne des hémisphères, le seul sillon du *Neopallium*, déjà très marqué, est le Splénial qui, étendu d'une manière exceptionnelle, forme un arc continu.

La disposition arquée des Ventricules latéraux souligne la flexion progressive des hémisphères, au cours de la vie intra-utérine.

Le cerveau fœtal de *Megaptera boops* L. décrit par R. Anthony, un peu moins avancé, peut-être, dans son développement, que celui de notre *Phocæna*, lui est très comparable, bien qu'endommagé. Son Rhinencéphale est beaucoup moins régressé, ce qui tient au fait que le *Megaptera* est un Mysticète, le *Phocæna*, un Odontocète.

Les recherches d'histologie cérébrale, ci-dessus exposées, permettent donc d'établir que, chez le fœtus de *Phocæna*, le cerveau ne présente *pas de scissure entre le Rhinencéphale et le Neopallium* et qu'il existe *une Insula dont le sillon limite supérieur est l'Ectosylvia.* De ceci, il résulte que les sillons fondamentaux du *Pallium* des Cétacés doivent être interprétés d'une manière toute différente de celle, jusqu'ici, admise :

Sillons arqués de la face externe du cerveau.

Interprétation nouvelle.	Pour G. Elliot Smith et R. Anthony.
Ectosylvia......................	Scissure rhinale
Suprasylvia....................	*Ectosylvia*
Ectolatéral.....................	*Suprasylvia*
Coronal-Latéral...............	*Corono-Latéral*

BIOLOGIE. — *L'acide ascorbique et l'activité de la surrénale chez le Rat hypophysectomisé.* Note (*) de M. **Louis-Paul Dugal** et Mlle **Mercédès Thérien**, présentée par M. Robert Courrier.

Dans une publication récente nous avons montré que l'acide ascorbique, tout en assurant une meilleure survie, diminue considérablement ou même empêche l'hypertrophie de la surrénale du Rat et du Cobaye soumis à de courtes périodes de froid intense ou à de longues périodes de froid modéré (1), et de plus, (2) que la même substance diminue grandement ou même abolit complètement la réaction d'alarme normalement causée par le froid, sans que l'activité de la surrénale soit amoindrie.

(*) Séance du 2 janvier 1952.

(1) L.-P. Dugal et M. Thérien, *Endocrinology*, 44, 1949, p. 420.

(2) M. Thérien, J. Leblanc, O. Héroux et L.-P. Dugal, *Can. J. Research E.*, 27, 1949, p. 349.

Toutes ces conclusions nous suggéraient trois hypothèses :

1° L'acide ascorbique empêcherait l'action de l'ACTH sur la surrénale, ce qui était peu probable.

Pour vérifier cette première hypothèse, nous avons recherché l'action de l'ACTH combinée ou non à l'acide ascorbique sur le poids des surrénales du Rat blanc.

Les résultats obtenus montrent qu'à la dose employée, l'ACTH fait augmenter le poids des surrénales de 16 % [d'une façon hautement significative ($t = 3{,}04$) et que le résultat est le même si cette même dose d'ACTH est combinée à l'acide ascorbique (15 %, $t = 3{,}01$)].

Donc la vitamine C ne bloque pas l'action de l'ACTH exogène.

2° Comme deuxième hypothèse nous nous sommes demandé si la vitamine C n'avait pas une action directe sur la surrénale et ne provoquait pas une hyperactivité du cortex surrénal, l'hypersécrétion d'hormones corticales déversées dans le sang empêchant ainsi l'hyperproduction d'ACTH d'après la théorie de Sayers ([3]).

Il semble clair, d'après les résultats résumés dans le tableau I, que l'acide ascorbique seul n'a aucune influence sur le poids des surrénales atrophiées de rats hypophysectomisés et n'a probablement aucun effet sur l'activité du cortex surrénal, du moins dans le court espace de temps où nous avons appliqué le traitement.

3° Restait à vérifier la troisième hypothèse qui était la suivante : l'acide ascorbique administré à fortes doses à un animal normal, qui a déjà une sécrétion normale d'ACTH, aurait les mêmes effets sur la surrénale qu'une hypersécrétion d'ACTH causée par un *stress* quelconque, et par conséquent, empêcherait cette même hypersécrétion d'ACTH.

Nous avons préparé trois groupes de rats hypophysectomisés, d'un poids moyen de 115 g que nous avons nourris au régime spécial de Shaw et Greep ([4]). Au 13ᵉ jour après l'hypophysectomie, nous avons prélevé et pesé la surrénale gauche de chaque individu et nous avons commencé les traitements respectifs de chaque groupe de rats, traitements qui devaient durer 10 jours.

Il est clair ici (tableau II), que seul le groupe recevant la combinaison acide ascorbique + ACTH montre une augmentation de la surrénale droite par rapport à la surrénale gauche (25 %, $t = 3{,}61$).

Il semble donc, d'après ces résultats, qu'une faible dose d'ACTH combinée à l'acide ascorbique aurait le même effet que l'ACTH seule à dose beaucoup plus forte, soit à dose correspondant à une hypersécrétion chez l'animal normal soumis au *stress*.

([3]) *Physiol. Rev.*, 30, 1950, p. 241.

([4]) *Endocrinology*, 44, 1949, p. 525.

TABLEAU I.

Effet de l'ascorbate de sodium sur le poids de la surrénale droite du Rat hypophysectomisé et partiellement surrénalectomisé.

Traitement.	Durée de l'expérience après hypophysectomie (jours).	Jours de traitement.	Nombre d'animaux.	Poids (*) de la surrénale (mg) gauche (**).	droite (***).	Différence (%).
$NaHCO_3$, etc.	16 à 20	7 à 10	19	5,89	6,36	7,9
Ascorbate Na, 150 mg acide ascorbique par jour	16 à 20	7 à 10	19	5,94	5,98	0,6

(*) Poids des organes frais. (**) Avant traitement. (***) Après traitement.

TABLEAU II.

Influence de l'acide ascorbique combiné à l'A. C. T. H., de l'A. C. T. H. seule, sur la surrénale du Rat hypophysectomisé.

Traitement.	Durée de l'expérience après hypophysectomie (jours).	Jours de traitement.	Nombre d'animaux.	Poids (*) de la surrénale (mg) gauche.	droite.	Différence absolue (mg).	Différence (%) surr. droite / surr. gauche
A. C. T. H., 0,5 mg : j intrapérit.	25	10	19	5,99 ± 0,32 (**)	5,73 ± 0,42 (**)	−0,26	–
$NaHCO_3$ + A. C. T. H., 0,5 mg : j intrapérit.	25	10	10	5,53 ± 0,23 (**)	5,28 ± 0,25 (**)	−0,25	–
Ascorbate Na, 150 mg acide asc. par jour + A. C. T. H., 0,5 mg : j intrapérit.	25	10	21	5,79 ± 0,20 (**)	7,27 ± 0,36 (**)	+1,48	+25,6 ($t = 3,61$)
Différence % entre surrénale droite de différents gr.	–	–	–	–	entre 1 et 3 26,9 ($t = 2,79$)	entre 2 et 3 37,7 ($t = 4,54$)	–

(*) Poids des organes frais. (**) Erreur Standard

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Essai d'appréciation quantitative d'un tropisme.* Note de M. **André Bourdillon**, présentée par M. Louis Fage.

Les *Modiolaria marmorata* (Forbes) sont des *Mytilidæ* commensaux de la tunique de diverses Ascidies. Assez mobiles, ils se déplacent sur le substrat grâce à l'action de leur pied.

Dans chacun des trois cristallisoirs A, B, C, de surface respective 269 cm^2, 380 cm^2 et 706 cm^2, 100 *Modiolaria*, à la température de 15° C, uniformément répartis, sont en présence de deux groupes identiques de trois *Ciona intesti-*

nalis (L) fixées au fond par deux petits blocs de paraffine. Je note en fonction du temps le nombre de *Modiolaria* qui se fixent sur les *Ciona*. Les résultats, portés sur un graphique, permettent de tracer les trois courbes a, b, c.

La même expérience est reprise dans les cristallisoirs A et B, après suppression des *Ciona*. Je note en fonction du temps le nombre de *Modiolaria* qui montent sur les blocs de paraffine au cours de leurs déplacements. J'obtiens les courbes a' et b'.

La comparaison des courbes des deux expériences, dont les conditions étaient identiques, indiquent la présence d'un tropisme de la part des *Modiolaria* pour les *Ciona*. Pour en calculer l'intensité, il faut dégager l'équation des courbes précédentes.

Soient : une surface S disponible pour les déplacements, des supports de surface totale s et de périmètre total P, placés dans la surface S, pour lesquels les N *Modiolaria*, qui se déplacent dans $S - s$ n'éprouvent, nous l'admettrons pour l'instant, pas de tropisme, tout en étant susceptibles de s'y fixer. Au temps t, n_t *Modiolaria*, sont fixés sur ces supports. Si $N - n_t$ est assez grand et si $S - s$ est peuplée de façon homogène par les *Modiolaria*, ce qui nécessite $(N - n_t)/(S - s)$ suffisamment grand, nous avons :

$$dn_t = \frac{K P (N - n_t)\, dt}{S - s}. \qquad (1)$$

Compte tenu de ce que, à l'instant $t = 0$, n_t est nul, l'équation (1) donne

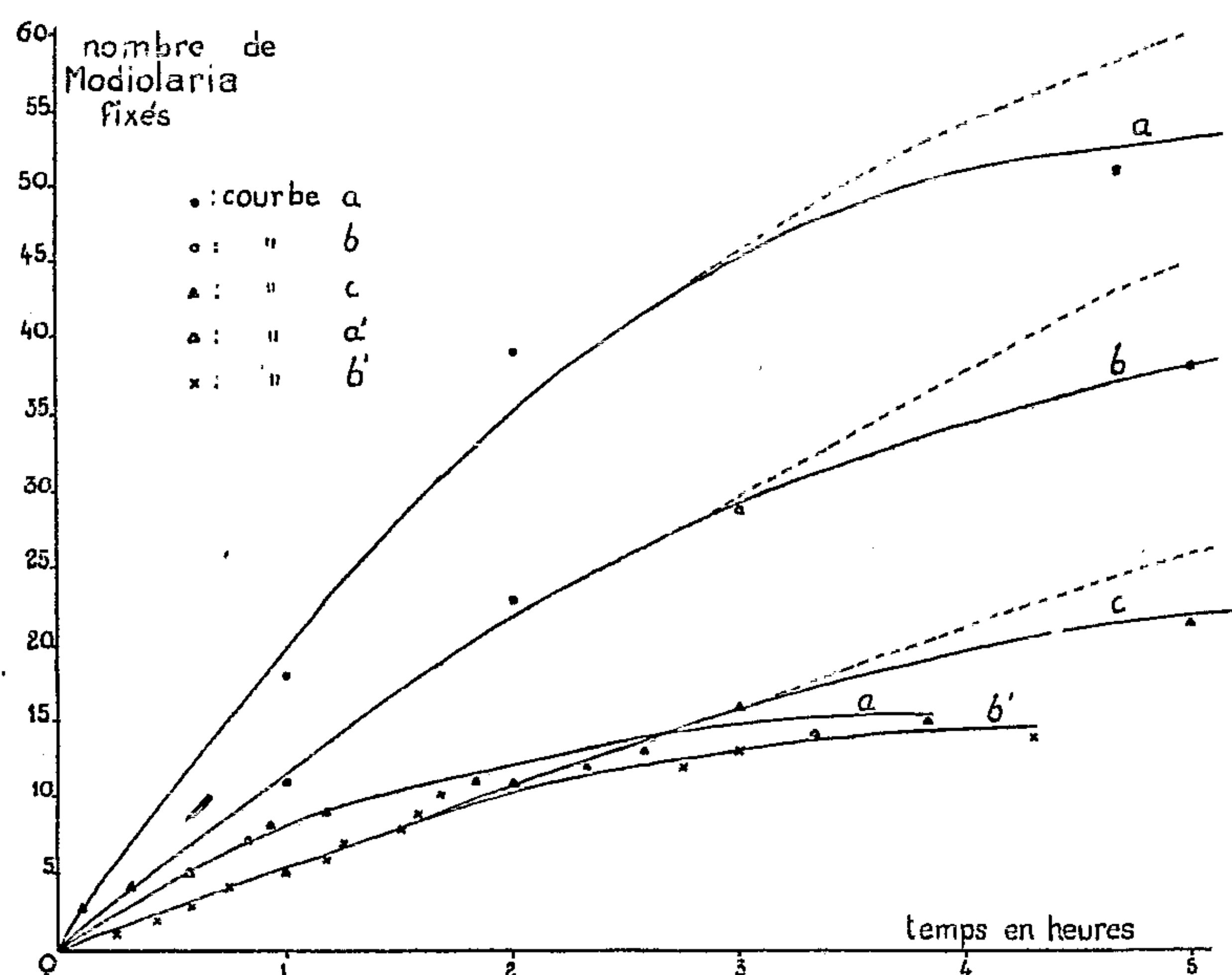
$$\frac{n_t}{N} = 1 - e^{-K \frac{P}{S-s} t}. \qquad (2)$$

Le coefficient K dépend des unités choisies et de la vitesse moyenne des *Modiolaria*. Nous admettrons cette dernière à peu près constante et choisirons l'unité de temps de façon à avoir $K = 1$. Pour cela nous utilisons les résultats a' et b'. Dans leur cas, nous connaissons $N = 100$, S surface de chacun des cristallisoirs, P et s périmètre et surface des blocs de paraffine. Ici, $P = 29$ cm et $s = 33{,}2\ \text{cm}^2$. Si nous faisons K et t égaux à 1, nous en déduisons n_t. Le temps nécessaire à la fixation de ces n_t *Modiolaria* est l'unité de temps cherchée. D'après a' et b', cette unité est de 40 mn.

J'utilise cette unité de temps dans la première expérience, où je connais N et S. La valeur de s et de P est ici modifiée par la présence du tropisme. Ce sont les valeurs de la surface et du périmètre du cercle de rayon R entourant les *Ciona* à l'intérieur duquel le tropisme est sensible. A l'aide des courbes a, b, c, je peux calculer R qui en moyenne égale 2,3 cm. Ce qui permet de donner, en tenant compte de la surface qu'occupe la base des *Ciona* elles-mêmes, une appréciation quantitative de la distance moyenne à laquelle le tropisme est effectif. Dans le cas de l'expérience, cette distance est de 1,7 cm.

Si dans a, b, c, connaissant maintenant N, S, P, s, nous calculons les valeurs théoriques de n_t quand t croît, nous constatons (*voir* graphique) au bout

d'environ 3 h un divorce entre les courbes expérimentales et les courbes théoriques. A ce moment, en effet, la loi mathématique ne s'applique plus parce que : 1° les *Modiolaria* les plus actifs se fixent les premiers, ce qui diminue la



vitesse moyenne de déplacement de l'ensemble de la population ; 2° les individus les plus proches des *Ciona* au début de l'expérience ont plus de chances de se fixer rapidement sur elles que les autres, créant ainsi une certaine hétérogénéité dans leur répartition.

Les raisonnements précédents sont applicables à de nombreux cas analogues de tropismes d'animaux quelconques pour des supports immobiles, ainsi que j'ai pu le vérifier expérimentalement, notamment sur des Crustacés xylophiles, dont j'envisagerai le cas dans une prochaine publication.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Analogues structuraux de la chloromycétine. Sur deux modifications de la β_2-thiénylalanine : la β_2-thiénylsérine et la* N-*dichloracétylthiénylalanine*. Note de M. **Darius Molho** et Mme **Lucie Molho-Lacroix**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Deux modifications apportées simultanément à la structure de la phénylalanine, à savoir : transformation du noyau phényl en noyau thiényl et introduction d'un hydroxyle en β ou bien transformation du noyau phényl en noyau thiényl et introduction d'un groupement dichloracétyle aboutissent à des corps inactifs, alors que la seule transformation du noyau phényl en noyau thiényl donnait naissance à un très puissant inhibiteur.

La chloromycétine est considérée comme dérivant de la phénylalanine par

quatre modifications [1] : CH_2OHNO_2; $COCHCl_2$; CHOH (thréo). Les trois premières de celles-ci, introduites isolément dans des métabolites n'ont pas donné naissance à des antimétabolites : c'est le cas de l'histidinol de Vogel [2], de la *p*-nitrophénylalanine [3] et de la dichloracétylphénylalanine. Seule la quatrième modification fait naître un inhibiteur, la phénylsérine [4].

Nous avons introduit dans la thiénylalanine, analogue de la phénylalanine, les deux transformations CHOH (thiénylsérine) et $COCHCl_2$ (N-dichloracétyl-β_2-thiénylalanine), ce qui a supprimé l'activité antibiotique.

Préparations et méthodes. — β.2-dl.-thiénylsérine [5] ou ac. α-amino-β hydroxy-β.2 (thiényl) propionique, $C_7H_9O_3NS$, synthèse effectuée suivant la technique qu'Erlenmeyer et Frustuck [6] ont utilisée pour la β-phénylsérine et qui aboutit à la forme thréo [7] (cristaux fondant et se décomposant à 203°), N calc. 7,48 %, N tr. 7,4 %.

N-dichloracétyl-β.2 dl. thiénylalanine, $C_9H_9O_3NSCl_2$, technique identique à celle utilisée par Leuchs et Suzuki [8] pour la chloracétyl-phénylalanine, F 133° après recristallisation dans l'eau. C calc. 38,29 %, C tr. 38,21 %, H calc. 3,19 %, H tr. 3,02 %. Les techniques expérimentales sur la croissance de *Escherichia Coli* (Monod) ont été décrites en [9].

Résultats :

TABLEAU I.

Croissance de E. Coli *en présence de phénylalanine, de thiénylsérine et du mélange des deux* (mesurée en degrés photométriques).

	Substances ajoutées.				
			Thiénylsérine		
Age de la culture.	Témoin.	Phénylalanine 4.10^{-5} (1).	4.10^{-5} (2).	10^{-3} (3).	(1 + 2).
4,30 h	30	35	17	20	48
6	54	60	26	31	82
7,30	127	150	75	80	175
8,30	214	270	123	136	288
10	354	400	234	242	432
11,30	445	440	433	414	–

(1) D. W. WOOLEY, *J. B. C.*, 185, 1950, p. 293.

(2) VOGEL, DAVIS et MINGIOLI, *J. Am. Soc.*, 73, 1951, p. 1897.

(3) D. MOLHO et L. MOLHO-LACROIX, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1067.

(4) E. BEERTECHER JR. et W. SHIVE, *J. Biol. Chem.*, 164, 1946, p. 53.

(5) Notre travail était terminé quand nous avons appris que Weitnauer (*Gaz.*, 81, 1951, p. 162) venait d'effectuer la synthèse de la β_2-thiénylsérine.

(6) *Ann.*, 284, 1895, p. 41-45.

(7) D. BILLET, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1074.

(8) *B.*, 37, 1904, p. 3313.

(9) D. MOLHO et L. MOLHO-LACROIX, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 32, 1950, p. 680.

TABLEAU II.

Croissance de E. Coli *en présence de N-dichloracétylthiénylalanine* (mesurée en degrés photométriques) (*).

Age de la culture.	Témoin.	Substances ajoutées. Thiényl-alanine 4.10^{-6} (1).	N-dichloracétyle Thiénylalanine 2.10^{-5} (2).	(1 + 2).
6 h	24	0	16	0
7,30	102	0	77	0
10,30	232	0	221	0
13	286	0	301	0
18	–	0	–	2
23,30	–	60	–	67
35	–	253	–	260

(*) Les cultures sont effectuées ici en tubes à essais et non en cuves Raoul.

TABLEAU III.

Croissance de E. Coli *en présence de thiénylsérine et de chloromycétine, dl.sérine, dl.phénylsérine, dl.thiénylalanine, dl.cystérine* (mesurée en degrés photométriques).

Age de la culture.	Témoin.	Substances ajoutées. Chloromycétine 2.10^{-6} (1).	Sérine 4.10^{-5} (2).	Phénylsérine 4.10^{-4} (3).	Thiénylalanine 4.10^{-5} (4).	Cystéine 4.10^{-6} (5).	Thiénylsérine 4.10^{-5} + (1).	+ (2).	+ (3).	+ (4).	+ (5).
4 h 30	30	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0
6	54	0	5	0	0	–	0	12	0	0	–
7 30	127	7	30	10	0	50	7	34	0	0	70
8 30	214	12	55	18	0	94	12	56	3	0	125
10	354	22	93	26	0	178	20	95	7	0	229
11 30	445	33	160	70	0	285	30	161	12	0	340
13	–	42	310	146	0	387	43	294	25	4	–
15	–	54	400	257	0	–	56	395	51	10	–
17	–	78	–	371	8	–	70	–	109	18	–
20	–	116	–	–	34	–	95	–	246	63	–
23	–	152	–	–	165	–	132	–	352	388	–
34	–	139	–	–	341	–	130	–	–	410	–

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Formation d'inhibiteurs et d'activeurs de la fermentation alcoolique par diverses moisissures.* Note de MM. **Jean Ribéreau-Gayon**, **Émile Peynaud** et Mlle **Suzanne Lafourcade**, présentée par M. Maurice Javillier.

Le fait que les moûts provenant de raisins pourris fermentent souvent avec difficulté, est connu (Müller-Thurgau, 1888); on peut l'observer dans

la vinification des raisins atteints de « pourriture noble ». Dès l'origine, la production de substances inhibitrices de la fermentation a été invoquée pour expliquer ces faits; mais l'épuisement du raisin en azote et en facteurs de croissance par les moisissures, peut également intervenir dans le ralentissement de la fermentation. Michel (1) a constaté que des moûts de raisin ayant servi de milieux de culture pour *Aspergillus niger* et *Penicillium glaucum*, retrouvaient en grande partie leur fermentescibilité lorsqu'ils étaient traités par le charbon activé.

D'autre part, la présence dans le mycélium d'*Aspergillus niger* d'activeurs de la fermentation alcoolique, appartenant au groupe du bios, a été indiquée par Euler et Nielsen (1939) et a reçu une application industrielle.

1° Nous avons cultivé sur moût de raisin et sur moût de bière les moisissures suivantes : *P. urticæ Bain.*, *P. notatum Westling*, *P. chrysogenum Thom*, *As. niger v. Tieghem*, *As. orizæ (Ahlb) Cohn* et 7 souches de *Botrytis : B. cinerea Pers.*, *albino sclerotia*, *lini v. Beyma* (2), une souche isolée de raisins pourris de Sauternes, une souche provenant de raisins blancs italiens, une souche isolée de pomme, enfin une dernière du fruit du *Diospyros kaki*.

2° Après quelques jours de culture, les moûts sont séparés des mycéliums et reçoivent 4 volumes d'alcool. Les précipités sont recueillis, lavés, dissous dans l'eau et introduits dans un moût de raisin type, qui est ensemencé d'une levure pure de vin (*S. cerevisiæ*, *var. ellipsoïdeus*, race Saint-Émilion). On suit la vitesse de la fermentation par dosage des sucres et la multiplication des levures par numération.

Les floculats provenant des moûts de culture des *Pénicilliums* retardent légèrement le départ et le cours de la fermentation et diminuent le nombre des levures de 25 %. Avec les cultures d'*Aspergillus* étudiées, on n'enregistre aucun effet inhibiteur dans les mêmes conditions. Avec les cultures de *Botrytis*, exception faite pour la variété *v. Beyma*, le retard est considérable : le départ de la fermentation a pu être retardé de plusieurs jours jusqu'à une semaine; il arrive que la fermentation soit achevée dans le moût témoin avant qu'elle se déclenche dans le moût additionné de floculat. La population des levures est diminuée de moitié.

Les *Pénicilliums* et surtout les *Botrytis* produisent donc des substances précipitables par l'alcool qui sont inhibitrices de la fermentation. Il est ainsi démontré que le *Botrytis* agit, non pas seulement en enlevant au moût des substances de croissance, mais en produisant une ou plusieurs substances qui sont des antibiotiques vis-à-vis de la levure.

---

(1) *Bull. Intern. du Vin*, 1946, n° 185, p. 126.

(2) Ces souches nous ont été fournies par le Centraalbureau voor Schimmelcultures (Baarn).

3° Les mycéliums sont broyés, lavés à plusieurs reprises à l'eau tiède et essorés. L'extrait aqueux est traité à l'alcool et l'on recherche comme précédemment l'action du précipité obtenu sur la fermentation et la croissance des levures.

Ici aucun effet inhibiteur n'a été constaté avec les *Pénicilliums* et les *Aspergillus*; on observe même plutôt une légère accélération du phénomène. Seul le mycélium de *Botrytis* possède une substance facilement extraite par l'eau et précipitable par l'alcool, qui retarde fortement la fermentation du jus de raisin et la croissance des levures.

Les différents mycéliums, après les lavages précédents, sont placés dans le même moût type dont on suit la fermentation de la même façon. Dans ces conditions, tous accélèrent fortement le travail des levures. L'augmentation de la multiplication, faible pour les *Aspergillus*, est maximum pour le *Botrytis* (jusqu'à 50 %). Les observations d'Euler peuvent être étendues au *Botrytis*.

Le *Botrytis* sécrète donc, à un haut degré, d'une part des substances antibiotiques pour la levure, qui diffusent en grande partie dans le moût et se retrouvent encore dans le mycélium; d'autre part, des substances accélérant la fermentation et favorisant la croissance, qui restent dans le mycélium lavé.

Le *Botrytis*, une des rares moisissures dont les filaments peuvent pénétrer à l'intérieur de la baie de raisin, étant le facteur de la pourriture banale des raisins et, dans certaines régions de la « pourriture noble », on conçoit l'importance que revêtent ces observations pour expliquer les irrégularités de fermentation des raisins plus ou moins pourris.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur la toxicité du* S *gaïazulène*. Note de

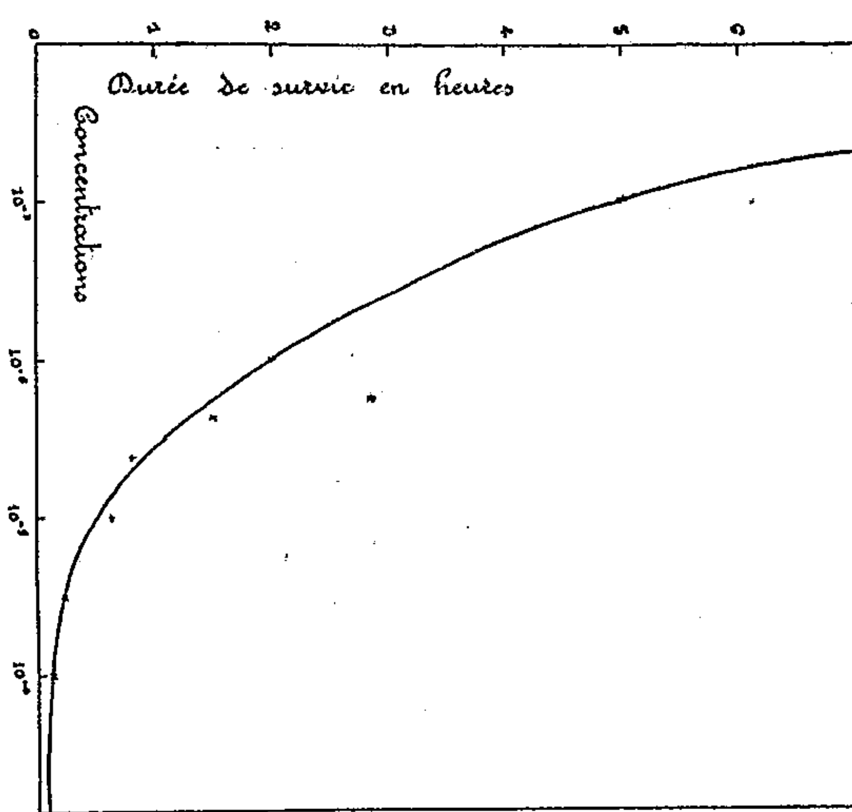
MM. **Fernand Caujolle** et **Édouard Stanislas**, transmise par M. Léon Binet.

Les effets toxiques du S gaïazulène ont été étudiés sur la Perche arc-en-ciel (*Pomotis gibbosus* L.), sur la Souris blanche et sur le Chien.

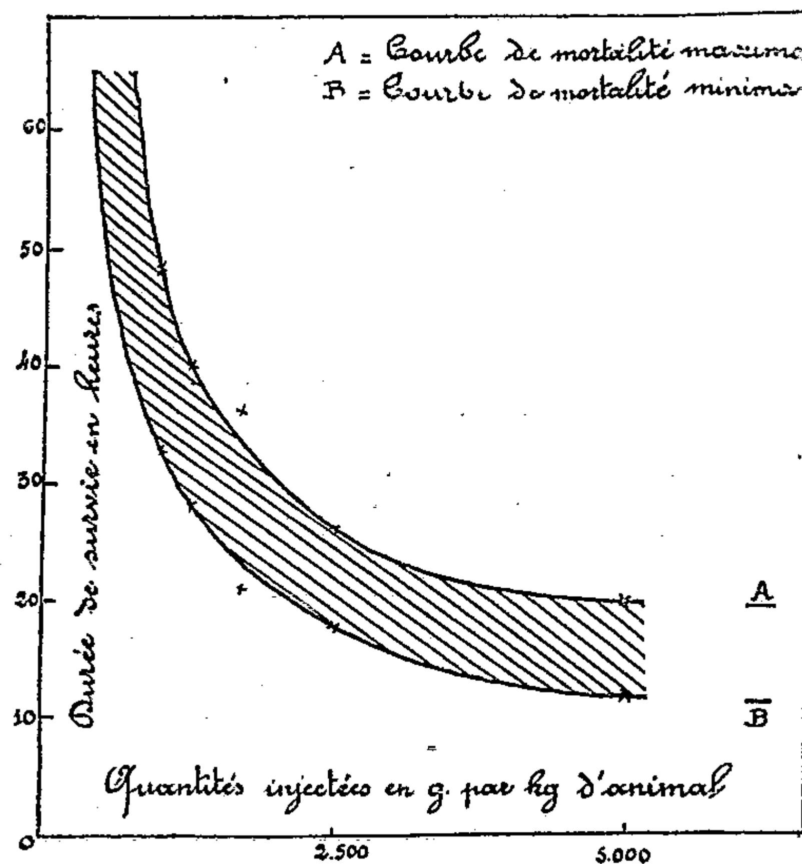
1. *Toxicité vis-à-vis de* Pomotis gibbosus. — Le S gaïazulène en émulsions titrées de 10^{-7} à 10^{-4}, dans des solutions aqueuses de Tween 20 (monolaurate de polyoxyéthylène sorbitan) ou de Tween 80 (monooléate de polyoxyéthylène sorbitan) de concentrations comprises entre 5.10^{-9} et 5.10^{-6}, détermine, à la température de 22° (± 2°), des accidents précoces de type anoxémique et des troubles un peu plus tardifs de l'équilibration; les temps de survie atteints en milieu titrant plus de 4.10^{-6} en S gaïazulène sont indiqués par le graphique n° 1.

2. *Toxicité vis-à-vis de la Souris blanche*. — Le S gaïazulène a été administré en solution huileuse à 50 %. L'injection intraveineuse est suivie de mort,

probablement par embolie, dès le passage des premières fractions du carbure dans la circulation. L'administration de doses toxiques, par voie intrapéritonéale, détermine de l'asthénie, de la somnolence et, parfois des troubles de l'équilibration; l'animal succombe en des temps compris entre 50 h et 10 h pour les doses s'étageant de 5 à 1 g : kg. Le graphique n° 2 indique les temps de survie en fonction des quantités injectées.



Graphique n° 1.



Graphique n° 2.

3. *Toxicité vis-à-vis du Chien.* — Le S gaïazulène, administré à l'état pur, à doses faibles (0,05 ou 0,10 g : kg) ou à doses léthales, détermine sur le chien chloralosé (0,10 g : kg) une hypotension résultant d'une action vagotonique, précoce mais brève, d'un effet cardiaque plus durable, d'une chute du tonus sympathique et d'une atteinte des centres vasomoteurs. La rate est paralysée sans modification notable de son volume. Au cours de l'intoxication subaiguë, le réflexe oculocardiaque est généralement déjà atténué, parfois inversé, et la réponse à l'occlusion simultanée des carotides est toujours diminuée.

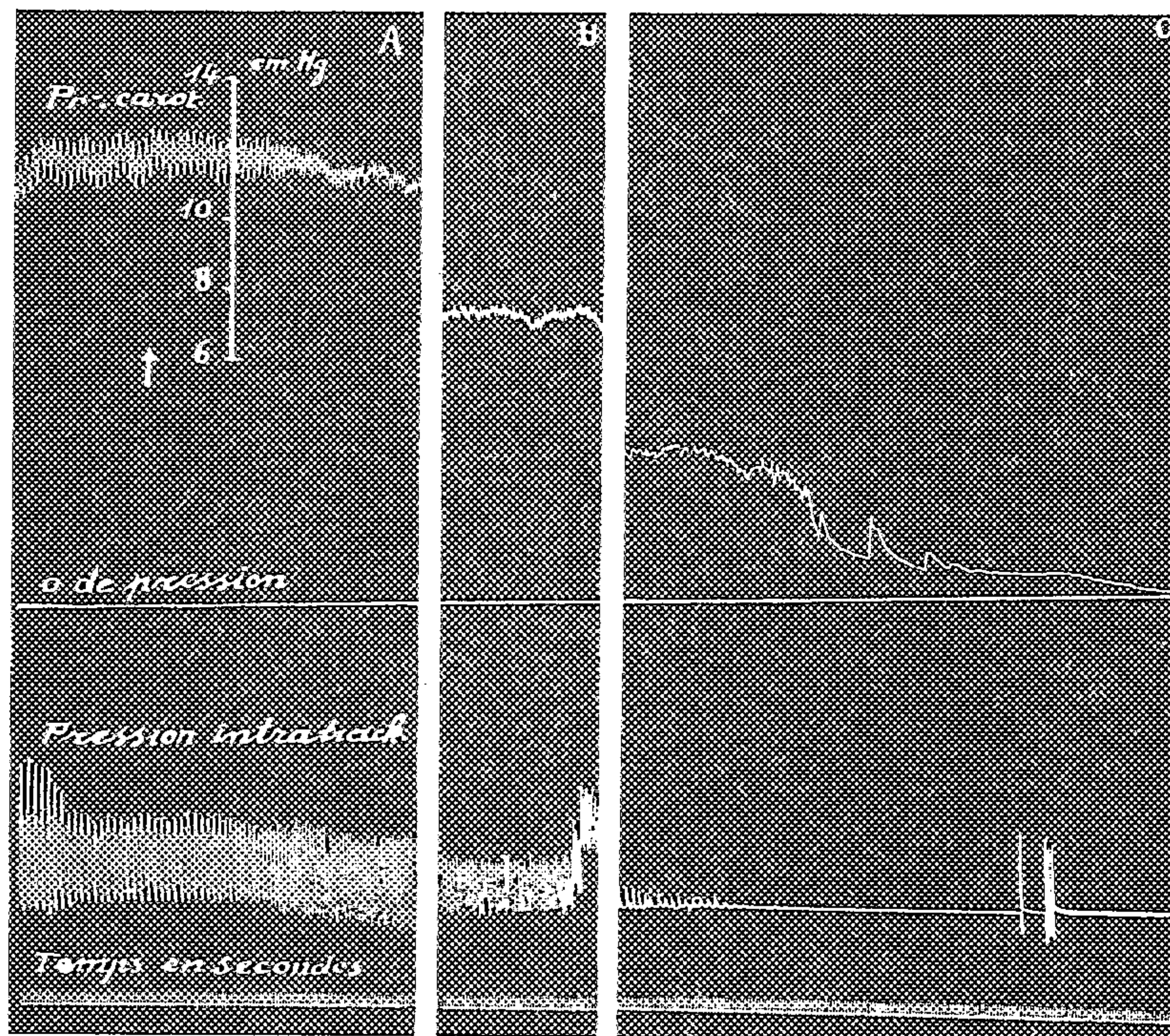
La respiration, longuement stimulée par les doses administrées sur un rythme lent, est bloquée passagèrement par les doses injectées brutalement. Dans l'intoxication mortelle, l'apnée terminale précède toujours l'arrêt du cœur (graphique n° 3).

Le péristaltisme intestinal est stimulé par les doses faibles.

La dose mortelle en $\pm$ 60 mn, déterminée par perfusion lente continue, selon la méthode de Tiffeneau, se situe aux environs de 0,70 g : kg d'animal (moyenne obtenue sur 5 animaux).

Le S gaïazulène ne se retrouve qu'à l'état de traces dans le cœur, le foie, la

rate et les reins. Après administration par voie intraveineuse, il s'accumule dans le poumon qui paraît être son principal émonctoire et est retenu par le tissu adipeux.



Graphique n° 3.

En : début de perfusion lente de S gaïazulène pur; en A : diminution de la différentielle, ralentissement cardiaque, légère hypotension, polypnée; entre A et B 40 mn; en B : hypotension, polypnée; entre B et C : 1 h 45 mn; en allant vers C : extinction progressive des contractions, apnée, mort de l'animal.

Les doses toxiques déterminent des lésions pulmonaires (alvéolite œdémateuse) et rénales (néphrite tubuleuse).

La glycémie, l'azotémie et la cholestérolémie ne sont pas notablement modifiées au cours de l'intoxication.

MICROBIOLOGIE. — *Sur les caractères des microcoques de la flore normale de la mamelle de la Vache.* Note (*) de MM. Jean Jacquet, Rémy Richou, Mme Lottie Steeg, MM. Pierre Julienne et Claude Gerbeaux, présentée par M. Gaston Ramon.

Depuis Gorini [1], on sait que les mamelles stériles sont l'exception.

(*) Séance du 2 janvier 1952.

[1] *Rev. Gén. Lait*, 1, 1902, p. 169 et *Rend. R. Acc. Lincei*, 11, 1902, p. 159.

Leur flore naturelle est constituée par des microcoques, dits mammocoques et lactocoques, qui prennent, en culture, un aspect en grappes de raisin. Ils ont été étudiés successivement par Freudenreich, Dorner, Jones, qui leur ont donné des étiquettes diverses reproduites dans l'ouvrage de classification de Bergey ([2]). Les auteurs français les confondent dans le groupe dit des staphylocoques non pathogènes, tellement la ressemblance morphologique de ces espèces est grande.

L'étude de 48 souches de microcoques mammaires, isolés dans le Calvados, nous a montré des caractères intéressants, mais dont certains sont instables. Seules, 36 souches ont pu être assimilées à des espèces complètement décrites antérieurement : 14 fois à *Micrococus conglomeratus*, 8 fois à *M. varians*, 4 à *M. aurantiacus*, 4 à *M. flavus*, 2 à *M. caseolyticus*, 2 à *M. Freudenreichii* et 2 à *M. epididermidis*. Il nous a donc surtout paru utile d'étudier les caractères biochimiques de cette microflore, déjà partiellement décrits par l'un de nous ([3]), d'une part pour mieux l'identifier parmi les micrococcacés, d'autre part, pour comprendre son action sur le lait.

Malgré une morphologie absolument identique, nos microcoques se différencient des staphylocoques ou microcoques pyogènes des auteurs américains, parce qu'ils ne sécrètent pas de coagulase et ne sont pas hémolytiques. Les cultures sont presque uniquement du type S; nous n'avons observé qu'une fois le type R.

Ces microcoques peuvent employer, comme source unique d'azote, l'asparagine et la peptone. Dans 79 % des cas, ils se contentent d'un sel ammoniacal ou d'une source d'azote sous forme nitreuse. Ils utilisent soit l'azote nitrique (66 % des cas), soit l'urée (33 % des cas).

Ils donnent toujours des acides en bouillon ou sur milieu de Hiss à partir du glucose, du lévulose et du saccharose, presque toujours à partir du mannose et du maltose, irrégulièrement à partir de l'amidon soluble, du galactose, du lactose, rarement à partir de l'arabinose et du raffinose. Ils n'en forment pas à partir du glycérol, de la dextrine, de la dulcite, du mannitol, du rhamnose.

Ils ne libèrent pas d'hydrogène sulfuré à partir des acides aminés soufrés, ni d'indole à partir du tryptophane. La liquéfaction de la gélatine est très longue à 18° C : elle a demandé un mois avec deux souches et deux mois avec 24 variétés. Les autres souches n'ont pas montré d'action protéolytique sur ce milieu. L'hydrolyse du caséinate de chaux en plaques

---

([2]) R. Breed, E. Murrey et A. Parker Hitchens, *Bergey's Manual of Determinative Bactériology*, 1 vol., Williams et Wilkings, Baltimore, 6e édit., 1948.

([3]) J. Jacquet, *Ann. Nutr. et Alim.*, 5, 1951, p. 350 et *La Production du Lait*, 1 vol., C. N. R. S., Paris, 1951, p. 284.

gélosées, lorsqu'elle se produit, est beaucoup plus accentuée dans 62,5 % des cas que celle de la gélatine. La caséolyse se produit dans 16,6 % des cas au bout de 24 h, dans 32,2 % des cas en 48 h, dans 12,5 % des cas au bout de 4 jours. Dans les 2/3 des cas, les souches étudiées possédaient une uréase, en milieu de Ferguson, et réduisaient rapidement et fortement les nitrates en nitrites. L'action sur le lait tournesolé aboutit, dans 50 % des cas, à une peptonisation rapide, sans que l'on puisse différencier les stades antérieurs. Dans 12,5 % des cas, il y eut d'abord une acidification (en 48 h), puis une réduction du colorant et une coagulation du lait (en 8 à 10 jours). Dans 16,6 % des cas seulement, il n'y eut aucune modification sensible.

L'air est nécessaire à ces microcoques qui ne poussent pas en anaérobiose. La température optima de culture est de 24 à 37°. Aucune multiplication ne peut être constatée à 2-3°. A 10°, elle est seulement ralentie. La résistance à la chaleur est grande : un chauffage à 60° ne détruit ces germes qu'après 1 h, à 70° après 30 mn et à 80° au bout de 15 mn seulement.

Le pH optimum de culture se situe entre 7,5 et 8. La concentration la plus favorable en chlorure de sodium est de 0,5 à 10 %, bien que sa présence n'y soit pas alors absolument nécessaire. Celle-ci n'a, en outre, d'effet inhibiteur qu'à partir de 20 %. Les pH alcalins, au delà de 8,9 empêchent toute multiplication. Avec les pH acides, celle-ci n'est possible qu'après addition d'une forte concentration de sel, au delà de 10 %.

L'existence de microcoques dans la mamelle normale a un certain nombre de conséquences, notamment en raison de leur pouvoir de caséolyse; elle laisse penser qu'une conservation prolongée du lait et des produits qui en dérivent n'est pas possible sans la destruction de ces germes. De plus, l'expérience montre que, contrairement à ce que l'on prétend, ils n'ont pas toujours la bénignité qu'on leur attribue : tout en conservant des caractères bien distincts de ceux des microcoques pyogènes, ils provoquent parfois des processus inflammatoires indiscutables. Ils peuvent, enfin, perdre, par mutation, dans la nature et au laboratoire, sans passage sur les animaux, certains de leurs attributs spécifiques et en acquérir d'autres qui les rapprochent alors singulièrement des staphylocoques vrais.

MICROBIOLOGIE. — *Essai de formolisation de la semence vaccinale avant l'inoculation à la Génisse.* Note (*) de MM. **Paul Nélis**, **Alphonse Lafontaine**, **Fernand Schoenaers**, **Hubert Massa** et Mlle **Suzanne Cleempoel**, présentée par M. Gaston Ramon.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons montré que sur dix souches

(*) Séance du 2 janvier 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 160.

vaccinales provenant d'une même semence, toutes possèdent un pouvoir encéphalitogène latent que nous avons pu mettre en évidence.

Des essais antérieurs ([2]) nous avaient montré que si le testicule du Lapin peut jouer le rôle de sélecteur vis-à-vis du mutant M comme l'ont montré Levaditi et Nicolau, des souches exaltées peuvent, sous l'influence du formol à faible concentration et de la température, se retransformer en dermovaccin; en somme, nous opérons par l'action du formol une sélection en sens inverse de celle obtenue par passage testiculaire, M étant plus sensible à l'action du formol que le mutant E. Cette régression paraît stable puisque la souche N.L. obtenue par exaltation de la souche 3495 atténuée par le formol, ne récupère pas ses caractères neurotropes et dermonécrotiques après trois passages sur testicule de Lapin.

En vue de nous soustraire à l'obligation de formoler chaque lot de vaccin et pour éviter la fragilité de la pulpe ainsi préparée ([3]), nous nous sommes demandé si la formolisation de la semence avant l'inoculation sur Génisse n'est pas capable à elle seule de fournir une souche dépourvue de caractères encéphalithogènes.

Les essais antérieurs nous ayant montré que l'apparition du caractère dominant du mutant M s'opère après 5 à 7 passages sur testicules de Lapin, nous avons délibérément choisi la souche 3516 dont l'exaltation, comme nous l'avons montré, est obtenue dès le deuxième passage testiculaire.

Cette souche 3516 est donc traitée par le formol à 0,1 °/₀₀ pendant 48 h à + 20° puis inoculée à trois Génisses : les récoltes reçoivent les numéros d'ordre respectifs 3551, 5101, 5102 (F 1).

La souche 3551 est à nouveau traitée par le formol dans les mêmes conditions puis réinoculée à deux Génisses. Ces nouvelles récoltes reçoivent les numéros d'ordre respectifs 5111 et 5112 (F 2)([4]).

Les cinq souches sont passées sur testicule de Lapin albinos à la concentration de 1 cm³ à 1/50 : les testicules sont prélevés le 7ᵉ jour et le passage en série de testicule en testicule est poursuivi sans interruption avec des concentrations identiques, c'est-à-dire 1 cm³ à 1/50 et cela jusqu'au 15ᵉ passage. Des inoculations à la peau dorsale du Lapin sont réalisées tous les quatre passages. Les résultats sont consignés dans le tableau ci-après.

Nous avons constaté que :

1° Pour les souches ayant subi une seule formolisation, l'apparition d'un pouvoir léthal a été nettement retardé, puisqu'il apparaît respectivement au 10ᵉ, 11ᵉ et 14ᵉ passage;

([2]) P. Nélis et A. Lafontaine, *C. R. Soc. Biol.*, 142, 1948, p. 1959; 143, 1948, p. 588; 144, 1950, p. 315; *Revue d'Immunologie*, 12, 1948, p. 289.

([3]) P. Nélis et A. Lafontaine, *C. R. Soc. Biol.*, 144, 1950, p. 597.

([4]) Il est à noter que les récoltes sont aussi abondantes qu'avec des souches normales.

2° que pour les souches formolées deux fois, l'apparition du caractère léthal apparaît seulement aux 13e et 14e passages;

3° que la récupération du caractère léthal s'accompagne pour quatre de ces souches de la récupération du caractère hémorragique et dermonécrotique, mais ce caractère apparaît soit en même temps, soit plus tard que le caractère léthal, contrairement à ce que nous avons observé pour les souches non traitées.

Nos des souches....	3551.	5101.	5102.	5111.	5112.
	F_1.	F_1.	F_1.	F_2.	F_2.
1er passage.......	O	O	O	O	O
2e »	O	O	O	O	O
3e »	O	O	O	O	O
4e »	O	O	O	O	O
5e »	O	O	O	O	O
6e »	O	O	O	O	O
7e »	O	O	O	O	O
8e »	O	O	O	O	O
9e »	O	O	O	O	O
10e »	+ 7 j HDC	O	O	O	O
11e »	+ 6 j	O	+ 6 j	O	O
12e »	–	O	+ 6 j HDC	+ 10 j	O
13e »	–	O	+ 8 j	+ 5 j	+ 5 j
14e »	–	+ 6 j HDC	+ 7 j	+ 6 j HDC	+ 6 j
15e »	–	+ 6 j	–	–	–

O indique la survie illimitée de l'animal.

+ indique la mort de l'animal après X jours.

HDC indique l'apparition du caractère hémorragique et dermonécrotique de la pustule.

Conclusions. — La formolisation des semences de vaccin jennerien entraîne une diminution considérable du rapport entre les mutants M et E, sans cependant faire disparaître complètement le mutant M.

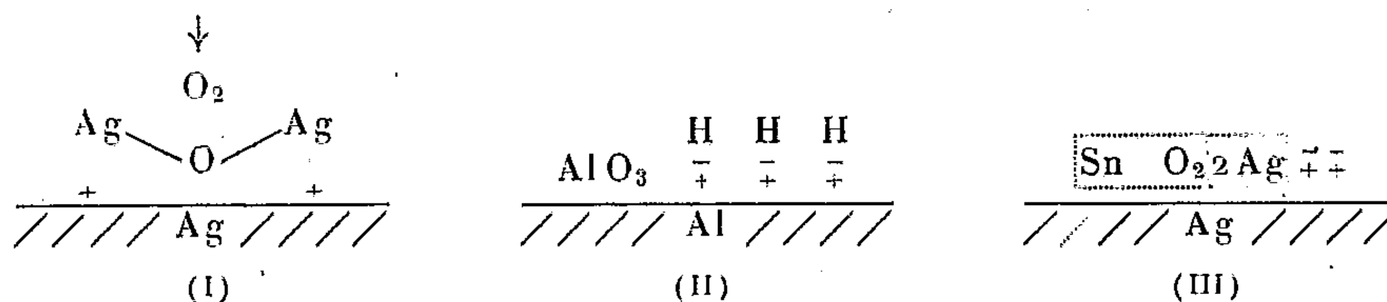
Ces essais confirment l'action sélective du formol sur les éléments M et réfutent d'une manière péremptoire l'objection suivant laquelle le rôle du formol se bornerait à supprimer un certain nombre d'éléments corpusculaires. Par contre, la persistance d'un certain nombre de mutants M ne nous permet pas d'envisager la formolisation des semences avant passage sur Génisse comme moyen pratique d'atténuer l'aggressivité de la vaccine, d'autant plus que dans la Note précédente, nous avons montré l'action sélective en sens inverse que peut jouer la peau de la Génisse (exemple, souche 3516).

IMMUNOLOGIE. — *L'immunisation des surfaces métalliques contre l'action des agents agressifs.* Note (*) de M. **Jean Loiseleur**, présentée par M. Jacques Trefouël.

La formation d'une couche mono-moléculaire de pourpre de Cassius sur une plaque polie d'argent ou de cuivre lui confère une résistance remarquable contre l'oxydation et la sulfuration. Cette protection, réalisée par une quantité infime de réactif, peut être assimilée à une immunisation.

Le rapprochement entre les phénomènes de l'immunité et certaines réactions de la Chimie minérale semble justifié par la similitude des effets obtenus par rapport à la quantité extrêmement faible de réactifs mise en œuvre. Un exemple très démonstratif est fourni par « l'immunisation » des surfaces métalliques contre l'action des agents agressifs (principalement l'oxygène et l'acide sulfhydrique).

1. Une plaque d'argent polie, chauffée au contact de l'air vers 250-350° de façon à accélérer son attaque par l'oxygène, perd en quelques minutes son éclat métallique en se recouvrant d'un voile de plus en plus opaque d'oxyde. Cette oxydation progressive conduit à admettre que la couche superficielle d'oxyde oriente son oxygène vers la surface métallique, tandis que l'ion Ag reste au contact de l'air [schéma (I)]. Cette disposition permet à l'oxyde d'amorcer une réaction en chaîne dans laquelle la couche extérieure d'ions Ag se recharge en oxygène, ce qui favorise le cheminement de ce dernier vers des couches de plus en plus profondes de métal : autrement dit, la couche d'oxyde



n'exerce aucun effet protecteur. C'est le cas de Na, K, Ca, Fe, ..., métaux dont les oxydes ne sont pas salifiables.

2. Au contraire, une plaque d'aluminium, chauffée dans les mêmes conditions, résiste à l'oxydation. L'oxyde d'aluminim est salifiable, c'est-à-dire que sa dissociation n'intéresse plus l'oxygène : le groupe AlO_3^{---}, de charge négative, adhère sur la surface métallique, sans devenir un transporteur d'oxygène (schéma II). D'une façon plus générale, les métaux qui résistent à l'oxydation (Zn, Ni, Cr, Al, ...) possèdent des oxydes salifiables.

(*) Séance du 2 janvier 1952.

Il en résulte que la protection contre l'oxydation est obtenue spontanément quand il existe sur le métal un oxyde complexe dont la dissociation superficielle ne porte pas sur son oxygène constitutif.

3. Cette notion permet de protéger efficacement la surface d'un métal altérable, l'argent ou le cuivre par exemple, puisqu'il suffit d'y former une combinaison superficielle complexe, de dissociation négative, entraînant son adhérence à la surface métallique et son isolement des agents agressifs. Pour l'argent, on y parvient très facilement en l'immergeant, pendant quelques secondes, dans une solution diluée de sulfate stanneux. Au contact de ce réactif, l'oxyde d'argent ([1]), dont une couche (de formation quasi instantanée) revêt toujours la surface métallique, se transforme en une combinaison stanno-argentique connue sous le nom de pourpre de Cassius $\boxed{SnO_2|2Ag}$ — [(schéma III)].

La présence de cette combinaison entraîne les conséquences suivantes : 1° par suite de sa charge négative, elle adhère étroitement à la surface métallique, après avoir utilisé, pour sa formation, la totalité de l'oxyde superficiel qui ne peut se reformer; 2° ce pourpre de Cassius, insoluble (sauf dans l'ammoniaque), protège efficacement la surface argentique; 3° cette couche étant du type mono-moléculaire (s'il s'agit d'une surface immédiatement polie avant le traitement par le réactif stanneux), reste invisible et ne modifie pas le pouvoir réflecteur. On constate ainsi que ce traitement stanneux entraîne, pour la plaque d'argent, sa résistance à la fois à l'oxydation par le chauffage et à la sulfuration, quand la plaque est placée dans une cloche saturée de vapeurs de H_2S. Une expérience très démonstrative consiste à immerger la moitié seulement d'une plaque d'argent dans une solution à 1 pour 10 000 de SO_4Sn. Par chauffage vers 250-350°, on constate que la partie traitée reste inaltérée et conserve son pouvoir réflecteur, tandis que la partie témoin devient rapidement opaque; après séjour prolongé dans la cloche à H_2S, la partie traitée reste inaltérée, tandis que le témoin noircit presque immédiatement. Le simple traitement stanneux a donc « immunisé » la plaque d'argent contre l'oxydation et la sulfuration.

Il est facile de conférer au cuivre la même immunité. Comme ce métal ne forme pas de complexe avec l'étain, il suffit d'ajouter au sulfate stanneux une trace de nitrate d'argent, le dépôt superficiel de l'argent ramenant le cuivre au cas précédent de la plaque d'argent. Une plaque de cuivre ainsi traitée reste inaltérée dans la cloche à H_2S alors que la partie témoin, non traitée, a été déjà attaquée et recouverte de sulfure noir, après quelques secondes.

([1]) Cette intervention essentielle de la couche superficielle d'oxyde est confirmée par le fait que l'action protectrice disparaît si l'on ajoute au réactif stanneux un réducteur puissant tel que l'hydrazine.

Il en résulte que le traitement a « immunisé » les surfaces métalliques contre l'oxydation et la sulfuration, le terme d' « immunisation » étant d'autant plus justifié que l'effet protecteur est obtenu avec un poids de réactif voisin de 10^{-7} g : cm^2.

A 15 h 35 mn l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 h 5 mn.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE DÉCEMBRE 1951.

Chimie minérale, théorique et expérimentale (Chimie électronique), par FERNAND GALLAIS. Préface de PAUL PASCAL. Paris, Masson et Cie, 1950; 1 vol. 24,5 cm (présenté par M. P. Pascal).

Exploration fonctionnelle du muscle strié humain normal et pathologique, par PAUL DELMAS-MARSALET. Préface de LÉON BINET. Paris, J.-B. Baillère et fils, 1952; 1 vol. 24 cm (présenté par M. L. Binet).

Les premiers congrès de physique Solvay et l'orientation de la physique depuis 1911, par MAURICE DE BROGLIE, in *Cahiers de la collection Sciences d'aujourd'hui*. Paris, Albin Michel, 1951; 1 vol. 18,5 cm.

Tables de constantes et données numériques. Organisme affilié de l'Union internationale de chimie pure et appliquée. 3. *Constantes sélectionnées. Pouvoir rotatoire magnétique (Effet Faraday)*, par RENÉ DE MALLEMANN. *Effet magnéto-optique de Kerr*, par F. SUHNER. Paris, Hermann et Cie, 1951; 1 fasc. 27 cm (présenté par M. L. de Broglie).

Id. 4. — *Constantes sélectionnées. Données spectroscopiques concernant les molécules diatomiques*, établi par R.-F. BARROW, A.-D. CAUNT, A.-R. DOWNIE, R. HERMAN, E. HULDT, A. MCKELLAR, E. MIÉSCHER, B. ROSEN et K. WIELAND. Rédaction générale : B. ROSEN. Paris, Hermann et Cie, 1951; 1 vol. 27 cm (présenté par M. L. de Broglie).

One hundred and fifth annual Report of the Director of the astronomical Observatory of Harvard College for the year ending september 30, 1950, by HARLOW SHAPLEY. Cambridge, Mass., University, 1951 ; 1 fasc. 20,5 cm.

Reprinted from the *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Vol. XXXVII, n° 1, 1951 : *Proxima centauri as a flare star*, by HARLOW SHAPLEY. Vol. XXXVII, n° 3, 1951 : *Magellanic clouds*. I. *Transparency*. II. *Supergiant red variable stars in the small cloud*, by HARLOW SHAPLEY, VIRGINIA MCKIBBEN NAIL. Vol. XXXVII, n° 4, 1951; *Galactic and extragalactic studies*, XXI. *Distribution of 95000 galaxies in the north galactic cap*, by HARLOW SHAPLEY ; 3 fasc. 25,5 cm.

NGC 1866 and the magellanic cloud variables, by HARLOW SHAPLEY, VIRGINIA MCKIBBEN NAIL, from the *Astronomical Journal*, 55, n° 8, 1951 ; 1 feuillet 26,5 cm.

Advanced Theory of Waveguides, by L. LEWIN. London, published by Wireles Engineer, by Iliffe and Sons, 1951 ; 1 vol. 22 cm.

Brief summary of the geodetic work of the geographical survey institute for the period 1947-1950, by KATSUHIKO MUTO. Tokyo, 1951 ; 1 fasc. 30 cm.

Almanach des sciences 1952, publié sous la direction de RENÉ SUDRE. Paris, Éditions de Flore, et la Gazette des lettres, 1952 ; 1vol. 19,5 cm.

Annuaire pour l'an 1952 publié par le BUREAU DES LONGITUDES, avec un supplément pour l'an 1953. Paris, Gauthier-Villars, 1951 ; 1 vol. 19 cm.

Pratique du Laboratoire. Techniques générales. Diagnostics biologiques. Hématologie. Sérologie. Parasitologie et entomologie médicales. Technique anatomo-pathologique, par CH. JAULMES, A. JUDE et J. QUÉRANGAL DES ESSARTS. Paris, Masson, 1951 ; 1 vol. 24,5 cm.

Collection de travaux de l'Académie internationale d'histoire des sciences (publiée avec le concours de l'Unesco) N° 6. *Actes du VI[e] Congrès international d'histoire des sciences*. Amsterdam (14-21 août 1950). Vol. I. Paris, Académie internationale d'histoire des sciences, et Hermann et C[ie], 1951 ; 1 vol. 25,5 cm.

Chimie physique. III. *Cinétique chimique. Structure des molécules*, par GUY EMSCHWILLER, in *Collection Euclide*. Paris, Presses universitaires de France, 1951 ; 1 vol. 19 cm (présenté par M. L. Hackspill).

Que sais-je ? L'origine des espèces, par ÉMILE GUYÉNOT. Paris, Presses universitaires de France, 1951 ; 1 vol. 17,5 cm.

Encyclopédie scientifique. La variation, par ÉMILE GUYÉNOT. Deuxième édition. Paris, G. Doin, 1950 ; 1 vol. 21 cm.

Id. — *L'hérédité*, par ÉMILE GUYÉNOT. Quatrième édition. Paris, G. Doin, 1948 ; 1 vol. 21 cm.

La théorie des particules de spin 1/2 (Électrons de Dirac), par LOUIS DE BROGLIE. Paris, Gauthier-Villars, 1952 ; 1 vol. 25 cm.

Actualités scientifiques et industrielles. 1154. *Exposés d'embryologie et de morphologie végétales*. XII. *Embryogénie et classification*. Quatrième fascicule : *Essai d'un système embryogénique (Partie spéciale : Deuxième période du système)*, par RENÉ SOUÈGES. Paris, Hermann, 1951 ; 1 vol. 25,5 cm.

Géologie dauphinoise. Initiation à la géologie par l'étude des environs de Grenoble, par MAURICE GIGNOUX et LÉON MORET. Deuxième édition. Paris, Masson, 1952 ; 1 vol. 22,5 cm.

Les tubes électroniques à commande par modulation de vitesse, par R. WARNECKE et P. GUÉNARD. Préface de M. PONTE. Paris, Gauthier-Villars, 1951 ; 1 vol. 24 cm.

Traité de chimie industrielle. T. I. *Grande industrie chimique*. T. II. *Métalloïdes et métaux*. T. III. *Industries organiques*, par PAUL BAUD. Quatrième édition. Paris, Masson, 1951 ; 3 vol. 24,5 cm.

La quinidine dans les troubles cardiaques, par HARRY GOLD. Traduction de M. PLOYÉ. Paris, Masson, 1951 ; 1 vol. 20,5 cm.

Éléments de science et de technologie du caoutchouc, publié par l'INSTITUT FRANÇAIS DU CAOUTCHOUC, sous la direction de JEAN LE BRAS, avec la collaboration de Mlle M. BOUCHER, J.-CH. BONGRAND, G. COLIN, P. COMPAGNON, A. DEMONGEOT, B. GODEFROY, A. JARRIJON, PH. LAPADU-HARGUES, J. LEMÉE, P.-H. MENSIER. C. PINAZZI et P. THIRION. Préface de M. CHARLES DUFRAISSE. Paris, Société d'éditions techniques coloniales, 1951 ; 1 vol. 24,5 cm.

Alliance française. *Assemblée générale du* 21 *octobre* 1951. *Allocution du Président. Rapport du Secrétaire général sur la situation d'ensemble, année* 1950-1951. Paris, Au siège; fasc. 23,5 cm.

I. *Mémoire sur la propagation du mouvement dans un fluide indéfini*. II. *Sur la propagation du mouvement dans les corps et spécialement dans les gaz parfaits*, par H. HUGONIOT (Mémoires publiés en 1887, 1888, 1889, réédités par le *Mémorial de l'Artillerie française*). Paris, Imprimerie nationale, 1950; 1 vol. 23 cm.

(*à suivre*).



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 JANVIER 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** donne lecture des avis parus au *Journal Officiel de la République française*, annonçant la signature, le 31 décembre 1951, du décret qui porte approbation de l'élection faite par l'Académie de M. **Eugène Darmois** pour occuper, dans la Section de physique générale, la place vacante par le décès de M. *Aimé Cotton*, et le 7 janvier 1952, du décret qui porte approbation de l'élection faite par l'Académie de M. **Henri Humbert** pour occuper, dans la Section de botanique, la place vacante par le décès de M. *Joseph Magrou*.

Sur son invitation, MM. **Eugène Darmois** et **Henri Humbert** prennent place parmi leurs Confrères.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la possibilité d'une interprétation causale et objective de la Mécanique ondulatoire.* Note de M. **Louis de Broglie**.

L'auteur examine comment il pourrait être possible de reprendre l'interprétation causale et objective de la Mécanique ondulatoire qu'il avait proposée en 1927 sous le nom de « théorie de la double solution ».

Développant une remarque que j'ai récemment ajoutée à une Note de M. J.-P. Vigier (1), je voudrais expliquer pourquoi ma pensée se reporte en ce moment vers une tentative que j'avais faite autrefois et ensuite abandonnée.

En 1926-27 (2), j'avais essayé de développer une interprétation causale et objective de la Mécanique ondulatoire en admettant l'hypothèse de la « double solution » suivant laquelle les équations linéaires de la Mécanique ondulatoire admettraient deux sortes de solutions : les solutions Ψ continues habituellement

---

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1010.

(2) *J. Phys.*, 8, 1927, p. 225.

envisagées dont la nature statistique commençait alors à apparaître nettement et des solutions à singularité qui auraient une signification physique concrète et représenteraient des corpuscules bien localisés entourés d'un champ ondulatoire.

Arrêté par les difficultés mathématiques que présentait le développement complet de cette hypothèse, je m'étais ensuite rabattu sur une théorie plus simple (théorie de l'onde-pilote) où je considérais l'existence des corpuscules comme une donnée et je me contentais de déterminer le mouvement des corpuscules à partir de l'onde Ψ. J'ai exposé cette théorie de l'onde-pilote au Conseil de Physique Solvay de 1927 où elle fut l'objet de nombreuses critiques et par la suite je fus amené à l'abandonner. Ainsi que je l'ai récemment signalé ([3]), cette théorie vient d'être reprise par M. David Bohm. Le travail de M. Bohm est très intéressant et ses analyses des procédés de mesure semblent de nature à permettre de répondre à certaines des critiques qui m'avaient été adressées en 1927, notamment par M. Pauli. Mais cette théorie de l'onde-pilote me paraît toujours se heurter à la difficulté fondamentale qui, bien plus que les objections de M. Pauli, m'avait conduit à l'abandonner : comme l'onde Ψ n'est certainement pas une réalité physique (ne serait-ce que parce que sa normalisation est arbitraire et qu'elle se propage en général dans un espace fictif de configuration) et qu'elle est seulement une représentation de probabilités dépendant de l'état de nos connaissances, je crois impossible d'obtenir une véritable interprétation causale et objective de la Mécanique ondulatoire en supposant que le corpuscule est guidé par l'onde Ψ.

Il en est différemment dans la théorie de la double solution dont je vais rappeler le principe. Si $\Psi = a\, e^{i\varphi}$ est une solution complexe du type continu de l'équation d'ondes, nous admettons qu'il existe aussi une solution de la forme

$$u(xyzt) = f(xyzt)\, e^{i\varphi(xyzt)}, \tag{1}$$

où $\varphi(xyzt)$ est la *même* fonction que dans Ψ et où f présente une singularité en général mobile. La substitution de la solution Ψ dans l'équation d'ondes conduit à la relation de continuité, classique en Mécanique ondulatoire, qui exprime la conservation du fluide de probabilité et permet la normalisation permanente du Ψ. La substitution de la solution u dans l'équation d'ondes conduit exactement de même à la relation

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \frac{\partial f}{\partial n}\frac{1}{m}\left|\operatorname{grad}\varphi\right| + \frac{1}{2m} f \Delta\varphi = 0, \tag{2}$$

du moins dans le cas non relativiste ; la variable n est comptée suivant la normale à la surface $\varphi = \text{const.}$ Il est naturel de supposer que, si l'on

([3]) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 641.

s'approche de la singularité en suivant cette normale, f et $\partial f/\partial n$ sont très grands et que $\partial f/\partial n \gg f$. On trouve alors pour la vitesse $\vec{v}$ du corpuscule la formule fondamentale.

$$\vec{v} = \frac{-\dfrac{\partial f}{\partial t}}{\dfrac{\partial f}{\partial n}} = -\frac{1}{m}\overrightarrow{\text{grad}}\,\varphi. \tag{3}$$

Tout se passe donc *en apparence* comme si le corpuscule était guidé par l'onde Ψ, mais, comme φ serait *aussi* la phase de l'onde physique u, on obtiendrait ainsi une véritable théorie causale et objective de la Mécanique ondulatoire. De plus, on démontre que si l'on ignore quelle est la trajectoire suivie par le corpuscule, la probabilité de le trouver en un point M à un instant t sera $|\Psi(M, t)|^2$.

Mais il faudrait établir l'existence des solutions du type u. Or un raisonnement donné par Sommerfeld ([4]) montre qu'il ne peut pas exister, dans un problème d'états quantifiés de solutions à singularité des équations d'ondes linéaires ayant la même fréquence qu'une onde Ψ stationnaire. Ce résultat prouve qu'il n'est pas possible de considérer, comme je le faisais en 1927, l'onde u comme une solution des équations linéaires de la Mécanique ondulatoire possédant une singularité au sens mathématique usuel du mot. Mais on pourrait peut-être échapper à cette objection en appelant « singularité » une très petite région singulière, en général mobile, où la fonction u prendrait une valeur si grande que l'équation d'ondes y changerait de forme, par exemple deviendrait *non linéaire*, l'équation linéaire usuelle n'étant valable pour u qu'en dehors de cette région singulière. Le raisonnement qui conduit à la formule (3) appliqué au voisinage immédiat de la région singulière paraît pouvoir subsister. Il y aurait donc quelque espoir de pouvoir ainsi raccorder la théorie de la double solution avec les idées de M. Einstein qui a toujours cherché à représenter les particules comme des régions singulières du champ et peut-être aussi à la raccorder à la théorie électromagnétique non linéaire de M. Born.

Un point important serait de justifier la formule (3) dans le cas d'un système de corpuscules en interaction, φ étant alors la phase de l'onde Ψ dans l'espace de configuration. Il faudrait montrer que ceci résulte des interactions entre les singularités d'ondes du type u se propageant dans l'espace à trois dimensions. J'avais esquissé une démonstration de ce genre dans mon article du *Journal de Physique* ([5]) *en considérant l'espace de configuration comme défini par les coordonnées des singularités*. Si l'on parvenait à consolider cette démons-

---

([4]) Il est reproduit dans mon livre « De la Mécanique ondulatoire à la théorie du Noyau », Paris, Hermann, 3, 1949, p. 42 et 33.

([5]) *Loc. cit.*, § 10.

tration, on pourrait se représenter le mouvement des singularités en interaction comme s'accomplissant dans l'espace physique sans être obligé de faire appel à l'espace fictif de configuration. Poursuivant dans cette voie, on pourrait obtenir une interprétation physique du principe de Pauli si l'on parvenait à montrer que pour les Fermions l'onde u ne peut comporter qu'une singularité tandis qu'elle pourrait en comporter plusieurs dans le cas de Bosons.

L'existence de régions singulières du champ u permettrait sans doute de rendre à l'électron une structure dont les théories quantiques paraissent présentement ressentir le besoin. Il se pourrait aussi, en accord avec une idée de M. Bohm, que dans le noyau se présentent des circonstances non prévues par les théories actuelles et qui seraient dues, dans notre manière de voir, à un empiètement des régions singulières.

Tout ceci ne constitue assurément qu'un programme assez vague dont la réalisation se heurterait à bien des difficultés. Néanmoins il ne serait pas inutile de chercher à reprendre les idées que je viens de rappeler pour voir si, plus ou moins complétées ou modifiées, elles ne pourraient pas fournir une interprétation causale et objective de la Mécanique ondulatoire conforme aux idées maintes fois développées par M. Einstein ([6]).

AÉROTHERMODYNAMIQUE. — *Complément à l'analyse de la structure des quasi-ondes de choc et combustion.* Note de M. **Maurice Roy.**

Nous complétons ici notre Note précédente ([1]), dont nous conservons les notations et équations.

I. Pour les *flammes déflagrantes*, cas où m_1 est petit et où $D \cong \theta \cong X$, la loi $\Gamma(D, X, \alpha)$ de notre équation (5) devient une loi $\Gamma(D, \alpha)$ ou $\Gamma(\theta, \alpha)$ pour la pression quasi constante $p \cong p_1$, et l'élimination de la variable ξ entre nos équations (3) et (5) donne

$$\frac{dD}{d\alpha} = \frac{D(D - D_1 - \alpha\nu_1)}{\Gamma(D, \alpha)}. \tag{9}$$

Dans la *quasi-onde postérieure* ($\xi \geqq 0$), α varie de 0 à $\alpha_2 \leqq 1$ (α_2 donné par l'équilibre final à $p_2 \cong p_1$, $\theta_2 \cong 1 + \alpha_2\nu_1$), tandis que D varie de $D_0 \geqq D_1$ à $D_2 \cong \theta_2$.

D'autre part, $\Gamma \geqq 0$ part de zéro, devient très grand presque immédiatement, passe par un maximum, puis revient plus ou moins rapidement vers zéro; donc, pour $\xi = 0 (\alpha = 0)$, $dD/d\alpha = +\infty$ et cette dérivée ne peut s'annuler ensuite que pour $\alpha = \alpha_2$.

([6]) *Voir* en particulier l'article final de M. Einstein dans le livre « *Albert Einstein philosopher and scientist* » [Library of living philosopher Evanston, Illinois, 1949].

([1]) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 168.

La connaissance de la loi de la « vitesse de réaction » $[d\alpha/dt \equiv (u_1/n)\Gamma(D, \alpha)]$ est indispensable pour intégrer (9), où la loi adimensionnelle Γ peut dépendre de l'état amont.

Mais, à titre d'hypothèse exploratrice, aventurons-nous à admettre, pour Γ, une loi telle que $D \cong \theta$ varie linéairement avec α. Ceci entraîne que $\Gamma(\theta)$ saute soudainement de Γ à Γ_0 pour $\xi = 0^+$, puis passe, selon une loi parabolique, par un maximum pour $\theta = 0,5\,\theta_2$, et s'annule ensuite pour $\theta = \theta_2(\alpha = \alpha_2)$.

Dans cette conception, la discontinuité subie par Γ pour $\xi = 0$ schématise la présence, à côté de la tranche d'inflammation $\xi = 0$ et au sein de la flamme déflagrante, d'une *quasi-onde secondaire* (relative seulement aux dérivées α', D'', θ'' et X'' ou d'ordre supérieur) et d'épaisseur négligeable par rapport à celle de la flamme.

En posant :

$$(10) \qquad \gamma m_1 = \varepsilon; \qquad a = \frac{\theta_0 - 1}{\theta_2 - \theta_0}; \qquad \nu = \exp(-a\xi);$$

θ et X s'expriment, au second ordre près en ε, par les formules approchées

$$(11) \quad \left\{ \begin{aligned} &\theta \cong \theta_2 - (\theta_2 - \theta_0)\,\nu + \frac{\gamma - 1}{2\gamma}\,\varepsilon\,(\theta_2 - \theta_0)^2\,\nu(1 - \nu), \\ &X \cong \theta_2 - (\theta_2 - \theta_0)\,\nu + \varepsilon \left\{ \frac{\gamma - 1}{2\gamma}\,[\theta_2^2 - (\theta_2^2 - \theta_0^2)\,\nu] \right. \\ &\qquad \left. + [\theta_2 - (\theta_2 - \theta_0)\,\nu] \left[\frac{\gamma + 1}{2\gamma}\,\theta_2(1 - \nu) - \frac{\gamma - 1}{2\gamma}\,\theta_0\nu - (1 - \nu) \right] \right\}. \end{aligned} \right.$$

Avec la même approximation et pour $\xi = 0$, ces expressions se raccordent aux valeurs θ_0 et X_0 de notre solution (7) pour la quasi-onde antérieure.

A l'infini aval ($\xi = +\infty$, $\nu = 0$), on a $X_2 \cong \theta_2[1 + \varepsilon(\theta_2 - 1)]$, comme l'exigent les lois globales des ondes de choc et combustion.

Enfin, la pression p (ou $Y = \theta/X$) ne variant qu'au premier ordre en ε dans la quasi-onde postérieure, et au second ordre dans l'antérieure, c'est dans la première que la pression subit, en valeur principale, sa *diminution totale* à travers la flamme : ceci est une conséquence de l'inflammation et de la combustion.

II. Soit A_M le maximum atteint par la vitesse $d\alpha/dt$ de réaction chimique, au sein de la flamme. Avec notre hypothèse, ce maximum se situe à $\theta = 0,5\,\theta_2$. La célérité u_1 de notre flamme dans le milieu amont s'en déduit aisément par la formule

$$(12) \qquad u_1 = 4\,\frac{\theta_2 - \theta_0}{\theta_2}\sqrt{\frac{\eta_1 A_M}{3\rho_1(\theta_0 - 1)}}.$$

Pour déterminer u_1, il suffirait donc de connaître, relativement à cette loi de vitesse de combustion à $p \cong p_1$, son maximum A_M. En outre et ainsi qu'il semble plausible, u_1 devient ainsi infini lorsque $\theta_0 \to 1$, c'est-à-dire lorsque $T_1 \to T_0$.

Inversement et si l'on admet toujours la loi *a priori* relative à $\Gamma(\theta)$, la formule (12) permet de calculer ce maximum A_M à partir de résultats d'expérience sur la célérité des flammes : pour un mélange strict air-kerosène à $p_1 = 1$ atm et $T_1 = 288°$ K, cette vitesse de réaction maximum donnerait une combustion complète en un temps de l'ordre de 2 à 3 microsecondes.

III. Les formules précédentes, dont l'approximation en ε est très suffisante, permettent d'étudier en détail et en fonction de l'abscisse réduite ξ la « structure » d'une flamme déflagrante.

On note que l'*épaisseur pratique* de celle-ci est plus grande en aval qu'en amont de l'inflammation, car deux points aval et amont, caractérisés par une même pente $d\theta/d\xi$ de la courbe $\theta(\xi)$, ont respectivement pour abscisse ξ_2^* et ξ_1^* définis par

$$\frac{\xi_2^*}{(-\xi_1^*)} = \frac{(\theta_2 - \theta_0)}{(\theta_0 - 1)} \gg 1.$$

IV. Comme E. Jouguet l'a montré [2], mais sans faire jouer à la fois viscosité et conduction comme dans nos équations (3) à (5), la célérité u_1 d'une quasi-onde quelconque de choc et combustion, à structure permanente, est *définie par l'état amont* (p_1, ρ_1, T_1) *et en un nombre fini de solutions distinctes.*

Ce résultat se confirme ici, dans le cas général.

En effet, pour $\xi \leqq 0 (\alpha \equiv 0)$, la solution (en D et X) des équations (3) et (4) de la quasi-onde antérieure contient deux arbitraires, m_1 et θ_0 par exemple. Puis, pour $\xi \geqq 0$, la solution (en D, X et α) des équations (3) à (5) de la quasi-onde postérieure contient trois constantes d'intégration que déterminent, pour $\xi = +\infty$, les valeurs D_2, X_2 et α_2 imposées par les lois globales reliant les états extrêmes de l'onde de choc et combustion, en fonction de m_1 et ν_1. Mais, pour $\xi = 0$ et en raison de l'arbitraire de la fixation de l'origine sur l'axe des ξ, cette solution contient, en dehors de m_1 et ν_1, une constante arbitraire supplémentaire. Or, θ_0 et $\alpha_0 = 0$ sont imposés pour $\xi = 0$. Par suite, m_1 (donc u_1) se trouve fixé par la nécessité du raccordement, pour $\xi = 0$, des solutions amont ($\xi \leqq 0$) et aval ($\xi \geqq 0$).

La formule (13) le manifeste, d'ailleurs, dans le cas d'une flamme déflagrante, pour nos solutions (8) et (11) basées sur une loi de combustion $\Gamma(\theta)$ admise *a priori*.

V. Pour que la combustion *cesse pratiquement dans la quasi-onde postérieure* (en un état d'indice i, avec $\alpha_i \ll \alpha_2$) et se prolonge en aval de cette quasi-onde par une « combustion résiduelle », il faut et il suffit que, pour $\xi \geqq \xi_i$, viscosité et conduction deviennent d'effet négligeable, c'est-à-dire D' et X' négligeables dans (3) et (4).

Cela nécessite ou entraîne que, pour $\xi \geqq \xi_i$, la courbe $D(\alpha)$ devienne quasi-

---

[2] *Mécanique des explosifs*, Doin, Paris, 1917, p. 393.

tangente à la droite $D = D_1 + \alpha v_1$ (cas exclu, d'ailleurs, en I, II et III ci-dessus), donc que α' devienne de même ordre que D' et X', c'est-à-dire que la vitesse de réaction revienne alors aux valeurs très faibles, dites « ordinaires » par opposition aux valeurs extrêmement grandes qui correspondent à la combustion vive et qui expliquent la très faible épaisseur des quasi-ondes de déflagration et de détonation.

Alors, pour $\xi \geq \xi_i$, l'écoulement en aval de la quasi-onde proprement dite s'effectue selon notre théorie unidimensionnelle ([3]) des tuyères-foyers athermanes et cylindriques, avec réaction conforme à chaque instant à la loi de l'équilibre chimique.

Il semble, d'ailleurs, qu'une telle éventualité soit exceptionnelle, au moins pour un écart résiduel $(\alpha_2 - \alpha_i)$ assez important.

ENDOCRINOLOGIE. — *Relations entre la testostérone et la cortisone dans leurs effets sur certains organes récepteurs.* Note de MM. **Robert Courrier** et **Maurice Marois.**

La cortisone à très fortes doses peut s'opposer à l'action de la testostérone sur la crête du Chapon et sur le muscle releveur de l'anus du Rat. Un tel antagonisme ne s'observe plus sur les vésicules séminales du Rat.

La corticosurrénale élabore différents stéroïdes d'activité physiologique variée, et l'on a déjà envisagé les rapports fonctionnels que peuvent présenter entre eux certains de ces stéroïdes. Nous apportons une contribution à ce problème en analysant l'action conjuguée de la cortisone et d'un androgène sur la crête du Chapon, la vésicule séminale et le muscle releveur de l'anus du Rat castré.

1. Pour F. Caridroit ([1]), la désoxycorticostérone n'a pas d'action androgène propre sur la crête du Chapon, et elle ne s'oppose pas à l'action androgène de la testostérone sur cet organe.

La cortisone est également dépourvue d'action androgène sur le même récepteur ([2]) et sur d'autres ([3]), ([4]). Mais nous montrons ici qu'elle peut s'opposer à la testostérone dans certaines conditions. Si l'on injecte, à un chapon Leghorn blanc de 2 kg, 60 γ de propionate de testostérone par jour, sa crête subit une croissance qui est très marquée au 6e jour. L'administration concomitante de 25 mg de cortisone par jour ne s'oppose nullement

---

([3]) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 835.

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, 134, 1940, p. 450.
([2]) P. Leroy, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 976.
([3]) C. A. Winter, R. H. Silber et H. C. Stoerk, *Endocrinology*, 47, 1950, p. 60.
([4]) D. J. Ingle, *J. Clinical endocrinology*, 10, 1950, p. 1312.

à cette croissance. Mais en doublant la dose, on exerce une inhibition très caractéristique; celle-ci nécessite parfois une quantité quotidienne de 100 mg de cortisone en présence des 60 γ d'androgène. Une telle inhibition n'est que transitoire; si l'on poursuit en effet le traitement jusqu'au 10e jour, l'opposition du début se lève et la crête reprend sa croissance. La cortisone (fournie gracieusement par Merck à l'Institut National d'Hygiène) est en suspension dans l'eau, elle s'élimine plus rapidement que le propionate de testostérone en solution huileuse dont l'effet est cumulatif.

2. Pour étudier les rapports des deux hormones sur la vésicule séminale du Rat castré impubère, nous avons utilisé la technique récemment modifiée par Wills, Rampton et Pugsley ([5]) : on pèse les vésicules séminales 72 h après l'injection intramusculaire d'une dose unique d'androgène. Avec 250 γ de propionate de testostérone, le poids moyen des vésicules après fixation, qui est de 4 mg chez les témoins, est passé à 12 mg. En présence de cortisone, à la dose quotidienne de 5, 25 ou 100 mg, la même quantité d'androgène provoque une augmentation pondérale du même ordre. La cortisone ne semble pas s'opposer dans nos expériences à l'action de la testostérone sur la vésicule séminale du Rat.

Nous avons constaté que la cortisone seule, à la dose quotidienne de 5 mg pendant trois jours, n'a produit aucun effet. Rappelons que l'acétate de désoxycorticostérone n'exerce pas d'action androgène sur le même effecteur ([6]).

Nous devons signaler ici le travail récent de Hase et Schindel ([7]) pour lesquels l'ACTH s'opposerait à l'action de la testostérone sur la vésicule séminale du Rat castré. Nos résultats ne s'inscrivent pas en faveur d'une telle action.

3. Dans nos expériences sur les Rats, alors que 100 mg de cortisone par jour se montraient incapables de s'opposer à la dose unique de 250 γ de propionate de testostérone sur les vésicules séminales, nous avons remarqué cependant l'existence d'un antagonisme entre cortisone et testostérone sur un récepteur particulier : le muscle releveur de l'anus ([8]). Ce muscle pèse en moyenne, après fixation, 8,6 mg chez les rats impubères castrés témoins âgés de six semaines. Sous l'influence des 250 γ de testostérone, le poids atteint en trois jours 14,2 mg. Après addition à l'androgène de 100 mg de cortisone par jour, le poids se maintient à 8,8 mg.

Chez les animaux qui reçoivent les deux hormones en même temps,

---

([5]) *Endocrinology*, **44**, 1949, p. 251.

([6]) R. Courrier, *C. R. Soc. Biol.*, **137**, 1943, p. 53.

([7]) *Acta endocrinologica*, 3, 1949, p. 27.

([8]) Pour la bibliographie, consulter E. Eisenberg et G. G. Gordan, *J. Pharmacol. experim. Therapeutics*, **99**, 1950, p. 38.

la testostérone ne s'est pas opposée à la fonte du thymus et de la rate déterminée par la cortisone. Mais le foie présente une hypertrophie considérable par rapport aux sujets castrés et non traités ou à ceux qui reçoivent la testostérone seule; cette hypertrophie peut être due, en partie, à l'action de la cortisone sur le dépôt du glycogène hépatique, la testostérone ne semble pas l'avoir supprimée.

Discussion. — L'antagonisme de la cortisone à l'égard de la testostérone se perçoit donc sur la crête du Chapon, sur le muscle releveur de l'anus du Rat et ne s'observe plus sur la vésicule séminale du même animal.

Il est probable que ces rapports fonctionnels dépendent étroitement de la nature du récepteur. On songe à la structure particulière de la crête du Coq, très riche en acide hyaluronique (9), ainsi qu'aux relations pouvant exister entre cortisone et acide hyaluronique.

On songe aussi à l'action de la testostérone sur l'anabolisme protéique, action qui explique sans doute l'effet myotrophique de l'androgène sur certains muscles parmi lesquels le releveur de l'anus du Rat. Or, la cortisone exerce une influence inverse sur le métabolisme des protéines (10).

Remarquons enfin que F. Caridroit (11) a décrit l'effet curieux de l'adrénaline qui s'oppose à l'action de la testostérone sur la crête de Coq. On peut se demander maintenant si l'hormone médullo-surrénale n'exercerait pas cette action particulière par les relais hypophysaire et cortico-surrénalien. Certains auteurs admettent en effet que l'adrénaline est capable de provoquer une décharge d'ACTH, et ce phénomène a été retrouvé chez le Poulet (12).

GÉOLOGIE. — *Les rivages de la mer nummulitique dans les Alpes de Savoie pendant l'Éocène moyen.* Note de M. **Léon Moret**.

Le géosynclinal nummulitique émettait au Lutétien, entre Maurienne et Tarentaise, un golfe étroit qui, contournant par le Sud la région du Mont-Blanc-Aiguilles-Rouges, encore empâtée de sédiments mésozoïques, longeait ces massifs en direction du Nord-Est et se terminait sur la rive droite du Giffre avant d'atteindre la vallée du Rhône.

La carte schématique représentant l'extension des mers nummulitiques dans les Alpes occidentales, telle qu'elle est figurée dans la « *Géologie stratigraphique* » de M. Gignoux, d'après les travaux de J. Boussac, L. Moret, A.-F. de Lapparent (4ᵉ édit., 1950, *fig.* 125, p. 561), demande à être retouchée pour les régions savoisiennes à la suite de découvertes récentes sur la répartition des dépôts lutétiens.

(9) N. Boas, *J. Biol. Chem.*, 181, 1949, p. 573.
(10) Pour la bibliographie, consulter D. J. Ingle, *J. Clin. endocrinol.*, 10, 1950, p. 1312.
(11) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 539.
(12) J. W. Jailer et N. F. Boas, *Endocrinology*, 46, 1950, p. 314.

En effet, au Nord de la vallée du Giffre, L. W. Collet et A. Lillie (1) ont montré que la transgression marine lutétienne avait atteint le vallon des Chambres au droit des Avaudrues et que la mer formait là un golfe limité par des rides anticlinales tandis que vers le Nord-Est la fermeture du golfe résultait de la présence d'un relief en relation avec la culmination axiale des Aiguilles-Rouges. Mais ce golfe fut éphémère car, dès le Lutétien supérieur, se produisit une régression soulignée par le dépôt de couches continentales rouges ou à faune lacustre sur ses rives ainsi que sur les sédiments à grandes Nummulites lutétiennes nouvellement émergés. Par la suite, toute la région fut à son tour recouverte et dépassée par la mer de l'Éocène supérieur (Priabonien) dont les dépôts reposent, soit sur ceux du Lutétien marin (zone du golfe), soit sur le Lutétien lacustre de bordure, soit même directement sur le Crétacé du socle, et cela par l'intermédiaire de conglomérats avec éléments locaux parmi lesquels des galets de calcaires lutétiens marins ou lacustres, à l'exclusion cependant des galets cristallins.

Dans le massif de Platé, entre Arve et Giffre, les complexes marins et lacustres bien connus du Lutétien d'Arâche, prolongent, sur l'extrémité occidentale du massif seulement, ceux de la rive droite du Giffre (2).

Sur la rive gauche de l'Arve, dans le Nord du massif des Bornes, J. Rosset et moi-même (3) avons décrit au pied des Aravis, en bordure du grand synclinal nummulitique de Thônes et non loin des châlets de Romme, un Lutétien très semblable à celui d'Arâche. Ainsi, au Rocher-Blanc, les calcaires à grandes Nummulites et Alvéolines transgressifs sur le Sénonien, sont recouverts par des couches lacustres siliceuses dont la partie supérieure, corrodée par des Mollusques lithophages, est transgressée par le Priabonien marin qui, à partir de là, va seul représenter le Nummulitique en lisière des Aravis.

Un nouveau jalon lutétien, connu de longue date, se montre plus au Sud, sur les pentes du Charvin; mais ici, aux couches lutétiennes à grandes Nummulites font suite directement les couches à petites Nummulites priaboniennes, sans intercalation de couches limniques, comme la chose va s'observer dans tous les synclinaux des Bauges orientales.

Dans ce dernier massif, les recherches de mon élève J. Rochet (4) ont permis de mettre en évidence le rivage Est du golfe lutétien à la base du prolongement de la chaîne des Aravis, représenté par la Dent-de-Cons et la Belle-Étoile, et où le contact avec le synclinal de Thônes est marqué par d'importants affleurements de brèches à grandes Nummulites et galets

(1) *Eclogæ Geologicæ Helvetiæ*, 31, n° 1, 1938.
(2) L. Moret, *Mém. Soc. Géol. France*, n° 22, 1934.
(3) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 914.
(4) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 340.

locaux, sénoniens et urgoniens, empruntés à ces reliefs fortement décapés, ce qui explique la transgression des sédiments nummulitiques directement sur l'Hauterivien.

Nous avons vu que, dans les Bauges (exception faite pour la dorsale Semnoz-Nivolet), le Lutétien marin était représenté et que le passage aux couches à petites Nummulites du Priabonien s'y faisait également par des faciès marins. Par contre, les faciès laguno-lacustres commencent à y apparaître dans le synclinal d'Entrevernes, aux mines de lignites, et persistent plus au Nord encore, jusqu'à la dépression du lac d'Annecy, où la coupe classique du Roc-de-Chère montre un Lutétien et un Priabonien marins et très littoraux, séparés par des calcaires et des marnes lacustres lutétiennes à Bulimes, Limnées et Hélix.

Si maintenant nous essayons de coordonner ces diverses observations, nous serons obligés d'admettre que, conformément aux vues déjà anciennes de Boussac, le géosynclinal nummulitique émettait au Lutétien dans les régions savoisiennes, faiblement ondulées et prédestinées à devenir nos chaînes subalpines, un chenal étroit qui contournait par le Sud le massif cristallin du Mont-Blanc encore emmailloté de sa couverture mésozoïque, chenal dont l'origine doit être recherchée entre Saint-Michel-de-Maurienne et la montagne du Niélard en Tarentaise, où se montre l'affleurement le plus septentrional de brèches à grandes Nummulites (R. Barbier).

Mais, tandis que pour Boussac ce golfe ne s'étendait que sur les Bauges orientales, nous avons déjà vu qu'un petit diverticule accessoire atteignait le Roc-de-Chère dans le massif des Bornes et que le golfe lui-même se prolongeait entre les Aravis et l'avant-pays émergé jusqu'à la vallée de l'Arve et même au delà de celle du Giffre, en utilisant probablement la dépression qui va donner le grand synclinal de Thônes. Dès le Lutétien supérieur, s'amorce une régression qui libère de ses eaux marines une bonne partie de ce golfe et permet aux eaux douces de s'accumuler dans les dépressions ainsi exondées. Le golfe marin est alors réduit aux Bauges et s'approfondit par un véritable mouvement de bascule; mais la mer ne dépasse pas au Nord la ligne Entrevernes-Charvin.

Puis cette phase est encore suivie de mouvements tectoniques, nettement observables au Roc-de-Chère ([5]), où des failles de tassement post-lutétiennes et anté-priaboniennes ont permis la conservation dans un compartiment effondré, de la remarquable série tertiaire de ce petit massif.

Enfin, la grande transgression marine de l'Éocène supérieur va, cette fois, envahir tout le domaine des chaînes subalpines septentrionales (Haut-Giffre, Platé, Bornes, Bauges orientales), en évitant encore la Chartreuse et le Vercors. Le golfe lutétien disparaît pour être remplacé par une

---

([5]) L. Moret, *C. R. som. Soc. Géol. France*, 5 juin 1939.

vaste poche qui atteint la bordure externe de ces chaînes et recouvre probablement la région Mont-Blanc-Belledonne et même le Pelvoux dont le Cristallin sera, comme l'on sait, mis à nu et colmaté très avant par les sédiments priaboniens.

PHYTOPATHOLOGIE. — *Les synergismes chez les toxines de* Fusarium lycopersici *Sacc.* Note de M. **Ernest Gäumann**, Mme **Stephi Naef-Roth** et M. **Hans Kobel**.

Dans la précédente Communication (1), nous avons rapporté que *Fusarium lycopersici* Sacc. produit au moins deux toxines chimiquement distinctes, la lycomarasmine et l'acide fusarique et, d'autre part, qu'il n'existe aucune interaction entre ces deux composés. Par contre, Gäumann, Naef-Roth et Miescher (2) ont mis en évidence que la lycomarasmine entre en combinaison chimique avec certains constituants de la *plante-hôte* et, que ainsi, sa toxicité s'en trouve accrue; elle se combine, en effet, avec les composés du fer contenus dans le protoplasma pour former un complexe équimoléculaire lycomarasmine-fer, qui est, en chiffre rond, dix fois plus nocif pour les tissus des plantes de Tomate que la lycomarasmine pure; l'intensité de cette transformation chimique s'accroît avec l'augmentation de la température environnante [Gäumann et Naef-Roth (3)].

Au cours de nos recherches sur l'acide fusarique, nous avons pu établir que, dans le cas de cet acide, il peut également se présenter une augmentation du pouvoir pathogène, mais que ce phénomène repose sur une autre base. Lorsqu'il est insuffisamment purifié, l'acide fusarique provoque, en effet, sur la tige des pousses de Tomate, des dommages plus graves que lorsqu'il a été soumis à des recristallisations successives et à la sublimation. C'est la raison pour laquelle nous avons supposé que l'aggravation des symptômes apparus sur la tige pouvaient être imputés à des restes d'impuretés. Nous avons pu établir, qu'au nombre de ces dernières, se trouve l'acide succinique qui, effectivement, est produit par *Fusarium lycopersici* et dont la présence se manifeste constamment dans les filtrats de culture de ce champignon.

Les résultats obtenus au cours de quelques essais ont été groupés dans le tableau I. L'intensité des dommages a été évaluée selon une échelle allant de o (aucun dommage) à 4 (fortes nécroses). Toutes les solutions ont été ramenées à pH 4,9 au moyen de KOH. L'acide fusarique analytiquement pur, obtenu après plusieurs recristallisations et subli-

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 173.
(2) *Phytopath. Zschr.*, 16, 1950, p. 257-288.
(3) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 258.

mation, provoque, à la dose de 250 mg : kg de plante fraîche, en plus des dommages sur les feuilles, de faibles nécroses sur les tiges et, à la dose de 150 mg : kg, les nécroses n'apparaissent plus que sur les feuilles, les tiges demeurant exemptes de toute altération. L'acide succinique n'engendre aucun symptôme quelconque sur les tiges ou sur les feuilles. Par contre, si les deux acides sont mélangés, on voit apparaître sur les tiges de très graves lésions mortelles.

TABLEAU I. — *Le synergisme entre les acides fusarique et succinique.*

Toxine.	Concentration molaire.	Dose administrée en mg : kg de plante fraîche.	Intensité moyenne des dommages sur tiges.	Intensité moyenne des dommages sur feuilles.
Acide fusarique	$5,0.10^{-3}$	250	0,65	3,75
	2,5 »	150	0,00	2,20
» succinique	2,0 »	75	0,00	0,00
» fusarique (*)	2,5 »	150	3,00	1,50
» succinique (*)	2,0 »	75		

(*) Administrés simultanément.

L'acide succinique, produit accessoire du métabolisme du parasite, peut donc modifier quantitativement et qualitativement et de manière décisive, la toxicité de l'acide fusarique, donc d'une *importante toxine* émise par l'agent pathogène.

Cette propriété de l'acide succinique d'accroître le pouvoir pathogène d'une toxine se limite à l'acide fusarique et ne concerne pas la lycomarasmine. Du reste, nous avons tout lieu de supposer que cet effet n'est pas spécifiquement propre à l'acide succinique, mais qu'il peut être également provoqué par d'autres produits du métabolisme du parasite. Nous tenons même pour probable que les produits du métabolisme de la *plante-hôte* sont susceptibles d'engendrer des synergismes analogues.

Après qu'il eût été établi que la toxicité de l'acide fusarique peut être accrue par d'autres substances, la question se posait de savoir si elle pouvait être influencée dans un sens favorable. Fron ([4]), de même que Stoddard et Dimond ([5]) ont, en effet, montré que le traitement de plantes marcescentes au moyen d'oxyquinoléine peut, dans divers cas, exercer une heureuse influence sur l'état de santé de l'hôte. On peut se demander si la raison de cet effet provient du fait d'une action inhibitrice sur l'*agent pathogène* ou du fait de la neutralisation des *toxines* qu'il émet. Le tableau II nous

([4]) *Rev. path. végét. et entom. agr. de France*, 23, 1936, p. 131-144.
([5]) *Phytopath.*, 41, 1951, p. 337-340.

fournit la réponse en ce qui concerne l'acide fusarique; en elle-même, l'oxyquinoléine n'est pas nocive, mais elle ne neutralise pas la toxicité de l'acide fusarique; au contraire, elle l'*augmente* et, à vrai dire, à peu près dans la même proportion que l'acide succinique; par contre, l'oxyquinoléine est sans action vis-à-vis de la lycomarasmine. Le problème de la thérapeutique interne des maladies de flétrissement est donc vraisemblablement très compliqué.

TABLEAU II. — *Le synergisme entre l'acide fusarique et le sulfate d'oxyquinoléine.*

Toxine.	Concentration molaire.	Dose administrée en mg : kg de plante fraîche.	Intensité moyenne des dommages sur tiges.	Intensité moyenne des dommages sur feuilles.
Acide fusarique	$2,5.10^{-3}$	150	0,0	2,2
Sulfate neutre d'oxyquinoléine	$5,0.10^{-4}$	65	0,0	0,0
Acide fusarique (*)	$2,5.10^{-3}$	150	2,1	2,0
Sulfate neutre d'oxyquinoléine (*)...	$5,0.10^{-4}$	65		

(*) Administrés simultanément.

M. **Georges Poivilliers** présente à l'Académie, au nom de l'Institut Géographique National dont le général Hurault est le directeur, l'Ouvrage :

La Nouvelle Carte de France au 1/20 000 (*son utilité, son exécution*).

Dans cet Ouvrage, qui fait partie des publications techniques de l'Institut Géographique National (I. G. N.), le général Hurault s'est proposé de faire connaître les travaux que l'Institut Géographique National exécute actuellement dans la métropole et auxquels il consacre une part importante de ses efforts. L'œuvre accomplie dans les autres territoires de l'Union française doit faire l'objet d'une publication ultérieure.

Dans la France métropolitaine l'I. G. N. poursuit deux missions principales :

d'une part il dresse et publie la *Nouvelle Carte de France* au 1/20 000 ainsi que les Cartes qui en dérivent au 1/50 000 et au 1/10 000;

d'autre part il effectue la *Nouvelle Triangulation de la France* et le *Réseau de Nivellement de précision*, qui servent de « canevas » non seulement à la nouvelle Carte, mais aux levés à grande échelle de tous les services publics, en particulier du cadastre.

L'Ouvrage montre la nécessité impérieuse de disposer d'une nouvelle Carte de France dans les délais les plus restreints, la Carte au 1/80 000 qui date de plus d'un siècle ne correspondant plus aux besoins actuels de la Nation.

Il donne les raisons qui ont conduit à l'exécution de la Nouvelle Triangulation de la France et du Nouveau Réseau de Nivellement.

Il montre ensuite les modalités d'exécution de ces travaux.

Puis il renseigne sur les procédés modernes de levé de la Carte, basés entièrement sur la restitution de photographies aériennes et montre l'importance de ces nouvelles méthodes photogrammétriques. Celles-ci permettent d'obtenir beaucoup plus rapidement et à moindre frais des levés supérieurs à ceux obtenus par mesures directes sur le terrain; ceci à la fois en ce qui concerne la précision, le rendu des caractères morphologiques, le nombre et l'exactitude des détails planimétriques.

Il donne enfin un aperçu des méthodes modernes utilisées pour l'édition de la nouvelle Carte.

M. Poivilliers illustre la présentation de l'Ouvrage par des projections et par une exposition de diverses Cartes. Il présente en particulier les deux premières feuilles au 1/10 000 du massif du Mont-Blanc, édition remarquable en 11 couleurs et un fragment de la région correspondante du plan en relief de ce massif.

M. **Jacques Duclaux** fait hommage à l'Académie d'une collection de fascicules et de tirages à part concernant son œuvre scientifique.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Paul Montel** :

Pierre Sergescu. *Coup d'œil sur les origines de la science exacte moderne*.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la place de Membre titulaire, au titre de l'Académie des sciences, vacante au Bureau des Longitudes par le décès de M. *Aimé Cotton*, pour la première ligne, M. *Jean Cabannes* obtient 57 suffrages contre 1 à M. *Louis Leprince-Ringuet*; il y a 1 bulletin blanc et 2 bulletins nuls.

Pour la seconde ligne, M. *Louis Leprince-Ringuet* obtient 45 suffrages contre 5 à M. *Albert Pérard* et un à M. *Jean Chazy*; il y a 5 bulletins blancs.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne.................. M. **Jean Cabannes**.
En seconde ligne .... M. **Louis Leprince-Ringuet**.

Dans la formation d'une liste de candidats à la place de Membre titulaire astronome vacante au Bureau des Longitudes par le décès de M. *Élie Cartan*,

pour la première ligne, M. *Jean Chazy* obtient 48 suffrages contre 8 à M. *Bernard Lyot*; il y a 2 bulletins blancs.

Pour la seconde ligne, M. *Bernard Lyot* obtient 50 suffrages; il y a 2 bulletins nuls.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne................. M. **Jean Chazy**.
En seconde ligne.................. M. **Bernard Lyot**.

CORRESPONDANCE.

L'Académie est informée de la réunion du **IIIe Congrès autrichien de mathématiques** qui se tiendra à Salzburg, du 9 au 14 septembre 1952.

M. **Pierre Étienne** adresse à l'Académie, pour ses Archives, deux Cahiers manuscrits de son aïeul, **François Massieu**, contenant diverses études intéressant la théorie mécanique de la chaleur et la thermodynamique.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Le livre de raison du Marquis de Dolomieu ou la famille de Déodat de Dolomieu, par André Denier.

ALGÈBRE. — *Éléments résiduels dans les demi-treillis additifs.* Note de M. **Karl Egil Aubert**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Nous poursuivons ici l'étude des demi-treillis additifs commencée dans une Note antérieure N_1 (1). Correspondant à la notion de classe résiduelle dans la théorie des groupes, nous introduirons ici la notion d'élément résiduel dans un demi-treillis additif. Nous n'étudierons que des propriétés des éléments résiduels qui sont relatives aux opérations de l'intersection et de l'union.

Ajoutons d'abord quelques remarques sur la position de l'élément neutre dans un demi-treillis unitaire. D'après le théorème 5 de N_1 l'élément neutre peut appartenir à trois catégories d'éléments de L : 1. O peut être un atome; 2. O peut être un plus petit élément de L; 3. O peut être un élément minimal sans être un plus petit élément. Ces trois possibilités sont précisément réalisées par les trois exemples 1, 2, 3 de la Note N_1.

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 30.

Appelons un élément *non négatif* s'il n'est pas strictement contenu dans O. Le seul élément non négatif qui peut se présenter est le plus petit élément dans le cas où O est un atome. Un élément non trivial est toujours non négatif, mais un élément non négatif n'est pas toujours non trivial. Ce que montre le cas 2 ci-dessus. Pour la théorie des éléments résiduels, la notion d'élément non négatif convient mieux que celle d'élément non trivial. C'est pourquoi nous poserons la définition suivante :

Définition. — L'élément a d'un demi-treillis additif L est appelé *élément résiduel à droite* (*à gauche*) modulo le $\mathfrak{G}$— élément g, s'il n'existe aucun élément non négatif $b \in$ L tel que $g+b \subset g+a$ (²) ($b+g \subset a+g$). Si a et b sont des éléments résiduels à droite (à gauche) tels que $g+a=g+b$ ($a+g=b+g$), nous dirons que a et b sont congrus à droite (à gauche) modulo g et nous écrirons $a \equiv_d b \pmod{g}$ [$a \equiv_g b \pmod{g}$].

Exemples. — Cette définition est évidemment suggérée par la notion de classe résiduelle, ou plutôt de sous-ensemble d'une classe résiduelle, dans la théorie des groupes. En effet les éléments résiduels à droite (à gauche) mod g dans nos exemples 1 et 3 sont les sous-ensembles non vides (³) des classes résiduelles à droite (à gauche) modulo le sous-groupe g. Dans les exemples 2, 4 et 5 les éléments résiduels à droite (à gauche) mod g sont les éléments contenus dans g. Donnons d'abord deux lemmes :

LEMME 1. — *g étant un $\mathfrak{G}$— élément dans un demi-treillis additif* L, *$a \not\subseteq g$ entraîne $a+g \not\subseteq g$. Si* L *est de plus unitaire $a \not\subseteq g$ entraîne aussi $g+a \not\subseteq g$.*

LEMME 2. — *g étant un $\mathfrak{G}$— élément dans un demi-treillis additif associatif et unitaire, nous avons $g=g+g_1=g_1+g$ pour chaque élément non négatif g_1 contenu dans g.*

De ces deux lemmes résulte :

THÉORÈME 1. — *Dans un demi-treillis associatif et unitaire, le $\mathfrak{G}$-élément g est élément résiduel à droite et à gauche modulo g.*

THÉORÈME 2. — *Si a est un élément résiduel à droite* (*à gauche*) mod g, *chaque élément contenu dans a est aussi résiduel* mod g.

En particulier l'élément neutre et un élément négatif sont résiduels mod g pour tout $\mathfrak{G}$-élément g. Si l'élément neutre est un atome (élément minimal) les atomes (éléments minimaux) peuvent être caractérisés comme les éléments non négatifs qui sont résiduels à droite ou à gauche modulo O.

Notons aussi la situation dans un $\mathfrak{G}$-demi-treillis :

THÉORÈME 3. — *Dans un $\mathfrak{G}$-demi-treillis les éléments résiduels à droite* (*à gauche*) mod g *sont tous les éléments contenus dans g.*

Mais cette propriété ne caractérise pas les $\mathfrak{G}$-demi-treillis ce que montre notre

(²) $\subset$ est le signe de l'inclusion stricte.

(³) Dans l'exemple 1, l'ensemble vide est aussi un élément résiduel à droite et à gauche mod g.

exemple 5 dans N_1. Une propriété fondamentale des éléments résiduels relative à l'opération de l'intersection est donnée par le théorème suivant :

THÉORÈME 4. — *Soient a et b des éléments résiduels à droite (à gauche) dans un demi-treillis additif avec un plus petit élément* o. *Si* $a \cap b$ *existe et si* $a \not\equiv_d b (\bmod g) [a \not\equiv_g b (\bmod g)]$ *pour un certain* 𝔊*-élément g, a et b sont disjoints, c'est-à-dire* $a \cap b = 0$.

COROLLAIRE. — *Dans un demi-treillis unitaire* L, *l'existence de l'intersection de deux éléments résiduels incongrus modulo un certain* 𝔊*-élément, entraîne que* L *possède un plus petit élément et que l'élément neutre est un atome.*

Passons maintenant à l'étude des propriétés des éléments résiduels qui sont relatives à l'opération de l'union. D'abord on constate :

THÉORÈME 5. — *Soit* $(a_i)_{i \in I}$ *une famille d'éléments résiduels à droite (à gauche) modulo g dans un demi-treillis additif complet où l'addition est complètement distributive par rapport à l'union. Si* $a_i \equiv b (\bmod g)$ *pour tout* $i \in I$ *nous avons aussi* $\bigcup_{i \in I} a_i \equiv b (\bmod g)$.

COROLLAIRE. — *Parmi les éléments résiduels à droite (à gauche) congrus à un élément résiduel à droite (à gauche) mod g, il existe un plus grand élément que nous appellerons élément résiduel principal à droite (à gauche) mod g.*

On voit que deux éléments résiduels principaux sont soit identiques soit disjoints. Ceci montre que la propriété fondamentale des classes résiduelles relative à l'opération de l'intersection dans la théorie des groupes se traduit dans la théorie des demi-treillis additifs. Les classes résiduelles dans un groupe possèdent une deuxième propriété fondamentale, propriété relative à l'opération de l'union : Chaque groupe est une réunion des classes résiduelles à droite (à gauche) suivant un sous-groupe arbitrairement choisi. Cette propriété n'a pas d'analogie dans un demi-treillis additif général ce que montre l'exemple des 𝔊-demi-treillis. Nous avons cependant le théorème suivant :

THÉORÈME 6. — *Soit* L *un demi-treillis additif qui est complet, complètement distributif et qui possède un plus petit élément. Si g et h sont des* 𝔊*-éléments de* L *tels que* $g \subseteq h$ *et si h est contenu dans une réunion d'éléments résiduels principaux à droite (à gauche) mod g, h est aussi égal à une telle réunion.*

ALGÈBRE. — *Sur un théorème de M. Ostrowski.*

Note de M. **MAURICE PARODI**, présentée par M. Henri Villat.

M. A. Ostrowski, dans un travail récent [1], a établi la proposition suivante : Soit $A = (a_{\mu\nu})$ une matrice d'ordre n telle que

$$|a_{\mu\nu}| \leqq m, \ (\mu > \nu), \qquad |a_{\mu\nu}| \leqq M, \ (\mu < \nu).$$

---

[1] *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1558.

En supposant $0 < m < M$ et en posant

$$\delta(m, M) = \frac{M m^{\frac{1}{n}} - m M^{\frac{1}{n}}}{M^{\frac{1}{n}} - m^{\frac{1}{n}}},$$

les valeurs caractéristiques de A sont situées dans le domaine limité par les n circonférences C_μ ayant pour centres les points $a_{\mu\mu}(\mu = 1, 2, \ldots, n)$ et pour rayon commun $\delta(m, M)$.

Nous nous proposons de montrer que si l'une quelconque des n circonférences C_μ précédentes n'a aucun point commun avec les $n-1$ autres, elle contient une et une seule valeur caractéristique de A.

Soit donc une matrice $A = (a_{\mu\nu})$ et m, $M(m < M)$ ainsi que $\delta(m, M)$ les grandeurs définies par M. Ostrowski que l'on peut lui associer. Supposons que le cercle C_k correspondant au coefficient a_{kk} n'ait aucun point commun avec les $n-1$ autres circonférences $C_\mu(\mu \neq k, \mu = 1, 2, \ldots, n)$; nous allons montrer que le cercle C_k renferme une et une seule valeur caractéristique de A.

Considérons la matrice $B = (b_{\mu\nu})$ d'ordre n, dont les éléments sont définis de la manière suivante :

$$b_{\mu\nu} = a_{\mu\nu} t (\mu > \nu), \qquad b_{\mu\nu} = a_{\mu\nu} (\mu \leqq \nu),$$

t étant une variable réelle pouvant varier de zéro à un.

Pour $t = 0$, les valeurs caractéristiques de B sont $a_{\mu\mu}(\mu = 1, 2, \ldots, n)$.

Faisons maintenant varier t de façon continue de zéro à un. Les éléments de $B(t)$ ainsi que les coefficients de son équation caractéristique varient d'une manière continue, donc également ses valeurs caractéristiques, chacune de ces dernières se déplaçant sur une courbe continue allant d'un point $a_{\mu\mu}$ à un point $z_\mu(\mu = 1, 2, \ldots, n)$, ce dernier représentant une valeur caractéristique de A (obtenue en faisant $t = 1$ dans B).

Quelle que soit la valeur de t dans l'intervalle fermé $(0, 1)$, on a

$$|b_{\mu\nu}| \leqq m(\mu > \nu), \qquad |b_{\mu\nu}| \leqq M(\mu < \nu)$$

avec $m < M$: quel que soit le choix de t dans l'intervalle précédent, $\delta(m, M)$ conserve la même valeur. Ainsi les valeurs caractéristiques de $B(t)$ se trouvent toujours dans le domaine limité par le cercle C_k et celui constitué par les $n-1$ autres circonférences $C_\mu(\mu \neq k, \mu = 1, 2, \ldots, n)$; il s'ensuit que chacune des courbes joignant $a_{\mu\mu}$ à $z_\mu(\mu \neq k)$ doit rester extérieure à la circonférence C_k alors que la courbe joignant a_{kk} à z_k demeure dans C_k.

Ainsi la circonférence C_k contient une et une seule valeur caractéristique de A.

La propriété que nous venons d'énoncer comporte deux corollaires :

1° Si les coefficients du polynome caractéristique de A sont réels ainsi que a_{kk}, la valeur caractéristique située dans C_k est réelle.

2° Si les n circonférences C_μ n'ont aucun point commun et si le polynome caractéristique de A est à coefficients réels ainsi que les $a_{\mu\mu}$, chacune des circonférences renferme une valeur caractéristique de A et cette valeur caractéristique est réelle.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Variétés kählériennes et espaces fibrés*, Note de M. **André Blanchard**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Cette Note fait suite, dans une certaine mesure, à une Note publiée antérieurement [1]. Les mêmes notations seront employées. On utilisera de plus le fait que si V est une variété analytique complexe compacte, le groupe $A^0(V)$ est un groupe de Lie complexe dont l'algèbre de Lie est réalisée par l'ensemble des champs de vecteurs analytiques complexes sur V [2].

1. *Généralités.* — Un espace fibré analytique complexe principal, de base B, de fibre T quotient de C^n par un groupe discret g, peut se définir par des cartes locales U_i de B, et des fonctions f_{ij} à valeurs dans T, définies sur $U_i \cap U_j$ et telles que $f_{ij}+f_{jk}+f_{ki}=0$. Une section analytique est alors définie (si elle existe) par des fonctions g_i à valeurs dans T, définies sur U_i et telles que $g_j-g_i=f_{ij}$. De même, si X est un champ de vecteurs défini sur B, on peut le remonter dans E s'il y a des g_i telles que $g_j-g_i=df_{ij}(X)$; plus généralement il y a une connexion analytique invariante par T s'il y a des formes différentielles h_i à valeurs dans C^n, définies sur U_i, et telles que $h_j-h_i=df_{ij}$. Dans le cas où il existe une connexion analytique invariante, tout champ de vecteurs analytique sur B se remonte dans E; si de plus E est compact, cela signifie que l'homomorphisme $A^0(E)\to A^0(B)$ est *sur*, car les champs de vecteurs sur E (resp. B) sont les transformations infinitésimales de $A^0(E)$ [resp. $A^0(B)$]. La réciproque n'est pas vraie, comme il résulte du théorème 2 qui suit (appliqué à la variété de Hopf).

Si la base B est kählérienne compacte et si X est un champ partout défini sur B, les $df_{ij}(X)$ définissent un espace fibré de fibre C^n; si de plus le premier nombre de Betti de B est nul, cet espace est trivial, ce qui signifie que tout champ de B se remonte dans E. D'où :

Théorème 1. — *Si* E *est un espace fibré analytique complexe principal de fibre un tore complexe* T, *de base une variété kählérienne compacte* B *dont le premier nombre de Betti est nul, l'homomorphisme* $A^0(E)\to A^0(B)$ *est sur.*

2° *Condition d'existence d'une connexion analytique invariante.* — La base B est supposée kählérienne compacte. On peut toujours définir une connexion dffiérentiable par des formes h_i. On sait que la forme $-dh_i$, qui est définie

(1) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1337.

(2) S. Bochner et D. Montgomery, *Ann. of math.*, **48**, 1947, p. 659-669.

partout, est l'obstruction topologique, à coefficients dans C^n, de la fibration : c'est un cocycle qui applique les classes d'homologie entières de B dans le groupe g des périodes de T. On sait que l'on peut choisir les h_i harmoniques et de type (1, 0), dh_i est alors en général une forme qui contient un terme de type (2, 0) et un terme de type (1, 1). Dire que la connexion définie par les h_i est analytique, c'est dire que les h_i sont holomorphes, et pour cela il faut et il suffit que le terme de type (1, 1) de dh_i soit nul. D'où :

THÉORÈME 2. — *Si* E *est un espace fibré analytique complexe principal de fibre un groupe abélien* T, *de base une variété kählérienne* B *compacte, la condition nécessaire et suffisante pour qu'il existe une connexion analytique invariante est que l'obstruction topologique de la fibration soit une classe de type* (2, 0).

Remarque. — Si la fibre T est un tore complexe, toute connexion analytique est nécessairement invariante.

3. *Espaces fibrés kählériens.* — Soit E un espace fibré analytique principal de fibre T, de base B kählérienne; et supposons de plus qu'il existe une connexion intégrable, c'est-à-dire définie par des formes h_i fermées (c'est le cas lorsque l'obstruction à coefficients réels est nulle). Cette connexion définit des sections locales au-dessus de chaque U_i, qui diffèrent d'une translation au-dessus de $U_i \cap U_j$. En choisissant une métrique kählérienne sur T, et en prenant au-dessus de U_i la métrique produit de celle de U_i et de celle de T, [on identifie $p^{-1}(U_i)$ à $U_i \times T$ au moyen des sections locales précédentes], on obtient sur E une métrique kählérienne indépendante de la carte utilisée.

Réciproquement soit E fibré par un tore T, de base B, supposons qu'il existe une métrique kählérienne sur E, les translatées de cette métrique par les éléments de T opérant dans E sont aussi des métriques kählériennes sur E, et la métrique définie par le ds^2 dont la valeur est la moyenne des ds^2 des métriques précédentes, est une métrique kählérienne sur E, invariante par T. Les sous-espaces tangents orthogonaux à la fibre en chaque point définissent une connexion invariante, c'est-à-dire des formes h_i vérifiant les relations nécessaires pour cela. Soit z_i la coordonnée-fibre valable au-dessus de U_i; le ds^2 que l'on vient de construire peut s'écrire, en choisissant une base de C^n :

$$\sum_\alpha \omega_\alpha \cdot \bar{\omega}_\alpha + \sum_{rs} a_{rs}(dz_{i,r} - h_{i,r})(d\bar{z}_{i,s} - \bar{h}_{i,s}),$$

où a_{rs} est une fonction de point sur la base B, et les ω_α des formes sur la base. En écrivant la condition pour que ce ds^2 soit kählérien, on est conduit d'abord à $da_{rs} = 0$, car $da_{rs} \wedge dz_{i,r} \wedge d\bar{z}_{i,s}$ est le seul terme en $dz_{i,r} \wedge d\bar{z}_{i,s}$ et a_{rs} est déjà constant sur les fibres; on est conduit ensuite à $dh_{i,r} = 0$, ce qui signifie que la connexion est intégrable; il reste enfin la condition exprimant que $\sum_\alpha \omega_\alpha \cdot \bar{\omega}_\alpha$ définit une métrique kählérienne sur B. D'où :

THÉORÈME 3. — *La condition nécessaire et suffisante pour qu'un espace fibré* E *principal de fibre un tore complexe* T, *de base* B *soit kählérien, est que la base* B *soit kählérienne et qu'il existe dans* E *une connexion intégrable.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Fonctions harmoniques et classification des surfaces de Riemann.* Note de M. **Michel Parreau** présentée par M. Paul Montel.

Étude des fonctions harmoniques u telles que $\varphi(|u|)$ ait une majorante harmonique, pour φ croissante et convexe. Si $\lim_{t\to+\infty}[\varphi(t)/t]=+\infty$, l'existence d'une fonction u non constante ayant la propriété indiquée équivaut à celle d'une fonction harmonique bornée non constante.

1. Pour la classification des surfaces de Riemann, on prend en général comme critère l'existence ou la non-existence de fonctions harmoniques ou analytiques appartenant à certaines catégories. Dans une Note précédente ([1]), dont je conserverai les notations, j'ai utilisé à cet effet la classe (HM_α) des fonctions harmoniques « à moyennes d'ordre α bornées ». Plus généralement, si $\varphi(t)$ est une fonction croissante et convexe de la variable réelle positive t, telle que $\lim_{t\to+\infty}\varphi(t)=+\infty$, on peut considérer avec M. R. Nevanlinna ([2]) la classe (HM_φ) des fonctions harmoniques u telles que $\varphi(|u|)$ ait une majorante harmonique; (HM_α) correspond à la fonction $\varphi(t)=t^\alpha$ (α est supposé $\geqq 1$). Nous appellerons $\mathcal{C}_{HM_\varphi}$ la classe des surfaces de Riemann pour lesquelles (HM_φ) se réduit aux constantes.

Quelle que soit φ, on a $(HM_\varphi)\subset(HM_1)$, car $\varphi(|u|)\leqq U$ implique $|u|\leqq\overset{-1}{\varphi}(U)$, et cette dernière fonction est surharmonique lorsque U est harmonique. On peut donc toujours supposer que les fonctions qui interviennent dans la définition des classes $\mathcal{C}_{HM_\varphi}$ sont positives.

2. Théorème 1. — *Si l'on a*

$$\text{(1)}\qquad \lim_{t\to+\infty}\frac{\varphi(t)}{t}<+\infty,\qquad \mathcal{C}_{HM_\varphi}=\mathcal{C}_{MH_1};$$

si, au contraire,

$$\text{(2)}\qquad \lim_{t\to+\infty}\frac{\varphi(t)}{t}=+\infty,\qquad \mathcal{C}_{HM_\varphi}=\mathcal{C}_{HB}.$$

La première assertion est évidente. La seconde résulte du lemme suivant :

Lemme. — *Soit, sur une surface de Riemann* S, *un domaine* D *dont la frontière* C *consiste en un ensemble localement fini de courbes régulières. S'il existe*

([1]) M. Parreau, *Comptes rendus,* **231**, 1950, p. 679.

([2]) *Math. Nachr.,* 4, 1950, p. 489.

dans D *une fonction harmonique u s'annulant sur* C *et telle que* $\varphi(|u|)$ *admette une majorante harmonique pour une fonction* φ *vérifiant* (2), D *est hyperbolique.*

Soit (S_n) une exhaustion de S, Γ_n la frontière de S_n, ω_n la mesure harmonique de $\Gamma_n \cap D$ par rapport à $S_n \cap D$. Si U est la plus petite majorante harmonique de $\varphi(|u|)$, on a, d'après l'inégalité de Jensen,

$$\varphi\left[\frac{|u(a)|}{\omega_n(a)}\right] \leq \frac{U(a)}{\omega_n(a)}, \quad \text{pour tout } a \in S_n \cap D,$$

de sorte que $\omega_n(a)$ reste supérieur à un nombre strictement positif.

S'il existe alors sur une surface de Riemann S une fonction $u \in (HM_\varphi)$ et non constante, on peut trouver sur S deux domaines hyperboliques sans point commun : donc $S \notin \mathcal{C}_{HB}$ (3).

En particulier, $\mathcal{C}_{HM_\alpha} = \mathcal{C}_{HB}$ pour $\alpha > 1$.

3. *Fonctions harmoniques quasi bornées et représentation intégrale de Martin.* — Il est facile de voir que (HM_1) est un espace de Riesz complètement réticulé (4). Cela nous amène à poser :

Définition. — Nous dirons qu'une fonction harmonique u est quasi bornée (resp. singulière) si elle appartient à la « famille complète » engendrée par 1 (resp. si elle est disjointe de tout élément de cette famille) ou, ce qui revient au même, si elle est la limite d'une suite croissante de fonctions harmoniques bornées [resp. si $\inf(u, 1)$ a sa plus grande minorante harmonique nulle].

Un théorème connu de F. Riesz nous donne alors :

Théorème 2. — *Toute fonction harmonique positive se décompose d'une seule manière en la somme d'une fonction harmonique positive quasi bornée et d'une fonction harmonique positive singulière.*

Soit maintenant S une surface de Riemann hyperbolique, dont $g(p, q)$ est la fonction de Green, et soit Γ sa frontière de Martin [dont les éléments-frontière sont définis par les fonctions $K(p, s)$ limites de $g(p, q)/g(a, q)$ quand q « s'éloigne à l'infini » sur S]. R. S. Martin a montré (5) que toute fonction u harmonique positive sur S admet une représentation intégrale et une seule de la forme $u(p) = \int_\Gamma K(p, s)\, d\mu(s)$, où μ est une mesure de Radon sur Γ *canonique* (c'est-à-dire ne chargeant que l'ensemble des points minimaux). Soit ν_0 la mesure canonique ainsi associée à la fonction 1. Le théorème de Lebesgue-Nikodym nous permet alors d'énoncer :

Théorème 3. — *Pour qu'une fonction harmonique positive soit quasi bor-*

---

(3) *Cf.* R. Bader et M. Parreau, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 138, théorème 1.

(4) *Cf.* F. Riesz, *Ann. Math.*, 41, 1940, p. 174 et J. Dieudonné, *Ann. Math.*, 42, 1941, p. 547, et *Bull. Soc. Math. France*, 72, 1944, p. 193.

(5) *Trans. Amer. Math. Soc.*, 49, 1941, p. 137. *Voir* aussi J. Deny, *Rev. Scient.*, 1947, n° 2, p. 866.

née, il faut et il suffit que sa représentation canonique soit de la forme $\int_\Gamma K(p, s) f(s)\, d\nu_0(s)$, *$f$ étant une fonction ν_0-sommable sur* Γ.

4. Les notions et les théorèmes précédents s'étendent aux différences de fonctions harmoniques positives, en particulier aux fonctions des classes (HM_φ).

THÉORÈME 4. — *Si $u \in (HM_\varphi)$, pour une fonction φ vérifiant* (2), *elle est quasi bornée et la plus petite majorante harmonique* U *de* $\varphi(|u|)$ *l'est également. Si* $u = \int_\Gamma K(p, s) f(s)\, d\nu_0(s)$, *on a* $U = \int_\Gamma K(p, s) \varphi[|f(s)|]\, d\nu_0(s)$.

Ici encore il suffit d'envisager le cas de u positive. La première partie résulte du lemme du paragraphe 2, qui montre que toute fonction positive de (HM_φ) a une minorante harmonique comprise au sens strict entre 0 et 1, dès qu'elle n'est pas nulle. D'autre part, si (x_n) est un ensemble dénombrable partout dense sur l'axe réel positif, et si $y = \lambda_n x + \mu_n$ est une droite d'appui de la courbe $y = \varphi(x)$ au point $[x_n, \varphi(x_n)]$, U est la borne supérieure, dans l'espace de Riesz (HM_1), des fonctions $\lambda_n u + \mu_n$, alors que $\varphi(f)\, d\nu_0$ est celle des mesures $(\lambda_n f + \mu_n)\, d\nu_0$.

COROLLAIRE. — *La fonction noyau associée à la norme quadratique* $m_2(u)$ [*cf.* ([3])] *est*

$$k(p, q) = \int_\Gamma K(p, s)\, K(q, s)\, d\nu_0(s).$$

TOPOLOGIE. — *Espaces fibrés et groupes d'homotopie.* I. *Constructions générales.* Note de MM. **HENRI CARTAN** et **JEAN-PIERRE SERRE**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Construction d'espaces fibrés ([1]) permettant de « tuer » le groupe d'homotopie $\pi_n(X)$ d'un espace X dont les $\pi_i(X)$ sont nuls pour $i < n$. Cette méthode généralise celle qui consiste, pour $n = 1$, lorsque X est connexe, à « tuer » le groupe fondamental $\pi_1(X)$ en passant au revêtement universel de X.

1. Soient X un espace connexe par arcs, $x \in X$, $\mathfrak{S}(X)$ le complexe singulier de X. Pour tout entier $q \geq 1$, soit $\mathfrak{S}(X; x, q)$ le sous-complexe engendré par les simplexes dont les $(q-1)$-faces sont en x. Les groupes d'homologie (resp. cohomologie) de $\mathfrak{S}(X; x, q)$ à coefficients dans G sont les *groupes d'Eilenberg* ([2]) de l'espace X en x; on les notera $H_i(X; x, q, G)$, resp. $H^i(X; x, q, G)$. Ils forment des systèmes locaux. Rappelons ([2]) que $\pi_q(X; x) \approx H_q(X; x, q, Z)$ pour $q \geq 2$.

Définition. — Un espace Y, muni d'une application continue f de Y dans X,

---

([1]) L'expression « espace fibré » est prise dans le sens général défini par Serre (*Ann. of Math.*, 54, 1951, p. 425-505). Ce Mémoire sera désigné par [S].

([2]) *Ann. of Math.*, 45, 1944, p. 407-447; *voir* § 32.

tue les groupes d'homotopie $\pi_i(X)$ pour $i \leqq n (n \geqq 1)$ si $\pi_i(Y) = 0$ pour $i \leqq n$ et si f définit un isomorphisme de $\pi_i(Y)$ sur $\pi_i(X)$ pour $i > n$.

Théorème 1. — *Si un espace* Y *tue les* $\pi_i(X)$ *pour* $i \leqq n$, *les groupes d'homologie* $H_j(Y)$ *sont isomorphes aux groupes d'Eilenberg* $H_j(X; x, n+1)$; *de même pour la cohomologie.*

Cela résulte du :

Lemme 1. — *Si une application f d'un* Y *dans un* X *applique* $y \in Y$ *en* $x \in X$ *et définit, pour tout* $i > n$, *un isomorphisme* $\pi_i(Y; y) \approx \pi_i(X; x)$, *l'homomorphisme* $\mathcal{S}(Y; y, n+1) \to \mathcal{S}(X; x, n+1)$ *défini par f est une chaîne-équivalence.* (*En considérant le « mapping cylinder » de f, on se ramène au cas où* Y *est plongé dans* X; *le lemme s'obtient alors par un procédé standard de déformation.*)

Le théorème 1 justifie la notation $(X, n+1)$ pour n'importe quel espace qui tue les $\pi_i(X)$ pour $i \leqq n$.

2. Théorème 2. — *A tout* X *connexe par arcs, on peut associer une suite d'espaces* (X, n) [où $n = 1, 2, \ldots$ et $(X, 1) = X$] *et d'applications continues* f_n : $(X, n+1) \to (X, n)$, *de manière que* $(X, n+1)$ *tue les* $\pi_i(X, n)$ *pour* $i \leqq n$, *et que :*

(I) *l'application* f_n *munisse* $(X, n+1)$ *d'une structure d'espace fibré* (¹) *de base* (X, n), *ayant pour fibre un espace* $\mathcal{K}[\pi_n(X), n-1]$(³);

(II) *il existe un espace* X'_n *de même type d'homotopie que* (X, n), *et une fibration de* X'_n, *de fibre* $(X, n+1)$, *ayant pour base un* $\mathcal{K}[\pi_n(X), n]$.

Il suffira de dire comment $(X, n+1)$, f_n et X'_n se construisent à partir de (X, n). On utilise d'abord deux lemmes, déjà employés par certains auteurs (⁴) :

Lemme 2. — *Étant donné un espace connexe* A *et un entier* $k \geqq 1$, *on peut plonger* A *dans un espace* U *de manière que* $\pi_i(A) \to \pi_i(U)$ *soit un isomorphisme* (*sur*) *pour* $i < k$, *et* $\pi_k(U) = 0$. [*Pour tout* $\alpha \in \pi_k(A)$ *on choisit un représentant* $g_\alpha : S_\alpha \to A$, *où* S_α *est une sphère de dimension* k, *frontière d'une boule* E_α *de dimension* $k+1$; *on « attache » à* A *les boules* E_α *au moyen des applications* g_α].

Lemme 3. — *Étant donné un espace* A *tel que* $\pi_i(A) = 0$ *pour* $i < n$, *on peut plonger* A *dans un espace* V *de manière que* $\pi_n(A) \to \pi_n(V)$ *soit un isomorphisme sur, et* $\pi_i(V) = 0$ *pour* $i \neq n$. (*Se déduit du lemme* 2 *par itération, en prenant l'espace-réunion.*)

Constructions. — Étant donné une application continue φ d'un espace A dans un $V = \mathcal{K}(\pi, n)$, soit A′ l'espace des couples (a, ω) où $a \in A$ et ω est un

(³) Rappelons (*cf.* Eilenberg-MacLane, *Ann. of Math.*, 46, 1945, p. 480-509, § 17; *ibid.*, 51, 1950, p. 514-533) que si un espace V satisfait à $\pi_i(V) = 0$ pour tout $i \neq n$, $\pi_n(V) = \pi$, le complexe $\mathcal{S}(V)$ a même type d'homotopie qu'un complexe $K(\pi, n)$ explicité par ces auteurs, et qui dépend seulement de n et du groupe π (abélien si $n \geqq 2$). D'un tel espace V, nous dirons que c'est un espace $\mathcal{K}(\pi, n)$; ses groupes d'homologie $H_i(\pi; n)$ (resp. de cohomologie) sont les *groupes d'Eilenberg-MacLane* du groupe π, pour l'entier n.

(⁴) *Voir*, par exemple, J. H. C. Whitehead, *Ann. of Math.*, 50, 1949, p. 261-263.

chemin ([5]) de V d'extrémité $\varphi(a)$; A' se rétracte sur A, identifié à l'espace des couples (a, ω) tels que ω soit ponctuel en $\varphi(a)$. L'application g qui, à (a, ω), associe l'origine de ω, définit A' comme espace fibré de base V. Soit B la fibre au-dessus de $\varphi(a_0)(a_0$, point fixé de A); l'application f qui, à (a, ω), associe a, définit B comme espace fibré de base A, de fibre l'espace W des lacets sur V, qui est un $\mathcal{K}(\pi, n-1)$.

Appliquons ces constructions à l'espace $A = (X, n)$ supposé déjà obtenu, au groupe $\pi = \pi_n(X)$ et à l'injection φ de A dans V (lemme 3). La suite exacte d'homotopie des espaces fibrés montre que B tue les $\pi_i(A)$ pour $i \leq n$; on peut donc prendre $(X, n+1) = B$, $f_n = f$, $X'_n = A'$, et le théorème 2 est démontré.

3. *Utilisation.* — Chacune des fibrations (I) et (II) définit (pour chaque n) une suite spectrale ([6]). Dans la mesure où l'on connaît les groupes d'Eilenberg-MacLane d'un groupe π donné, on obtient une méthode de calcul (partiel) des groupes d'Eilenberg de X, et notamment des groupes d'homotopie de X.

La méthode utilisée par Hirsch ([7]) pour étudier $\pi_3(X)$ quand $\pi_1(X) = 0$ et que $\pi_2(X)$ est libre de base finie, rentre dans notre méthode générale; elle revient à prendre au-dessus de X une fibre $\mathcal{K}(\pi_2, 1)$ qui est ici un produit de cercles.

En vue des applications, la remarque suivante est utile : l'espace $W = \mathcal{K}[\pi_n(X), n-1]$ opère à gauche dans $B = (X, n+1)$, et par suite chaque $\alpha \in H_i[\pi_n(X), n-1]$ définit un endomorphisme λ_α de la suite spectrale d'homologie de la fibration (I); on démontre que λ_α commute avec toutes les différentielles de cette suite spectrale.

TOPOLOGIE. — *Sur un problème de M. Dieudonné.*
Note de M. **Herman J. Cohen**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Cette Note répond à une question posée par M. Dieudonné, en démontrant l'existence d'un espace normal F tel que le filtre des voisinages de la diagonale dans l'espace $F \times F$ ne constitue pas une structure uniforme. On considère ensuite quelques idées suggérées par ce problème.

1. En introduisant la notion d'espace paracompact, M. J. Dieudonné a démontré ([1]) que la structure universelle d'un tel espace E a, pour filtre des entourages, l'ensemble de tous les voisinages de la diagonale Δ dans l'espace

---

([5]) Pour tout ce qui concerne les espaces de chemins, *voir* [S], Chap. IV.

([6]) Il s'agit de la suite spectrale en homologie (resp. cohomologie) singulière; *voir* [S], Chap. I et II.

([7]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1920.

([1]) *J. de Math. Pures et appliquées*, 23, 1944, p. 65-76, Th. 8.

produit $E \times E$. Il avait montré précédemment que chaque espace uniformisable dont la structure universelle satisfait à cette condition est normal. Il pose dès lors la question suivante ([2]) :

Est-ce que le filtre des entourages de la structure universelle d'un espace normal E comprend toujours tous les voisinages de la diagonale Δ dans $E \times E$?

Certains résultats récents de M. R. H. Bing ([3]) nous permettront de voir que la réponse à cette question est *négative*. Nous démontrons d'abord le théorème suivant :

Théorème 1. — *Soit* E *un espace topologique tel que le filtre* $\mathcal{V}_\Delta$ *des voisinages de la diagonale* Δ *dans* $E \times E$ *constitue le filtre des entourages d'une structure uniforme. L'espace* E *est dès lors « collectionwise normal »* ([3]).

Soit X une famille « discrète » ([3]) de parties $\{A_\alpha\}$ de E. A chaque indice α, faisons correspondre l'ensemble $U_\alpha = \complement\left[\bigcup_{\beta \neq \alpha} \overline{A}_\beta\right]$. Nous formons ainsi un recouvrement ouvert $\mathcal{R}$ de l'espace E. La réunion $V_{\mathcal{R}}$ des ensembles $U_\alpha \times U_\alpha$ est alors un voisinage de la diagonale Δ dans l'espace produit $E \times E$. Il existe donc un voisinage W, ouvert et symétrique, de la diagonale Δ tel que $\overset{2}{W} \subset V_{\mathcal{R}}$. Cela étant, on peut voir que la famille Y des ensembles ouverts $W(A_\alpha)$ remplit les conditions exigées par la définition d'espace « collectionwise normal ».

Ce résultat nous met en mesure de répondre à la question de M. Dieudonné. Puisque M. Bing a donné un exemple d'un espace normal F qui *n'est pas* « collectionwise normal » ([4]), on conclut directement que la réponse à cette question est *négative*.

2. Nous avons considéré, dans ce qui précède, une propriété d'espace topologique formulée au moyen de la notion de structure uniforme. On peut également exprimer cette propriété en utilisant le concept de *recouvrement ouvert*. En effet, nous énonçons le théorème suivant :

Théorème 2. — *Soient* E *un espace topologique quelconque et* $\mathcal{V}_\Delta$ *le filtre des voisinages de la diagonale* Δ *dans l'espace* $E \times E$. *Alors, pour que* $\mathcal{V}_\Delta$ *soit le filtre des entourages d'une structure uniforme, il faut et il suffit que, pour chaque recouvrement ouvert* $\mathcal{R}$ *de* E, *il existe un recouvrement ouvert* $\mathcal{W}$ *de* E *ayant la propriété suivante : Chaque couple* x, y, *contenu dans un même ensemble de* $\mathcal{W}$, *ou bien dans la réunion de deux ensembles de* $\mathcal{W}$ *ayant un point commun, est contenu en même temps dans un ensemble de* $\mathcal{R}$.

Ce théorème nous aidera, d'ailleurs, à traiter la question suivante, suggérée par les résultats du paragraphe 1 : L'espace E étant « *collectionwise* normal » est-ce que le filtre des voisinages de la diagonale dans $E \times E$ constitue le filtre des entourages de la structure universelle de E ?

([2]) *Loc. cit.*, Problème III.

([3]) *Canadian J. of Math.*, 3, 1951, p. 175-186.

([4]) *Loc. cit.*, Exemple G.

On verra que la réponse à cette question est *encore négative*. Voici, en effet, un exemple, communiqué par M. Bing, d'un espace « collectionwise normal » qui ne remplit pas la condition du théorème 2: Soient S l'ensemble des nombres ordinaux de première et de seconde classe, et T l'ensemble formé de S et du premier nombre de troisième classe Ω. On forme de l'ensemble produit $S \times T$ un espace topologique E, de la façon suivante : La partie $S \times S$ aura la topologie discrète, tandis qu'un point (x, Ω) aura, comme système fondamental de voisinages, la famille des ensembles $(y, x] \times (z, \Omega]$, où $y < x$, $z < \Omega$. En considérant quelques propriétés de S (5), on voit facilement que E est « collectionwise normal ».

Considérons cependant le recouvrement ouvert $\mathcal{R}$ de E qui suit : Tout d'abord, un ensemble de $\mathcal{R}$ est la partie $S \times S$ de E. Ensuite, pour chaque $\gamma < \Omega$, l'ensemble de tous les points (α, β), où $\alpha \leqq \gamma$, $\beta > \gamma$, est aussi un élément de $\mathcal{R}$. Maintenant, soit $\mathcal{W}$ un recouvrement ouvert quelconque de E. Il existe un élément (α, Ω) tel que, pour chaque $\beta > \alpha$, on puisse trouver un ensemble de $\mathcal{W}$ contenant les deux points (α, Ω) et (β, Ω) (6). Il existe, d'ailleurs, $\Omega > \gamma > \alpha$, tel qu'un élément de $\mathcal{W}$ contienne (α, Ω) et (α, γ). D'autre part, il n'y a aucun ensemble de $\mathcal{R}$ contenant (α, γ) et (γ, Ω).

Remarquons enfin que le théorème 2 nous ramène au résultat de M. Dieudonné cité au début de cette Note. En effet, un espace paracompact est aussi « fully normal » (7), et satisfait donc à la condition du théorème 2.

MÉCANIQUE. — *Sur l'interaction des oscillations non linéaires.* Note de M. **Nicolas Minorsky**, présentée par M. Henri Beghin.

Le problème de l'interaction des oscillations non linéaires est étudié dans le cas d'une équation différentielle de la forme

$$\ddot{x} + e(x^2 - 1)\dot{x} + [1 + (a - cx^2)\cos 2t]x = 0$$

en comparant les solutions périodiques de cette équation avec celle de van der Pol et celle de Mathieu non linéaire.

Dans la théorie des oscillations, on rencontre une équation différentielle (e. d., pour abréger) de la forme

$$\text{(A)} \qquad \ddot{x} + e(x^2 - 1)\dot{x} + [1 + (a - cx^2)\cos 2t]x = 0,$$

où e, a et c sont des petites constantes du même ordre de grandeur. Pour $a = c = 0$, (A) devient l'e. d. de van der Pol (vdP) et pour $e = 0$, c'est

(5) *Voir* J. Dieudonné, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 145.

(6) Le raisonnement est identique à celui qui est fait dans le n° 3 du Mémoire cité dans la note (5).

(7) *Voir* A. H. Stone, *Bull. Amer. Math. Soc.*, 54, 1948, p. 977-982.

une e. d. non linéaire du genre Mathieu (M). On peut envisager (A) comme représentant un oscillateur qui réunit, en quelque sorte, les deux oscillateurs (vdP) et (M). De cette façon, l'étude des solutions périodiques stables (s. p. s.) de (A) permet de se rendre compte de l'interaction entre les deux oscillateurs en question.

En appliquant le procédé qui a été exposé dans une Note précédente (1), l'e. d. (A) est remplacée par le système

$$(B)\qquad \frac{d\rho}{dt}=\frac{1}{4}\rho[E(4-\rho)+(C\rho-2A)\sin 2\varphi];\qquad \frac{d\varphi}{dt}=\frac{1}{4}(C\rho-A)\cos 2\varphi,$$

où les variables ρ et φ ont la même signification que dans la Note citée. De cette façon, les s. p. s. de (A) correspondent aux points singuliers stables (p. s. s.) de (B). Ces derniers se déterminent par le procédé classique et l'on voit qu'il existe deux genres de p. s., à savoir :

$$(\alpha)\qquad \cos 2\varphi_0=0,$$

ρ_0 étant la racine de la parenthèse carrée de la première équation (B) et

$$(\beta)\qquad \rho_0=\frac{A}{C},\qquad \sin 2\varphi_0=E\frac{4C-A}{AC}.$$

Les équations aux variations de (B) se résument dans l'équation en S de la forme $S^2+MS+N=0$, ou $M=(1/2)E(\rho-2)$ et

$$N=-\frac{1}{2}\left[E(2-\rho_0)(C\rho_0-A)\sin 2\varphi_0+(C\rho_0-A)^2\sin^2 2\varphi_0+\frac{1}{2}C\rho_0(C\rho_0-2A)^2\cos^2 2\varphi_0\right].$$

Les conditions de stabilité du p. s. du genre (α) exigent $M>0$, $N>0$ en y ajoutant une condition nécessaire $\rho_0>0$. Selon le signe des constantes A et C ainsi que celui de $\sin 2\varphi_0$, on a quatre cas avec les conditions suivantes :

$$(I)\qquad \rho_0=2\frac{2E-A}{E-C};\qquad E>C;\qquad E>\frac{AC}{4C-A};$$

$$(II)\qquad \rho_0=2\frac{2E+A}{E+C};\qquad E>\frac{A}{A-4C};$$

$$(III)\qquad \rho_0=2\frac{2E+A}{E-C};\qquad E>C.$$

Le cas IV ne présente pas d'intérêt, étant instable. Le p. s. (β) a lieu soit pour $E<AC(A-4C)$ si $A>4C$, soit pour $E<AC(4C-A)$, si $4C>A$. Ce p. s. n'existe que dans le cas où $A<0$, $C<0$.

Comme $\rho=x^2+\dot{x}^2$ peut être envisagé comme l'énergie de l'oscillateur (A), les formules précédentes peuvent être interprétées du point de vue de l'interaction ayant lieu entre les oscillateurs composants (vdP) et (M). On voit

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2179.

ainsi que si le p. s. (β) existe seul, l'oscillation (vdP) est étouffée et il reste l'oscillation (M) seulement.

Les résultats précédents peuvent être représentés graphiquement dans le plan (ρ_0, E). On constate ainsi que, pour une valeur donnée de E, il existe, en général, deux valeurs de ρ_0. Pour pouvoir répondre à la question : laquelle des deux oscillations stables existe, il est nécessaire de faire intervenir certaines considérations d'ordre topologique concernant les conditions de coexistence de deux cycles limites stables. Pour cela il faut revenir au plan de variables primitives ρ, ψ, une fois que l'étude de stabilité est faite dans le plan des variables ρ et φ. Si l'on procède de cette façon, on constate que ρ_0, considéré comme une fonction du paramètre E, a deux déterminations selon que E croît ou décroît. On se trouve ainsi en présence du phénomène que MM. Appleton et van der Pol ([2]) ont désigné sous le nom d'hystérésis oscillatoire (*oscillation hysteresis*). Il est utile à noter aussi que le cas où $A = 2C$ est caractérisé par la particularité suivante : ou bien les deux oscillations (vdP) et (M) existent sans aucune interaction, ou bien l'une d'elles étouffe l'autre complètement. Si $A = 4C$, il n'y a pas de régime oscillatoire.

Remarquons en passant que la théorie de ces phénomènes se rattache aux travaux de Poincaré ([3]), concernant l'échange de stabilités aux points de bifurcation du paramètre d'une e. d., comme cela a été montré par Andronow ([4]).

ÉLASTICITÉ. — *Sur une forme géométrique des conditions d'équilibre des surfaces déformables.* Note de M. **Paul Angles d'Auriac**, présentée par M. Henri Villat.

Soit une portion S de surface, homéomorphe (pour simplifier) à un cercle, limitée par un contour C. Supposons que S est position d'équilibre d'une surface matérielle déformable sous l'action d'un système de forces (F) (équivalent à zéro) réparti le long de C.

Soit A point fixe sur C et M point variable sur S. Distinguons une face sur S et sur cette face distinguons la droite et la gauche pour un mobile allant de A en M par un chemin quelconque.

Soit $\vec{R}$ et $\vec{Q}$ les éléments de réduction en M du système de forces exercées par le bord droit de la section AM sur le bord gauche. Soit O un point fixe.

([2]) *Phil. Mag.*, **43**, 1927.

([3]) *Acta Mathematica*, 7; *Figures d'équilibre d'une masse fluide*, Paris, 1903.

([4]) A. Andronow et S. Chaikin, *Theory of oscillations*, Princeton University Press, 1949, chap. IX.

Posons $\overrightarrow{O\mu} = \overrightarrow{R}$, $\overrightarrow{O\nu} = \overrightarrow{Q}$. On a alors le résultat immédiat suivant, mais qui semble ne pas avoir été noté ou du moins exploité jusqu'ici :

Les points μ et ν ne dépendent pas du chemin AM. Quand M décrit la surface S, les points homologues μ et ν décrivent respectivement Σ image des efforts et Σ_1 image des moments.

$\Sigma(\Sigma_1)$ est limitée par un contour $\Gamma(\Gamma_1)$ connu d'avance d'après les efforts sur C. Notons aussi que le changement de repère A fait subir une simple translation à Σ et à Σ_1 une déformation facile à expliciter.

L'introduction de ces surfaces permet de caractériser l'équilibre de façon très simple au moyen de relations géométriques.

Les résultats sont particulièrement intéressants pour les surfaces infiniment flexibles (contraintes dans le plan tangent à la surface). La considération de Σ_1 est alors inutile.

THÉORÈME 1. — *Si* S *est infiniment flexible, les plans tangents à* S *et* Σ *sont parallèles aux points homologues* M *et* μ *et réciproquement.*

THÉORÈME 2. — *Soit toujours* S *infiniment flexible. Il existe sur* S *un réseau orthogonal de lignes isostatiques. En tout point* M(μ) *il existe un tenseur de la transformation locale de plan à plan. Les isostatiques susdites sont les directions principales de la transformation, et la rotation des axes principaux est* $\pm \pi/2$.

THÉORÈME 3. — *Si* Σ *est image de* S *infiniment flexible, réciproquement* S *représente un état de contrainte possible dans la surface* Σ *considérée comme infiniment flexible, autrement dit* S *est une image de* Σ.

Conséquences. — On peut attacher à toute surface S une famille de surfaces S′ susceptibles chacune d'avoir une image Σ en commun avec S. Toutes les S′ et S se correspondent par plans tangents parallèles et par déformation irrotationnelle. La sphère est commune à toutes les familles. En effet l'image sphérique des lignes de courbures d'une surface est un réseau de courbes en tout point parallèles à leurs homologues. La transformation d'une surface en son image sphérique est donc irrotationnelle (et à plans tangents parallèles).

Dans une publication ultérieure on montrera que le problème de l'équilibre d'une portion de sphère est résolu par l'introduction d'une seule fonction de variable complexe.

Le problème de l'équilibre d'une surface quelconque peut donc être ramené à expliciter la transformation entre une surface et son image sphérique.

Surfaces de révolution. — Si S est de révolution et soumis à des efforts de révolution, les surfaces Σ et Σ_1 le sont aussi et leur introduction permet de simplifier beaucoup l'étude de ce cas, notamment pour les surfaces raides à la flexion.

ÉLASTICITÉ PLANE. — *Sur la rupture d'un prisme fragile, suivant un plan de symétrie longitudinal.* Note (*) de M. **François Teissier du Cros**, présentée par M. Albert Caquot.

L'ensemble critique ε, défini dans notre dernière Note, comprend toute la section du prisme, lorsque la contrainte y est uniforme à chaque instant. Dans d'autre cas il peut se réduire à un point.

Voici un exemple où ε consiste en *un segment rectiligne qui traverse la section droite* D *du prisme*. On suppose que le matériau est fragile et qu'il suit la loi de Hooke jusqu'à rupture, on se place pour simplifier dans le cas suivant :

a. le prisme a un *plan de symétrie longitudinal* Oxz, les forces appliquées sont symétriques par rapport à ce plan. La section D et la déformation dans son plan xOy sont donc symétriques par rapport à Ox;

b. le rayon du cercle de Mohr relatif au plan xOy ne dépasse en aucun point un maximum ρ égal au rayon de courbure minimum de la courbe intrinsèque du matériau ;

c. en chaque point du segment AB, commun à Ox et à D, la plus grande tension principale est dirigée suivant Oy, elle atteint la résistance à la *rupture par traction simple* τ ($\tau < 0$, les compressions étant mesurées positivement) *à l'instant critique* $t = t_1$.

Les forces appliquées croissent proportionnellement au temps, très lentement. On va les déterniner à l'instant t_1.

L'origine des coordonnées est fixée de manière que x soit positif dans D (*fig.* 1). L'expression générale de la contrainte à l'instant t_1 est [1]

$$(1)\qquad \begin{cases} N_1 + N_2 = 8\,\mathrm{R\acute{e}}\,p(z), & z = x + iy, \\ \dfrac{N_1 - N_2}{2} - iT_3 = 2q(z) - 2\bar{z}p'(z), & \bar{z} = x - iy \quad (^2), \end{cases}$$

les fonctions $p(z)$, $q(z)$ étant *holomorphes* dans D. Ce sont ici des fonctions *réelles sur* AB en vertu de (a), qui entraînent en effet

$$N_k(x, y) = N_k(x, -y), \quad k = 1, 2; \qquad T_3(x, y) = -T_3(x, -y).$$

Compte tenu de (b), la *condition de stabilité* est

$$(2)\qquad 2\,|q(z) - \bar{z}p'(z)| < 4\,\mathrm{R\acute{e}}\,p(z) - \tau.$$

la limite de stabilité étant atteinte sur AB, on a, d'après (c),

$$(3)\qquad 2\,|q(x) - xp'(x)| = 4\,p(x) - \tau.$$

Posons pour simplifier $p(z) = zh(z) + \tau/4$, $q(z) = z^2h'(z) - zh(z)$

(*) Seance du 2 janvier 1952.

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 127.

(2) $p(z)$, $q(z)$ désignent ici les fonctions qui s'appelaient dP/dz et dQ/dz dans la Note précitée.

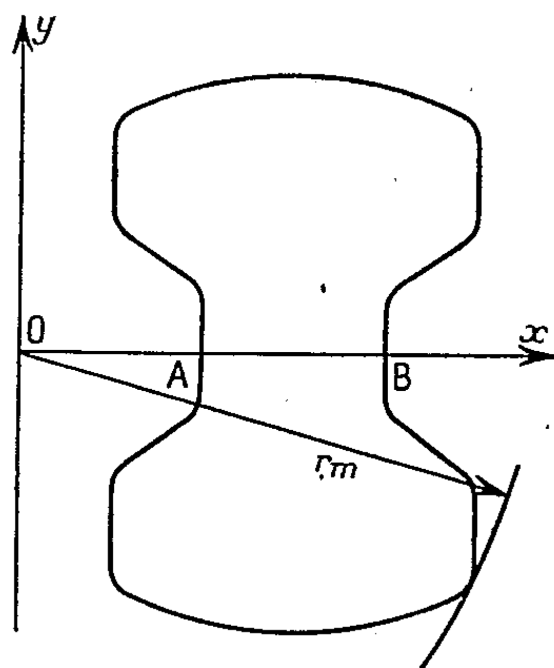
et prenons $h(z)$ holomorphe, positive sur AB, de sorte que (3) est satisfaite. (b) et (2) seront satisfaites également si l'on a

$$|xh(z) - iyzh'(z)| < \text{Ré}\, zh(z) < \frac{\rho}{4}. \quad (2b)$$

A cet effet, prenons par exemple

$$h(z) = ae^{-\varepsilon r(\cos\lambda + i\sin\lambda)} \quad (4)$$

(a, ε const. positives; r, λ coordonnées polaires de z) et soit r_m le rayon de la



circonférence de centre O, circonscrite à D. Il suffit de prendre $a < P/4r_m$ et ε assez petit pour avoir

$$\sin(\varepsilon r \sin\lambda)(\varepsilon r \sin\lambda)^{-1} - (\varepsilon r \sin\lambda + \sin 2\lambda)\sin^{-1}(\varepsilon r \sin\lambda - 2\lambda) > 0 \quad \text{dans D}$$

et les conditions ($2b$) sont remplies. La connaissance de $h(z)$ détermine partout la contrainte ainsi que les densités de forces appliquées au contour à l'instant t_1, et aux instants antérieurs. Il est clair que la solution vérifie (a), (b), (c) et que AB *est l'ensemble critique*.

De plus, la direction de fissuration prévue par la théorie de M. Caquot y est précisément celle de Ox. *L'instant critique et l'ensemble critique sont dans ce cas, ceux mêmes où la rupture débute.*

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Réflexion des ondes dans un canal de profondeur variable.* Note de M. **Maurice Roseau**, présentée par M. Henri Villat.

Étude du rapport des amplitudes des ondes stationnaires aux extrémités d'un canal indéfini de profondeurs constantes à l'infini.
Calcul du coefficient de réflexion des ondes.

On a construit antérieurement (1) les potentiels qui représentent les petits

(1) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 844 et 916.

mouvements harmoniques irrotationnels d'un liquide dans un canal indéfini dont le fond dépend de trois paramètres, les profondeurs constantes en amont et en aval h_1 et h_2 et un paramètre α caractéristique de la pente maximum de la courbe de raccordement entre l'amont et l'aval.

L et H désignant respectivement les résidus des fonctions $K(u)$ et $H(u)$ relatifs aux pôles $-\lambda$ et $-\mu$ on peut montrer que

$$\varphi(x, y) \sim \mathrm{Re}\,\frac{2L}{\mathrm{ch}\,\alpha\lambda}\left(\frac{p}{\mathrm{sh}\,\pi\lambda} - \frac{q}{\mathrm{ch}\,\pi\lambda}\right)e^{\frac{i\alpha\lambda x}{h_2}}\,\mathrm{ch}\left(1 + \frac{y}{h_2}\right)\alpha\lambda \qquad \text{si} \quad x \to +\infty,$$

$$\sim \mathrm{Re}\,\frac{2M}{\mathrm{ch}\,\alpha\mu}\left(\frac{l}{\mathrm{sh}\,\pi\mu} - \frac{m}{\mathrm{ch}\,\pi\mu}\right)e^{-\frac{i\alpha\mu x}{h_1}}\,\mathrm{ch}\left(1 + \frac{y}{h_1}\right)\alpha\mu \qquad \text{si} \quad x \to -\infty,$$

avec

$$p\,K(0) = l\,H(0), \qquad q\,K\left(-\frac{i}{2}\right) + m\,H\left(\frac{i}{2}\right) = 0 \qquad (l, p \text{ réels, } m \text{ et } q \text{ imaginaires purs}).$$

Ces formules permettent de faire le calcul de l'amplitude et de la phase de l'onde en aval quand on connaît les caractéristiques analogues de l'onde en amont.

Désignant par Z_- et Z_+ les amplitudes à la surface libre des ondes stationnaires en amont et en aval on obtient :

$$\frac{Z_+}{Z_-} = \sqrt{\tau_1^2\cos^2\theta + \tau_2^2\sin^2\theta}, \qquad \text{avec} \quad \tau_1 = \left|\frac{L}{M}\right|\frac{H(0)}{K(0)}\,\frac{\mathrm{sh}\,\pi\mu}{\mathrm{sh}\,\pi\lambda}$$

et

$$\tau_2 = \left|\frac{L}{M}\right|\frac{H\left(\frac{i}{2}\right)}{K\left(-\frac{i}{2}\right)}\,\frac{\mathrm{ch}\,\pi\mu}{\mathrm{ch}\,\pi\lambda},$$

θ phase de l'onde en amont; Z_+/Z_- peut donc prendre, suivant θ, toute valeur comprise entre τ_1 et τ_2.

Le rapport des cambrures vaut

$$\frac{\gamma_+}{\gamma_-} = \frac{\mathrm{th}\,\alpha\mu}{\mathrm{th}\,\alpha\lambda}\sqrt{\tau_1^2\cos^2\theta + \tau_2^2\sin^2\theta}.$$

Les solutions obtenues sont valables quels que soient l et m complexes. Supposant qu'on a en amont un train d'ondes progressives, on peut calculer le coefficient de réflexion des ondes $R = |(\tau_1 - \tau_2)/(\tau_1 + \tau_2)|$.

Dans le cas où l, m sont complexes quelconques, $\chi(\xi, \eta)$ et $\overline{\chi}(\xi, \eta)$ sont deux solutions du problème et appliquant le théorème de Green à la transformation de l'intégrale double de $\chi\,\Delta\overline{\chi} - \overline{\chi}\,\Delta\chi$ étendue à la bande $-\alpha \leqq \eta \leqq 0$, on obtient

$$\tau^2 = \tau_1\tau_2 = \frac{2\mu\alpha + \mathrm{sh}\,2\mu\alpha}{2\lambda\alpha + \mathrm{sh}\,2\lambda\alpha}\,\frac{\mathrm{ch}^2\alpha\lambda}{\mathrm{ch}^2\alpha\mu}.$$

D'autre part la fonction $[H(u)]/[K(-u)]$ périodique de période i a dans

la bande $\varepsilon \leqq \mathrm{I}mu \leqq \varepsilon + 1 \, [0 < \varepsilon < (\pi/2\alpha) - 1]$ pour seuls pôles $\pm \mu + ni$ et pour seuls zéros $\pm \lambda + ni$, avec n entier tel que $\varepsilon < n < \varepsilon + 1$. On a dans tout le plan

$$\frac{\mathrm{H}(u)}{\mathrm{K}(-u)} \frac{\operatorname{sh}\pi(u-\mu)\operatorname{sh}\pi(u+\mu)}{\operatorname{sh}\pi(u-\lambda)\operatorname{sh}\pi(u+\lambda)} = \text{const.}$$

et l'on déduit de là

$$r^2 = \frac{\tau_1}{\tau_2} = \frac{\operatorname{th}\pi\lambda}{\operatorname{th}\pi\mu},$$

d'où

$$\tau_1 = r\tau, \qquad \tau_2 = \frac{\tau}{r}, \qquad \mathrm{R} = \left| \frac{\operatorname{th}\pi\lambda - \operatorname{th}\pi\mu}{\operatorname{th}\pi\lambda + \operatorname{th}\pi\mu} \right|.$$

On peut remarquer que τ ne dépend que de $\sigma^2 h_1/g$ et $\sigma^2 h_2/g$. Si $\alpha \to 0$, toutes choses égales d'ailleurs, $r \to 1$, τ_1 et $\tau_2 \to \tau$, $\mathrm{R} \to 0$.

HYDRAULIQUE. — *Étude théorique de la stabilité des chambres d'équilibre à étranglement.* Note (*) de M. **Léopold Escande**, présentée par M. Charles Camichel.

Mise en évidence de l'existence d'ondes entretenues dans les chambres d'équilibre à étranglement ne satisfaisant pas à la condition de stabilité de Thoma. Théorie établie au cours de l'étude de la chambre d'équilibre de l'usine yougoslave de Jablanica.

1. Lorsqu'une usine débite seule sur un réseau à puissance électrique constante, l'action des régulateurs tend à créer des oscillations du plan d'eau dans la chambre d'équilibre. La dissipation d'énergie, due à la perte de charge dans le canal d'amenée, constitue, inversement, un élément d'amortissement de ces oscillations.

Thoma a montré que ces oscillations s'amortissent, s'entretiennent ou s'amplifient indéfiniment selon que le produit $2p_0h_0$ est supérieur, égal ou inférieur à l'unité.

Nous allons montrer que, dans le cas des chambres d'équilibre à étranglement, ce résultat est partiellement en défaut : pour $2p_0h_0 < 1$, les oscillations ne sont pas indéfiniment amplifiées, mais simplement entretenues.

2. Considérons, tout d'abord, une cheminée dans laquelle il y aurait, au lieu et place de l'étranglement réel créant une perte de charge quadratique $r = r_0 v^2$, un étranglement virtuel dans lequel la perte de charge serait de la forme $r = mv$, m désignant une constante.

Nous examinons le cas du fonctionnement à pleine charge, les turbines absorbant le débit maximum de régime permanent Q_0.

(*) Séance du 7 janvier 1952.

Partons des équations fondamentales suivantes, entre grandeurs relatives, avec les notations classiques :

$$(1)\qquad \begin{cases} v\dfrac{dv}{dz} + \dfrac{1}{2\pi}\dfrac{du}{dt'} + z \pm p \pm r = 0, \\ z = x - p_0, \qquad p = p_0 v^2, \qquad r = r_0 v^2, \\ u = 1 - \dfrac{p_0}{h_0} - \dfrac{z}{h_0} \mp \dfrac{r_0}{h_0}, \end{cases}$$

et substituons à $r = r_0 v^2$ la relation $r = mv$. Nous en déduisons, avec les mêmes approximations, que dans la théorie de Thoma, l'équation différentielle linéaire du second ordre, à coefficients constants

$$(h_0 - m)\frac{d^2x}{dt'^2} + 2\pi[2p_0h_0 - 1 + m(h_0 - 2p_0)]\frac{dx}{dt'} + 4\pi^2(h_0 - 2p_0)x = 0.$$

Limitons-nous au cas $(2p_0h_0 < 1)$ des chambres d'équilibre ne satisfaisant pas à la condition de Thoma. Tenons compte des conditions $h_0 > 1$, $h_0 - m > 0$, $h_0 - 2p_0 > 0$, toujours vérifiées en pratique. La discussion de l'équation différentielle aboutit aux conclusions suivantes :

pour $m < r_1$: oscillations indéfiniment amplifiées;

pour $m = r_1$: oscillations entretenues de période $(\sqrt{h_0^2 - 1})/(h_0 - 2p_0)$;

pour $r_1 < m < r_2 = r_1 + [2(h_0 - 1)]/(h_0 - 2p_0)$: oscillations amorties;

pour $m > r_2$: amortissement sans oscillation,

en posant

$$(2)\qquad r_1 = \frac{1 - 2p_0h_0}{h_0 - 2p_0}.$$

De cette discussion générale, nous retiendrons seulement que l'amplitude des oscillations :

s'amplifie indéfiniment pour $r < r_1$;

s'amortit et disparaît pour $r > r_1$;

demeure constante pour $r = r_1$.

Donc, l'étranglement virtuel limite correspondant à une perte de charge $r = r_1 v$, crée un amortissement des oscillations qui, associé à celui que provoque la perte de charge dans le canal d'amenée, équilibre exactement l'action amplificatrice du régulateur : il en résulte un entretien pur et simple des oscillations, sans amplification ni amortissement.

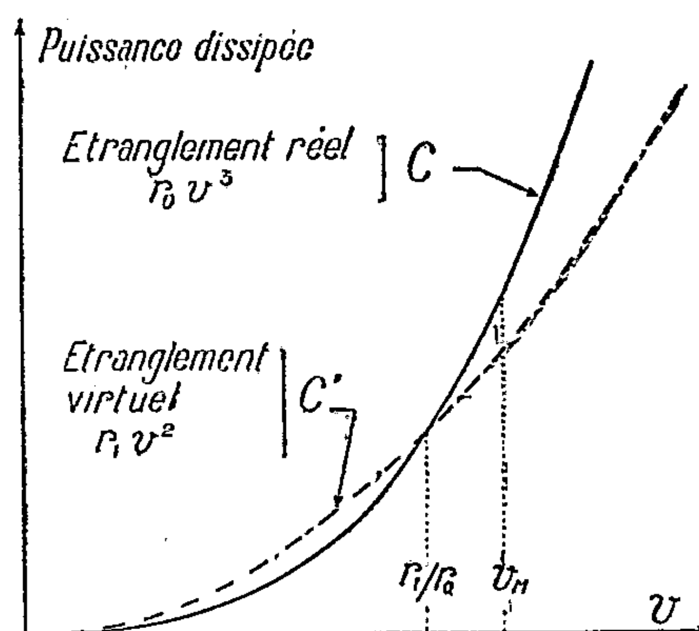
3. Revenons à l'étranglement réel $(r = r_0 v^2)$ créant une perte de puissance $rv = r_0 v^3$ et comparons son action à celle que produirait l'étranglement virtuel limite $(rv = r_1 v^2)$ correspondant à l'entretien des oscillations.

Si une petite oscillation prend naissance, la courbe $C(v, r_0 v^3)$ étant au-dessous de la courbe $C'(v, r_1 v^2)$ jusqu'au point d'intersection $(r_1/r_0, r_1^3/r_0^2)$ de ces deux courbes (*fig.* 1), la perte d'énergie dans l'étranglement réel est insuffisante pour neutraliser l'action du régulateur. L'amplitude de v augmente progres-

sivement, dépasse r_1/r_0, abscisse du point d'intersection de C et de C′ et se fixe à une valeur v_M telle que, durant chaque période, la perte d'énergie dans l'étranglement soit la même que dans l'étranglement virtuel considéré

$$\int_0^T r_0 v^3\,dt = \int_0^T r_1 v^2\,dt. \tag{3}$$

En partant, au contraire, d'une oscillation initiale de très grande amplitude, et en considérant de même façon le bilan énergétique, on constate qu'un amortissement intervient tout d'abord jusqu'au moment où est atteint le régime d'oscillations entretenues qui vient d'être défini.



4. Si, en première approximation, on suppose les oscillations sinusoïdales ($v = v_M \sin \omega t$), la condition d'équivalenee énergétique (3) donne

$$v_M = 1,18\frac{r_1}{r_0} = 1,18\frac{1-2p_0h_0}{h_0-2p_0}. \tag{4}$$

5. Donc dans une chambre d'équilibre à étranglement, de section inférieure à la valeur limite de Thoma, la théorie permet de conclure à l'existence d'oscillations entretenues mettant en jeu une amplitude de v donnée, en première approximation, par l'expression (4),

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Quelle est la formule de l'analogue du vecteur de Poynting pour le champ des mésons scalaires et pseudoscalaires ?* Note (*) de M. **Vladimir Srećko Vrkljan**, présentée par M. Louis de Broglie.

On sait que dans l'électrodynamique classique, Poynting a déduit en 1885 une loi connue sous son nom, et qui, en réalité, n'est autre chose que la loi de la conservation de l'énergie appliquée au champ électromagnétique.

(*) Séance du 2 janvier 1952.

Aujourd'hui cette loi est prouvée d'une manière plus générale ([1]) pour chaque champ pour lequel nous pouvons écrire la fonction de Lagrange resp. celle de Hamilton, dont la dernière ne présente, en réalité rien d'autre que l'énergie du champ.

Puisque les champs mésoniques peuvent eux aussi être décrits par certaines grandeurs ([2]) entre lesquelles valent les équations différentielles qui peuvent être déduites de la fonction de Lagrange, il devient évident que, pour les champs mésoniques ainsi décrits, doit exister l'analogue du vecteur de Poynting; on peut, par conséquent, se demander quelle forme prend cet analogue pour les mésons scalaire et pseudoscalaire tels qu'il sont décrits dans le livre bien connu de M. L. de Broglie ([3]). Pour les mésons vectoriels la question n'aurait pas tant d'intérêt à cause de la forme maxwellienne des équations que pour les mésons scalaires et pseudoscalaires justement à cause de la forme non maxwellienne des équations que l'on a établies pour eux.

1. Nous allons étudier, à cause de cela, d'abord le méson pseudoscalaire pour lequel on a établi les équations

$$-\dot{\mathcal{U}}_4 = \operatorname{div}\vec{\mathcal{U}} + k_0^2\mathcal{J}, \tag{1}$$

$$\dot{\vec{\mathcal{U}}} = -\operatorname{grad}\mathcal{U}_4, \tag{2}$$

où $\vec{\mathcal{U}} = -\operatorname{grad}\mathcal{J}$ et $\mathcal{U}_4 = \dot{\mathcal{J}} = (1/c)(\partial\mathcal{J}/\partial t)$. Si nous multiplions la première de ces équations par $-\mathcal{U}_4$, et la deuxième (d'une façon scalaire) par $\vec{\mathcal{U}}$ et si nous additionnons les équations obtenues de cette manière, nous obtenons

$$\frac{1}{2c}\frac{\partial}{\partial t}(\mathcal{U}^2 + \mathcal{U}_4^2) = -\operatorname{div}\mathcal{U}_4\vec{\mathcal{U}} - k_0^2\mathcal{U}_4\mathcal{J}, \tag{3}$$

ensuite en appliquant la relation $\mathcal{U}_4 = \dot{\mathcal{J}}$, et par l'intégration d'après quelque espace fermé, nous trouvons

$$\frac{1}{2}\frac{\partial}{\partial t}\int_\tau (\mathcal{U}^2 + \mathcal{U}_4^2 + k_0^2\mathcal{J}^2)\,d\tau = -c\int_\tau \operatorname{div}\left(\mathcal{U}_4\vec{\mathcal{U}}\right).d\tau. \tag{4}$$

L'application du théorème connu de Gauss sur la transformation de l'intégrale d'espace en intégrale de surface nous amène définitivement à l'équation

$$\frac{1}{2}\frac{\partial}{\partial t}\int_\tau (\mathcal{U}^2 + \mathcal{U}_4^2 + k_0^2\mathcal{J}^2)\,d\tau = -c\int_\omega \mathcal{U}_4\vec{\mathcal{U}}\,d\omega. \tag{5}$$

On voit bien que l'expression $-c\mathcal{U}_4\vec{\mathcal{U}}$ représente l'analogue du vecteur de Poynting du champ mésonique du méson pseudoscalaire. Par l'application de la relation $\mathcal{U}_4 = \dot{\mathcal{J}}$ et $\vec{\mathcal{U}} = -\operatorname{grad}\mathcal{J}$ cette expression se transforme en $\dot{\mathcal{J}}\operatorname{grad}\mathcal{J}$.

([1]) *Voir* par exemple : G. Wentzel, *Quantentheorie d. Wellenfelder*, 1943, p. 8.

([2]) L. de Broglie, *La théorie du noyau*, II, 1945, p. 81.

([3]) *La théorie du noyau*, II, 1945, p. 76-77 et 80.

2. Pour le champ du méson scalaire la même conclusion est valable, il n'y a qu'à échanger, pour des raisons données dans le manuel de M. de Broglie, les grandeurs non accentuées par des grandeurs accentuées.

3. Étudions maintenant le méson pseudoscalaire chargé de M. A. Proca. Puisque, dans ce cas, l'équation simple qui correspondrait à l'équation (2) nous fait défaut, nous allons nous servir de l'équation connue ([4])

$$\vec{S} = \sum_{\rho=1}^{3} \sum_{\sigma} \frac{\partial Q_\sigma}{\partial t} \vec{e}_\rho \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial\left(\frac{\partial Q_\sigma}{\partial x_\rho}\right)},$$

où $\mathcal{L}$ signifie la fonction de Lagrange du méson pseudoscalaire de M. Proca et $\vec{e}_\rho (\rho = 1, 2, 3)$ les vecteurs d'unités dans la direction des axes coordonnés $x_{1,2,3} = x, y, z$.

D'après ce qui nous est connu de la théorie de M. Proca, cette équation nous mène aussitôt à la formule

$$\vec{S} = c \dot{\mathcal{J}} \operatorname{Grad} \mathcal{J},$$

où nous entendons en réalité par le symbole Grad, dans le sens de la théorie de M. A. Proca, le symbole grad $+ (i/\hbar)(\varepsilon/c)\vec{\mathfrak{A}}$.

En appliquant $\dot{\mathcal{J}} = \mathfrak{U}_y + (i/\hbar)(\varepsilon/c)\mathcal{V}\mathcal{J}$ et $\operatorname{Grad} \mathcal{J} = -\vec{\mathfrak{U}}$ nous pouvons facilement transformer la dernière expression pour $\vec{S}$ en

$$\vec{S} = -c\vec{\mathfrak{U}}\left(\mathfrak{U}_4 + \frac{i}{\hbar}\frac{\varepsilon}{c}\mathcal{V}\mathcal{J}\right)$$

qui est alors l'analogue du vecteur de Poynting pour le champ du méson pseudoscalaire chargé de M. Proca.

ACOUSTIQUE. — *Vitesse des ultrasons de* 960 kc *dans l'éthane au voisinage de l'état critique*. Note de M. **Jack Noury**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Dans cette Note sont présentées des données sur la vitesse des ultrasons dans l'éthane, la méthode de mesure étant celle de la diffraction de la lumière par les ultrasons. Comme pour CO_2 et N_2O on observe un minimum de la vitesse au point critique; la précision qui atteint 1,5 % est meilleure que précédemment.

Exploitant les possibilités d'un appareillage qui a servi à une précédente étude de la vitesse des ultrasons au voisinage des points critiques de l'anhydride carbonique et du protoxyde d'azote ([1]) par la méthode de la diffraction de

([4]) *Voir* ([1]).

([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 516

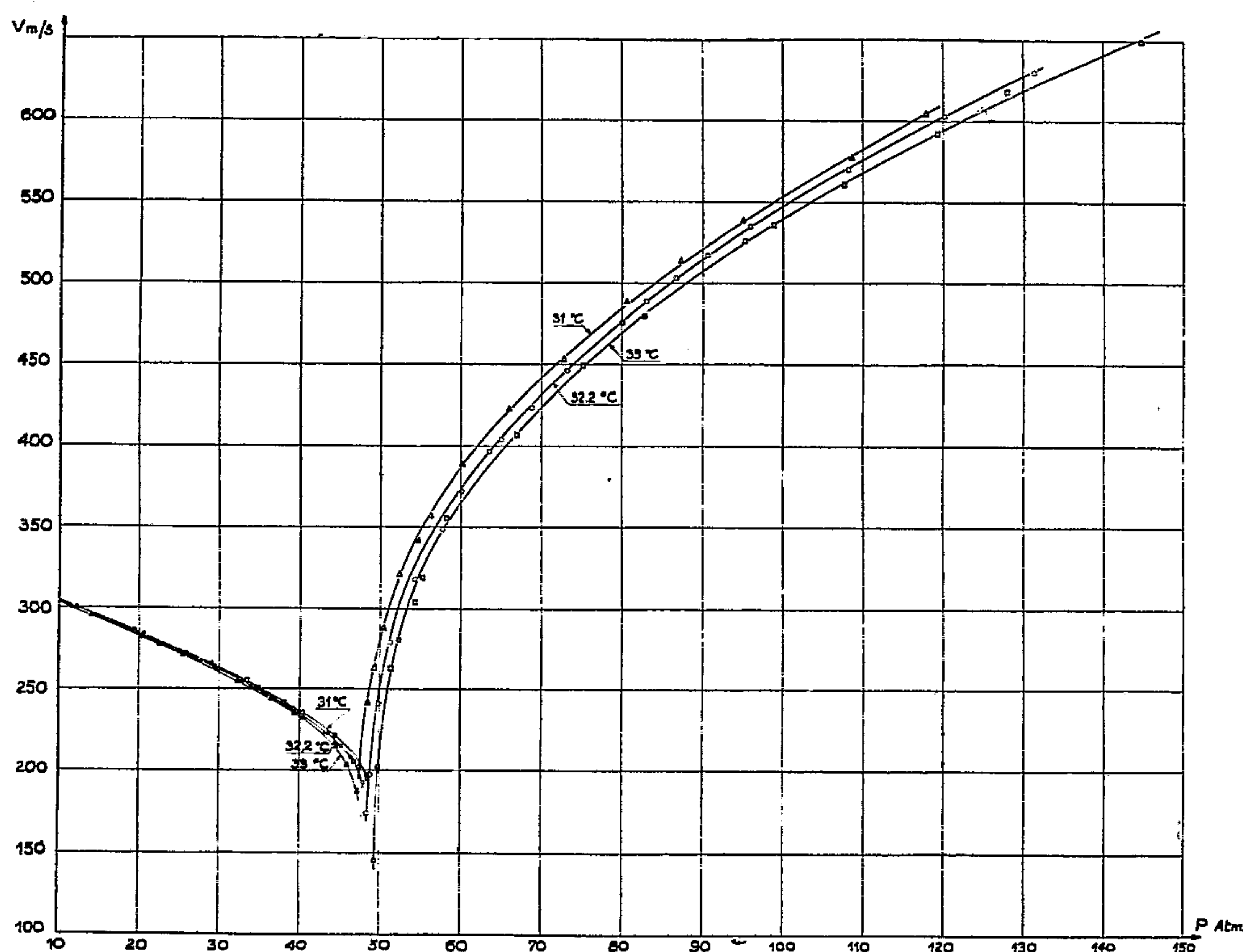
la lumière (²), j'ai effectué des mesures analogues dans l'éthane dont les données critiques sont relativement voisines de celles des deux fluides précités, et qui à notre connaissance, n'avait pas fait l'objet jusqu'ici, d'investigations de ce genre.

L'éthane provenait de la Phillips Petroleum Co, qui indique une pureté de 99,75 %. Comme précédemment, les résultats montrent (*voir* tableau et courbes ci-dessous) que la vitesse décroît notablement lorsqu'on traverse la région critique.

Température 31°C.			Température 32,2°C.			Température 33°C.		
N (Kc).	P (atm).	V (m : s).	N (Kc).	P (atm).	V (m : s).	N (Kc).	P (atm).	V (m : s).
960...	117,6	605,5	951...	131,2	631	952...	142,3	650 5
960...	108,4	578,3	951...	120	603,5	952...	127,8	619
953...	94,9	539	951...	108	571	952...	119,1	593,5
953...	87,1	514,5	950...	95,8	535,5	952...	107,5	561,5
953...	80,4	489	950...	90,5	518	952...	98,7	536,5
954...	72,6	453	949...	86,6	503,5	952...	95,1	526,5
954...	65,8	422	949...	83,3	489,5	952...	82,3	480
954...	60	388,5	950...	79,9	476	952...	75	449,5
953...	56,1	356,5	949...	73,1	446,5	952...	66,8	407
954...	54,7	341,5	950...	68,7	423,5	952...	58,1	345
960...	52,3	320,5	950...	64,9	403,9	952...	55,2	318,5
953...	50,4	287,5	952...	63,4	397	952...	54,2	303
958...	49,4	263	952...	60	371,5	952...	52,3	280,5
967...	48,4	241,5	953...	57,6	348,7	952...	51,3	262,5
952...	47,5	202	953...	54,3	317,5	952...	49,8	202,5
967...	47,2	187	952...	51,3	278,5	967...	49,4	144,5
970...	46	203,5	952...	49,9	241	953...	48,5	195
968...	44,6	215	951...	48,9	197,5	969...	48,4	197,5
970...	40,5	232	951...	48,4	173,5	969...	47,4	205,5
974...	39,4	235,5		48,2	—	970...	44,5	221,5
970...	36,5	244,5	952...	48	193	953...	40,3	235,5
970...	33,9	251	952...	46,5	208,5	953...	38,1	241,5
972...	32,3	255	952...	45,3	215,5	970...	34,8	250,5
973...	27,6	266,5	972...	43,6	223,5	966...	33,4	255,5
972...	25,5	271,5	972...	38,7	239,5	973...	29,5	263,5
972...	22,5	277,5	973...	32,9	254,5	966...	29	265
973...	20	283	973...	29	263,5	974...	25,8	271,5
974...	16	291	953...	27,7	267,3	966...	20,4	283,5
			973...	24,4	274,5	974...	19,4	285,5
			973...	19,8	284	975...	12,1	299,5
			974...	16	291,5			
			974...	11,6	299,5			

(²) R. LUCAS et P. BIQUARD, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 2132.

Cependant, comparativement aux fluides étudiés antérieurement (CO_2 et N_2O), les mesures de la vitesse des ultrasons de 960 kc dans l'éthane ont été facilitées par le fait que ce fluide, soumis aux ultrasons, conserve une certaine



stabilité jusqu'au voisinage très immédiat de la pression critique (0,5 atm); il a été ainsi possible d'obtenir dans cette région des spectres de diffraction beaucoup plus nets, et la précision moyenne des mesures a été par conséquent meilleure ($\pm$ 1,5 %).

Une discussion des conséquences thermodynamiques de ces résultats sera donnée prochainement.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la loi de variation, en fonction du potentiel appliqué, de la résistance électrique des dépôts métalliques très minces.* Note de MM. **Nicolas Mostovetch, Boris Vodar** et Mme **Thérèse Duhautois**, présentée par M. Eugène Darmois.

Nous avons déjà décrit (1) les écarts à la loi d'Ohm de la résistance des dépôts métalliques très minces. Ces écarts ne sont généralement notables

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 934; 233, 1951, p. 1265.

qu'aux basses températures. Les variations de $\log R(F)$ sont linéaires avec $F^{1/2}$ pour les champs électriques souvent compris entre quelques dixièmes de volt par centimètre et 100 V : cm.

Aux potentiels relativement forts (de l'ordre de 100 V : cm) apparaît pour certains dépôts l'effet de « saturation ». On observe à partir d'un champ donné une déviation systématique de la droite $\log R(F) = f(F^{1/2})$ vers le haut ([2]) qui se transforme dans quelques cas rares en une croissance de R avec F (*fig.* 1, 2, 3 et 4). L'effet de « saturation » apparaît assez vite aux très basses températures; il n'apparaît que très rarement à la température ordinaire pour les champs électriques utilisés (quelques centaines de volts par centimètre au maximum).

L'effet de « saturation » a été trouvé précédemment pour les dépôts réalisés sur verre; il se trouve confirmé pour les dépôts de Pt réalisés sur des supports en ambre et plexiglass. Les interprétations publiées jusqu'ici ([3]), ([4]) ne concernent que la variation linéaire en $F^{1/2}$. Dans notre explication l'accroissement de la conductivité des films avec les champs électriques appliqués est dû à l'abaissement par effet Schottky des barrières de potentiel entre les grains des films. Dans cette hypothèse, il est possible d'expliquer l'effet de « saturation », dans une certaine mesure, par la relation ([3]) :

$$(1) \qquad \sigma(F, T) = \text{const. } T^n e^{-\frac{\varphi - \Delta\varphi}{kT}} \left(1 - e^{-\frac{\varepsilon a F}{kT}}\right) F^{-1}.$$

Dans tous les cas où $\varepsilon a F/kT \ll 1$ (cas général) :

$$(2) \qquad \sigma(F, T) = \text{const. } T^n e^{-\frac{\varphi - \Delta\varphi}{kT}},$$

d'où, en supposant $\Delta\varphi$ dû à l'effet Schottky

$$(3) \qquad \log \frac{\sigma(F, T)}{\sigma(0, T)} = 1,905\, F^{\frac{1}{2}},$$

ce qu'on observe assez souvent.

Mais dans le cas ([5]) où $\varepsilon a F/kT$ n'est pas très petit, le développement en série de $e^{-\varepsilon a F/kT}$ doit être limité aux moins au troisième terme et

$$(4) \qquad \log \frac{\sigma(F, T)}{\sigma(0, T)} = 1,905\, F^{\frac{1}{2}} + \log\left(1 - \frac{\varepsilon a F}{2kT}\right).$$

Donc $\log \sigma(F, T)/\sigma(0, T)$ serait, à une température donnée, une fonction linéaire de $F^{1/2}$ pour les champs peu élevés, car $\log[1 - (\varepsilon a F)/2kT] \sim 0$,

---

([2]) Étant donné que $dR/dT < 0$, cette variation est contraire à l'action de l'effet Joule. D'ailleurs celle-ci est faible par rapport aux écarts observés.

([3]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2008; 233, 1951, p. 360.

([4]) C. J. Gorter, *Physica*, 17, (8), 1951, p. 777.

([5]) Champs relativement élevés entre les grains aux températures assez basses.

tandis que pour les champs plus forts et pour les températures plus basses, ce terme n'est plus négligeable.

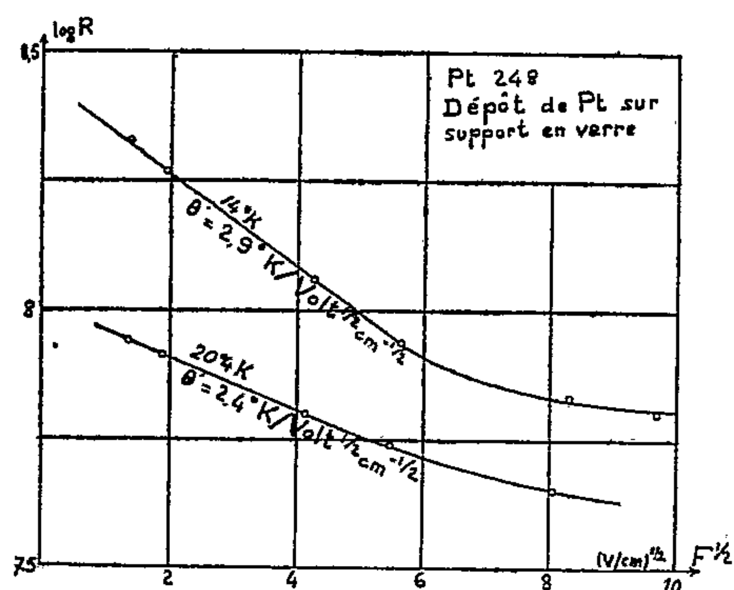


Fig. 1.

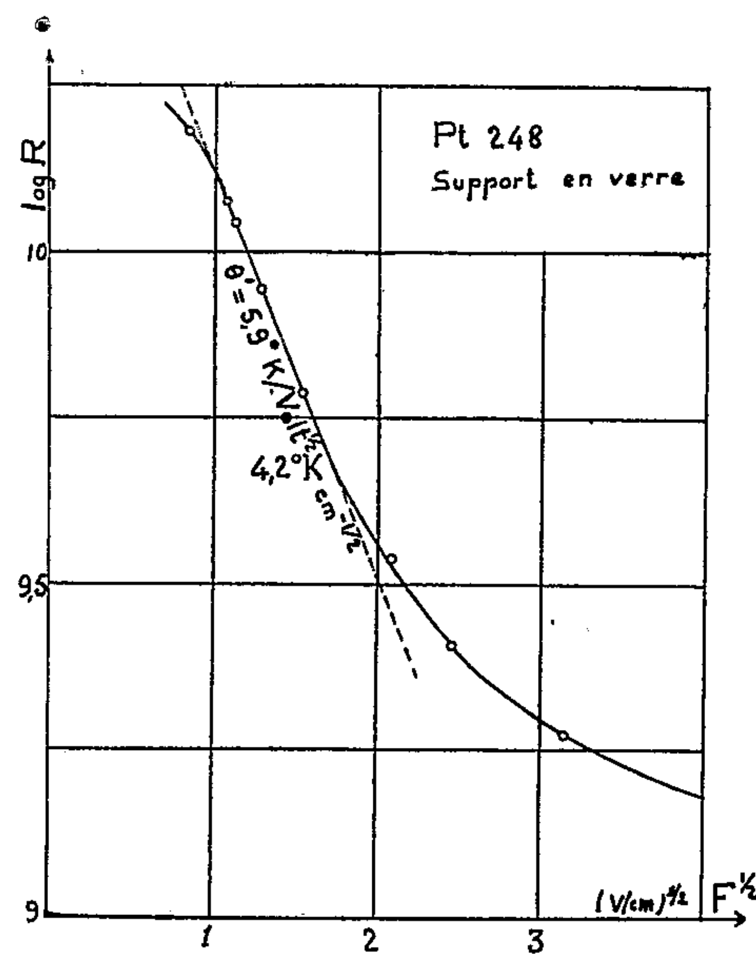


Fig. 2.

On sait que, selon notre interprétation la distance a intervient dans l'explication de l'effet de potentiel aux champs très faibles (3); en principe, donc,

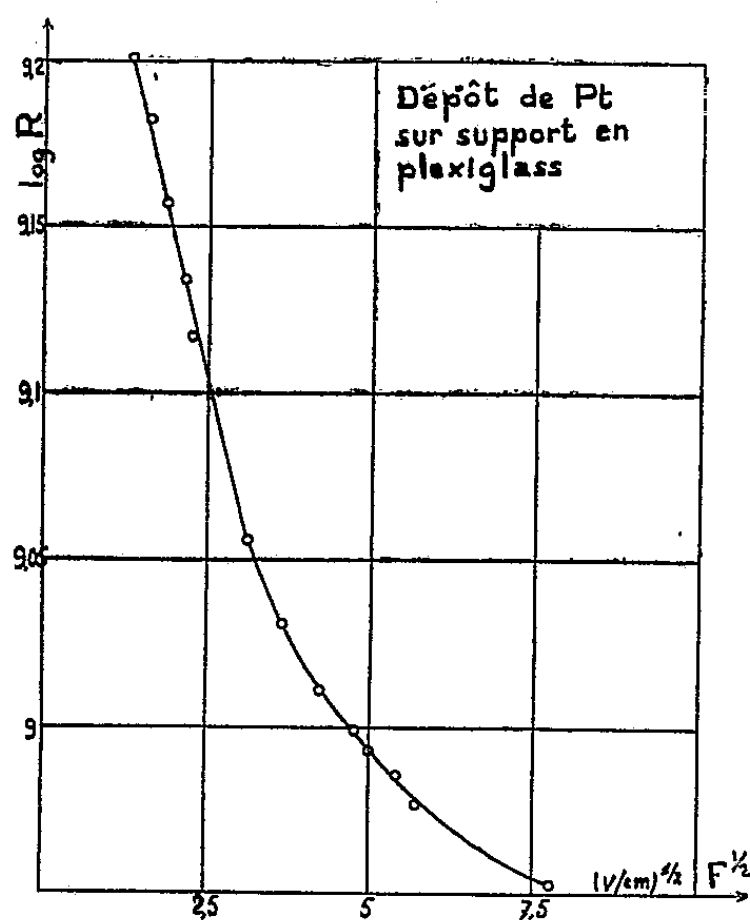


Fig. 3.

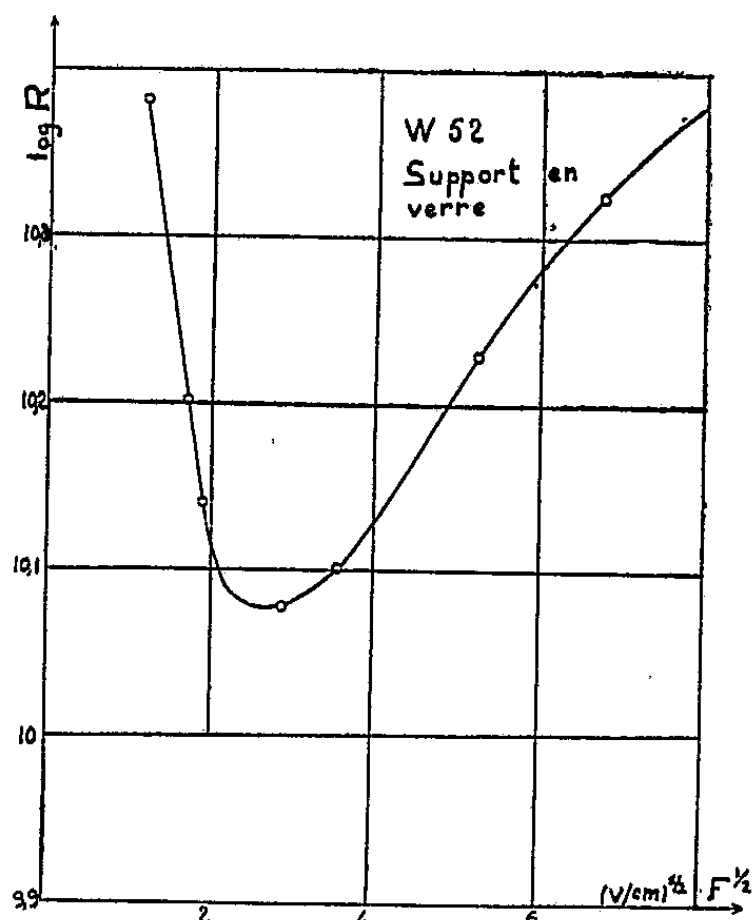


Fig. 4.

on a la possibilité de déterminer a à partir des mesures aux champs faibles et de comparer les relations ci-dessus avec l'expérience aux champs forts. Mais

cela est actuellement difficile, parce que les mesures aux champs faibles sont très insuffisantes. Toutefois, en prenant une valeur raisonnable : $a = 30$ A, on constate que le deuxième terme de (4) donne des écarts de signe corrects, mais faibles (10 % dans le cas de la figure 3). Comme d'ailleurs la relation (4) ne peut pas expliquer l'apparition d'un minimum (*fig.* 4) il est probable qu'elle ne représente qu'une partie de l'effet de « saturation » et que celui-ci a aussi d'autres origines, telles que, par exemple, la limitation du courant par la résistance propre des grains.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur la réalisation de champs statiques uniformes.* Note (*) de M. **François Bertein**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons envisagé précédemment certains dispositifs compensateurs applicables aux champs électriques ou magnétiques en Optique électronique [1]; nous montrerons ici comment on peut également les appliquer à l'uniformisation d'un champ magnétique dans un volume V.

Une telle application présente un intérêt notamment dans les recherches sur le paramagnétisme nucléaire [2], recherches nécessitant des champs intenses et bien uniformes; le problème se présente également de manière plus particulière chez le cyclotron et y a été traité par Rose [3].

L'on dispose *a priori* d'un aimant fournissant dans le volume V un champ presque uniforme de loi de potentiel $\varphi(xyz)$. Nous supposerons le volume V assez petit pour que cette fonction φ s'y limite à un développement du deuxième degré, soit

$$(1)\quad \varphi = a + bz + cz^2 + \frac{1}{2}\left[(a_1 + b_1 z)s + (\bar{a}_1 + \bar{b}_1 z)\bar{s}\right] + \frac{1}{4}\left[\frac{1}{2}a_2 s^2 - 2cs\bar{s} + \frac{1}{2}\bar{a}_2\bar{s}^2\right],$$

s étant la quantité complexe $x + iy$; $\bar{s}$ sa conjuguée.

Les termes du deuxième degré font intervenir les coefficients a_2, b_1, c (a_2 et b_1 complexes) et définissent la partie non uniforme h du champ, perturbation dont la mesure peut être définie par

$$p = \frac{1}{V}\int_V h^2\, dv,$$

p est de la forme

$$p = A\,|a_2|^2 + B\,|b_1|^2 + Cc^2,$$

lorsque V est un cylindre de révolution d'axe Oz. L'uniformisation du champ peut s'effectuer à l'aide d'un ensemble Σ de cinq barreaux disposés en étoile

(*) Séance du 3 décembre 1951.

(1) F. Bertein, *Ann. Radioélec.*, 2, 1947, p. 379.

(2) M. Soutif, *J. Phys.*, 10, 1949, p. 61 D, exposé bibliographique.

(3) *Phys. Rev.*, 53, 1938, p, 715.

autour de V et d'aimantations réglables à l'aide d'enroulements magnétisants; désignons en effet par des lettres accentuées les coefficients de la loi de potentiel s'ajoutant ainsi à φ; l'hétérogénéité du champ est définie maintenant par les coefficients $(a_2 + a'_2)$, $(b_1 + b'_1)$, $(c + c')$ et les propriétés de Σ permettent d'ajuster $a'_2 b'_1 c'$ de manière à annuler ces coefficients. Le plan moyen de Σ doit toutefois passer en dehors de V sinon b'_1 resterait sensiblement nul.

Il faut veiller d'autre part à ce que le dispositif correcteur n'introduise pas de termes de potentiel de degré supérieur au second; ses pôles doivent à cet effet se trouver à une distance suffisante de V ou être de dimensions assez larges.

Les caractères particuliers des problèmes envisagés peuvent conduire bien entendu à des modifications du système compensateur; tout d'abord la correction du même champ défini par (1) peut s'effectuer à l'aide d'un nombre de barreaux inférieur à 5, à condition que certains soient réglables en orientation autour de V; deux barreaux suffisent par exemple, à condition d'être librement orientables autour de V et dirigés sur ce volume.

L'expression de φ elle-même peut différer de (1), soit que la précision exigée fasse intervenir des termes de degré supérieur au second, soit au contraire que certains termes du deuxième degré soient déjà nuls du fait des symétries de l'aimant.

Il importe de noter enfin que l'application de la méthode risque d'être malaisée s'il s'agit d'aimants à entrefers étroits, la zone d'action des champs compensateurs se trouvant alors réduite en raison de l'effet de blindage dû aux pièces polaires.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *La détermination de la structure fine de la constante diélectrique dans une couche de faible hétérogénéité par des essais de réflexion.* Note de M. **Gottfried Eckart**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une Note précédente [1] nous avons étudié la réflexion de signaux sur des couches de faible hétérogénéité en appliquant la méthode de Schelkunoff. Cette méthode permet de déterminer la variation de ε dans la couche, mais elle exige de l'expérience une précision impossible à obtenir.

Il est préférable d'appliquer la méthode de Bremmer [2], variante de la méthode WKB.

Bremmer écrit pour une onde se déplaçant dans la direction des z positifs

---

[1] *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1294.

[2] *Philips Research Reports*, 4, 1949, p. 1-19 et 161-240; *Physica*, 15, n° 7, 1949, p. 593-608.

($e^{+j\omega t}$ est la fonction du temps) :

$$(1)\qquad E=\sqrt{Z}\left\{\chi_1(z)\,e^{-j\int^z k(z)\,dz}+\chi_2(z)\,e^{+j\int^z k(z)\,dz}\right\},$$

$$(2)\qquad H=\frac{1}{\sqrt{Z}}\left\{+\chi_1(z)\,e^{-j\int^z k(z)\,dz}-\chi_2(z)\,e^{+j\int^z k(z)\,dz}\right\};$$

où $Z=\sqrt{\mu_0\,\mu/\varepsilon_0\,\varepsilon(z)}$ est l'impédance caractéristique du milieu.

Si χ_1 est l'amplitude de l'onde incidente et χ_2 celle de l'onde réfléchie, on a la relation suivante entre χ_1 et χ_2 :

$$(3)\qquad \chi_1(z)=\int_{-\infty}^{z}\chi_2(z)\,e^{2j\int^z k(z)\,dz}\,\frac{d}{dz}\left(\ln\frac{1}{\sqrt{z}}\right)dt,$$

$$(4)\qquad \chi_2(z)=\int_{+\infty}^{z}\chi_1(z)\,e^{-2j\int^z k(z)\,dz}\,\frac{d}{dz}\left(\ln\frac{1}{\sqrt{z}}\right)dz.$$

Comme nous supposons que la variation de la constante diélectrique par rapport à sa valeur moyenne est très faible, nous pouvons faire les mêmes simplifications que pour la méthode de Schelkunoff.

Remplaçons $\int_0^z k(z)\,dz$ par $k_{moy}z$. Comme $Y=1/Z$, écrivons

$$\frac{d}{dz}\ln\sqrt{Y}=\frac{1}{2Y}\,\frac{dY}{dz}$$

et au dénominateur remplaçons Y par $Y_{moy}=\text{const.}$ De même, dans les équations (1) et (2), remplaçons le Z avant la parenthèse par Z moyen. Nous résolvons les équations (3) et (4) par approximations successives en commençant par $\chi_1=\chi_1^{(0)}=1$, χ_2 représente donc la première réflexion et $d\ln\sqrt{Y/dz}$ le coefficient de réflexion de l'unité de longueur.

Nous obtenons de cette façon, pour l'onde réfléchie de fréquence ω

$$(5)\qquad \chi_2=\frac{1}{4\varepsilon_m}\int_{+\infty}^{z}e^{-2j\omega\sqrt{\varepsilon_0\varepsilon_m\mu_0\mu}\,z}\,\frac{d\varepsilon}{dz}\,dz\qquad(\varepsilon_m=\varepsilon_{moy}).$$

Pour un signal incident de la forme

$$(6)\qquad \mathcal{F}_i(t)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{+\infty}S_i(\omega)\,e^{j\omega t}\,d\omega,$$

nous obtenons un signal réfléchi :

$$(7)\qquad \mathcal{F}_r(t)=\frac{1}{4\varepsilon_m\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{+\infty}d\omega\int_{+\infty}^{0}dz\left[e^{j\omega(t-2k'z)}S_i(\omega)\,\frac{d\varepsilon}{dz}\right],$$

où $k'=\sqrt{\varepsilon_0\,\varepsilon_m\,\mu_0\,\mu}$. Nous voyons immédiatement que

$$(8)\qquad \mathcal{F}_r(t)=-\frac{1}{4\varepsilon_m\sqrt{2\pi}}\int_0^{\infty}\mathcal{F}_1(t-2k'z)\,\frac{d\varepsilon}{dz}\,dz$$

quand la couche commence en $z=0$, pour $z<0$, nous pouvons alors prendre $-\infty$ comme limite inférieure d'intégration et nous obtenons une équation intégrale que nous pouvons résoudre par la transformation de Fourier. Nous obtenons

$$(9)\qquad \varepsilon(z) = -\frac{4\varepsilon_m}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\mathbf{F}\{\mathcal{F}_r(t)\}}{S_i(\omega)} \frac{e^{j\omega z}-1}{j\omega} d\omega.$$

Posons

$$S_r(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{0} \mathcal{F}_r(t)\, e^{-j\omega t}\, dt = \mathbf{F}\{\mathcal{F}_r(t)\}$$

pour le spectre de l'impulsion réfléchie, nous obtenons :

$$(10)\qquad \varepsilon(z) = -\frac{4\varepsilon_m}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{S_r(\omega)}{S_i(\omega)} \frac{e^{j\omega z}-1}{j\omega} d\omega.$$

Nous avons ainsi étudié mathématiquement la structure fine de ε au moyen du spectre du signal réfléchi d'une onde incidente plane.

En réalité nous avons des ondes sphériques. Des considérations élémentaires permettent de voir que dans ce cas, on remplace $d\varepsilon/dz$ dans l'équation intégrale par $[1/2(z+h)]\, d\varepsilon/dz$ où h est la distance de l'émetteur au-dessous de la couche. Nous obtenons dans ce cas

$$(11)\qquad \varepsilon(z) = -\frac{4\varepsilon_m}{k'\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{S_r(\omega)}{S_i(\omega)} e^{j\omega z} \left[\left(\frac{z+h'}{j\omega} + \frac{1}{\omega^2}\right) + \frac{1}{\omega}\left(jh' - \frac{1}{\omega}\right)\right] d\omega$$

$$(h' = 2k'h).$$

On voit immédiatement qu'il apparaît un terme en $1/\omega^2$ qui s'annule pour $\omega=0$ et que pour $S_r(\omega)/S_i(\omega)$ continu, l'intégrale admet une valeur principale au sens de Cauchy, à condition que $S_i(\omega)$ et la largeur de bande soient choisis de façon convenable. La fréquence $\omega=0$ n'est pas contenue dans la bande des émetteurs et récepteurs qu'on applique pour une telle expérience.

OPTIQUE. — *Interféromètre pour l'étude en lumière blanche des variations quelconques de chemin optique*. Note (*) de M. **Maurice Françon**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une précédente Note (1) nous avons décrit une méthode d'observation spécialement adaptée à l'étude des objets transparents en microscopie. La méthode est une méthode interférentielle basée sur l'utilisation comme interféromètre du polariscope de Savart.

(*) Séance du 2 janvier 1951.

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1176.

La présente Note montre comment la même méthode et le même dispositif peuvent être employés dans l'étude des aberrations des systèmes optiques et plus généralement des variations quelconques de chemin optique. Le schéma du montage est représenté sur la figure 1. Nous nous plaçons dans le cas où

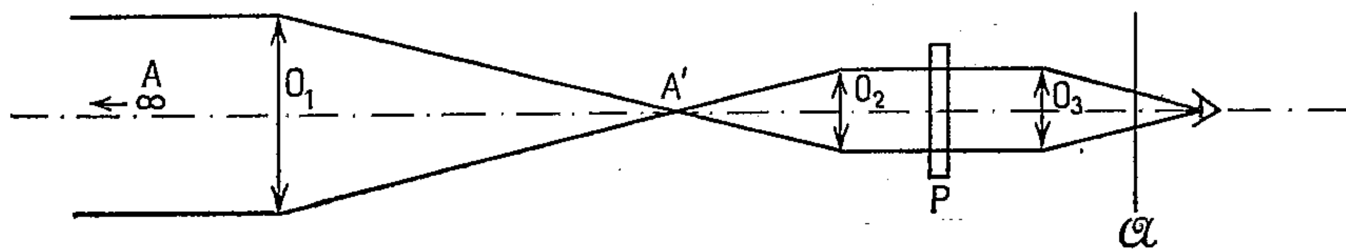


Fig. 1.

l'on veut étudier les aberrations de l'objectif O_1 éclairé par une source ponctuelle A de lumière blanche située à l'infini et polarisée rectilignement. L'image A′ donnée par l'objectif O_1 coïncide avec le foyer objet d'un objectif auxiliaire O_2 supposé parfait ou tout au moins dont les aberrations sont négligeables vis-à-vis de celles de O_1. Cette dernière condition peut être réalisée en prenant un objectif O_2 de bonne qualité et de longueur focale petite devant celle de O_1. Le faisceau de lumière parallèle qui émerge de O_2 traverse le polariscope P et tombe sur l'oculaire O_3. Celui-ci fait converger la lumière sur la pupille de l'observateur devant laquelle se trouve l'analyseur A. L'ensemble O_2O_3 constitue un viseur permettant d'observer l'objectif O_1.

Si l'objectif O_1 est dénué d'aberration, la surface d'onde qui traverse normalement le polariscope P est une surface plane. Le polariscope la dédouble en deux ondes planes polarisées à angle droit et en phase. Le polariseur et l'analyseur étant croisés, la surface de l'objectif O_1 apparaît noire à travers le viseur O_2O_3. Si l'objectif O_1 est aberrant, la surface d'onde est déformée et après traversée du polariscope P il y a interférences entre des vibrations ayant accompli des chemins différents. Des franges apparaissent. Considérons par exemple le cas de l'aberration sphérique du 3ᵉ ordre pour laquelle l'écart entre la surface d'onde réelle et la surface plane idéale est proportionnelle à la quatrième puissance de la distance H à l'axe, c'est-à-dire de la forme aH^4. La partie commune aux deux images de l'objectif O_1 est alors sillonnée de franges colorées dont la forme est représentée sur la figure 2. Si d est le décalage produit par le polariscope, λ la longueur d'onde et k le numéro d'ordre des franges, leur équation est

$$x\left(x^2+y^2+\frac{d^2}{4}\right)=\frac{K\lambda}{4ad}.$$

(Si l'on change x en $-x$, on doit aussi changer le signe du deuxième membre.) Pour que la partie commune aux deux images ne soit pas trop petite par rapport à la surface de l'objectif O_1, le décalage d ne doit pas être trop grand. Un décalage égal au dixième du diamètre de l'image de

l'objectif O_1, est suffisant pour donner déjà une bonne sensibilité. Si l'aberration est faible, il n'y a plus de franges mais seulement des variations de teintes. On a avantage alors à utiliser un compensateur situé du côté de la source d'éclairage ou contre l'œil pour produire une différence de marche $\lambda = 0{,}560\ \mu$

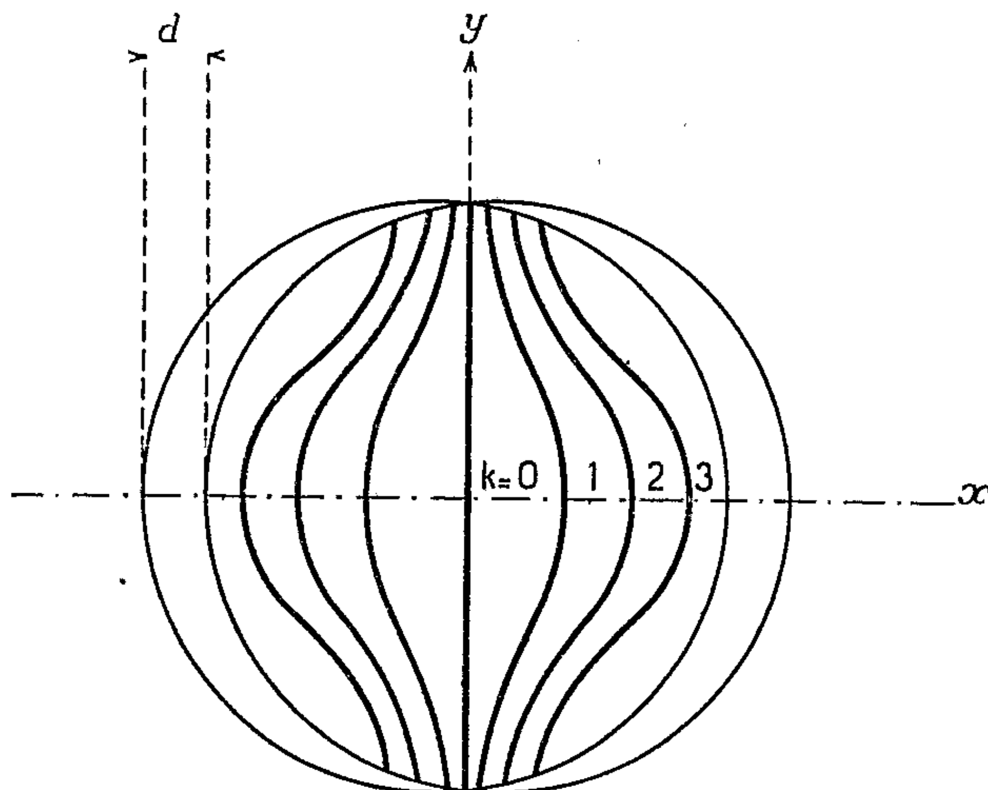


Fig. 2.

entre les deux ondes dédoublées. L'image de l'objectif O_1 apparaît pourpre dans sa partie centrale et montre d'autres couleurs si l'on s'éloigne du centre. Pour une aberration en $\lambda/4$ au foyer paraxial, on voit d'un côté la teinte sensible virer au rouge puis au jaune orangé et de l'autre côté, à l'indigo et au bleu ciel. Les teintes étant « symétriques » par rapport au pourpre. On peut aussi utiliser un deuxième polariscope de Savart interposé entre O_3 et A (*fig.* 1). Au lieu d'observer une teinte plus ou moins uniforme, on voit se dessiner sur l'image de l'objectif O_1 les franges à l'infini de Savart. L'objectif O_1 étant imparfait, ces franges sont déformées et leur déformation permet de mesurer l'aberration de l'objectif. Signalons que le même dispositif peut être utilisé pour l'observation par réflexion.

PHOTOGRAPHIE. — *Procédés photographiques de calcul* (*eulogismographie*). Note de M. **Claude Million**, présentée par M. Eugène Darmois.

Chaque fois que les propriétés ou les valeurs remarquables attachées à différents points d'un plan peuvent être représentées par des noircissements photographiques ou par des variations d'éclairement d'une surface, il est possible d'effectuer, par de simples artifices photographiques, des additions ou des multiplications de grandeurs scalaires propres à ces points, d'en analyser les propriétés résultantes et d'intégrer ces valeurs. Ces artifices

permettent, en particulier, d'effectuer très commodément les calculs suivants :

(1) $z_{xy} = \Sigma_1^n f(\rho_i)$ dans lesquels $i = 1, 2, \ldots, n$,

(2) $z_{xy} = \Pi_1^n f(\rho_i)$

(3) $$\rho = \iint_\Omega \Phi_{xy}\, dx\, dy.$$

ρ est la distance à un point, à une droite ou à une courbe du plan et $f(\rho)$ est une fonction de cette distance.

L'eulogismographie permet aussi le tracé automatique de courbes $z_{xy} = \text{const.}$ dont on peut ignorer l'équation.

Des procédés photographiques de calcul ont déjà été décrits par Huggins [1] et par von Eller [2] pour des synthèses en partant de séries de Fourier (détermination de la maille élémentaire d'un cristal d'après son diagramme de diffraction X). Les méthodes que l'on présente sont assez différentes de celles de ces auteurs.

Pour la mise en œuvre de ces méthodes, on peut, par exemple, représenter une fonction $f(\rho)$ par un cache dont la densité optique $[D = \log(1/T)]$ varie, suivant une direction déterminée, proportionnellement aux valeurs de $f(\rho)$.

La superposition des caches, convenablement repérés, donne une somme de densités qui correspond à la relation (1).

Si l'on impressionne une couche sensible photographique à travers ces caches superposés, la densité, après développement de la couche réceptrice est, en ce point,

$$D \cong \gamma[(\log E_0 - \log K) - \Sigma_1^n D_i].$$

Si l'on admet qu'un éclairement E produit une densité

$$D \cong \gamma \log \frac{E}{K}, \qquad \text{avec} \quad E > K,$$

on a ainsi réalisé la somme (1) au facteur γ et à une constante près.

On peut aussi faire varier la transparence T des caches proportionnellement à $f(\rho)$. Si l'on superpose les caches, la transparence résultante en un point de cette superposition réalise la relation (2). Une couche sensible photographique est impressionnée à travers la superposition de ces caches. La densité, après développement de cette couche est, en ce point,

$$D \cong \gamma[(\log \Pi_1^n T_i) + (\log E_0 - \log K)].$$

Au lieu d'utiliser une superposition de caches, on peut aussi impressionner la couche sensible photographique réceptrice *successivement* derrière chacun

---

(1) *Journ. Amer. Chem. Soc.*, 63, 1941, p. 66.

(2) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1122.

des caches mis en œuvre en employant le même temps de pose t pour chacune de ces expositions.

La somme L des luminations reçues en un point de la couche sensible réceptrice est alors $L = E_0 t \Sigma_1^n T_i$. La densité correspondante en ce point est, après développement et aux erreurs d'additivité près,

$$D \cong \gamma [\log \Sigma_1^n T_i + (\log L - \log K)],$$

ce qui réalise la relation (1).

Dans l'emploi de ces méthodes on peut, par contretypages successifs de l'image résultante à l'aide de films pour l'obtention de grands contrastes, obtenir très aisément une ligne isopaque déterminée sans l'emploi d'un microdensitomètre. L'identification de cette isopaque est rendue possible par l'impression, en conditions convenables, d'une échelle d'opacités connues sur le film enregistreur original (procédé classique en photométrie photographique).

Lorsqu'il s'agit du volume défini par (3), les caches superposés sont éclairés par une source lumineuse et les rayons lumineux ayant traversé la superposition des caches sont concentrés, par un condensateur, sur une photocellule à réponse linéaire reliée à un galvanomètre dont la déviation est alors proportionnelle au volume (3).

En superposant à l'ensemble des masques un cache opaque dans lequel on a découpé une surface limitée par un contour correspondant à une isopaque $z_{xy} =$ const., la déviation du galvanomètre donne le volume qui correspond à cette surface. La photo-cellule et le galvanomètre peuvent être remplacés par une couche sensible photographique en plaçant convenablement un diffuseur entre les caches superposées et celle-ci.

Voici quelques applications des méthodes qui viennent d'être indiquées :

a. Tracé des courbes d'égale densité de probabilité de présence autour d'un point géodésique à déterminer. La méthode de calcul, dite du point approché, donne la position des lieux géométriques déterminant le point. Des caches à isopaques rectilignes dont la transparence T varie suivant une fonction de Gauss, sont superposés et axés sur les visées qu'ils matérialisent. On impressionne une couche photographique à travers cette superposition. Chaque courbe d'égale densité de probabilité détermine une surface Ω et la probabilité de présence du point cherché dans cette surface est donnée par $P = \iint_\Omega d(P)$. La détermination du point de probabilité maximum est facilement obtenue par contretypages successifs de l'enregistrement photographique.

b. Tracé des lignes isophotes d'un plan éclairé par plusieurs sources. On utilise des caches à isopaques circulaires dans lesquels la densité optique varie radialement. L'éclairement en chaque point est la somme des éclairements fournis par les diverses sources.

c. Calcul des moments d'inertie de surfaces compliquées.

d. Tracé de courbes dont les sommes, ou les produits, des distances à *n* points ou à *n* droites sont constants.

Ces quelques exemples ne sont, bien entendu, pas limitatifs.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Caractéristiques spectrales de photocathodes dans l'ultraviolet jusqu'à* 1500 Å. Note de M. **Vladimir Schwetzoff** et Mme **Simone Robin**, présentée par M. Eugène Darmois.

Dans de précédentes Notes ([1]), ([2]) nous avons donné les résultats de nos mesures sur l'effet photoémissif de photocathodes Sb—Cs, Sb—K, Sb—Na et en nous basant sur les données connues à ce moment sur la répartition énergétique d'une lampe à décharge dans l'hydrogène ([3]), nous constations l'absence inattendue de l'effet photoémissif normal dans l'intervalle 2200-3400 Å car la caractéristique spectrale y présentait une chute très accusée vers les courtes longueurs d'onde. Mais de nouvelles données publiées depuis sur la répartition énergétique d'une source à hydrogène ([4]), contredisant les précédentes, laissent croire que l'accroissement d'énergie vers les courtes longueurs d'onde est moins rapide dans cette région et qu'en conséquence la pente de notre caractéristique spectrale doit être moins prononcée.

Comme nous avons constaté d'autre part que la diminution de transparence due aux effets photochimiques connus (pollutions et colorations) ([5]) de notre lentille de fluorine a été beaucoup plus rapide que d'habitude par suite sans doute de la forte intensité (0,8 A) d'une nouvelle lampe en quartz, la réponse des cellules est en fait beaucoup plus grande qu'il n'a été précédemment annoncé, surtout dans la région de Schumann. En conséquence, nous ne pouvons encore rien conclure sur l'intensité de l'effet normal car nous ne disposons pas actuellement des moyens nécessaires pour faire un étalonnage énergétique.

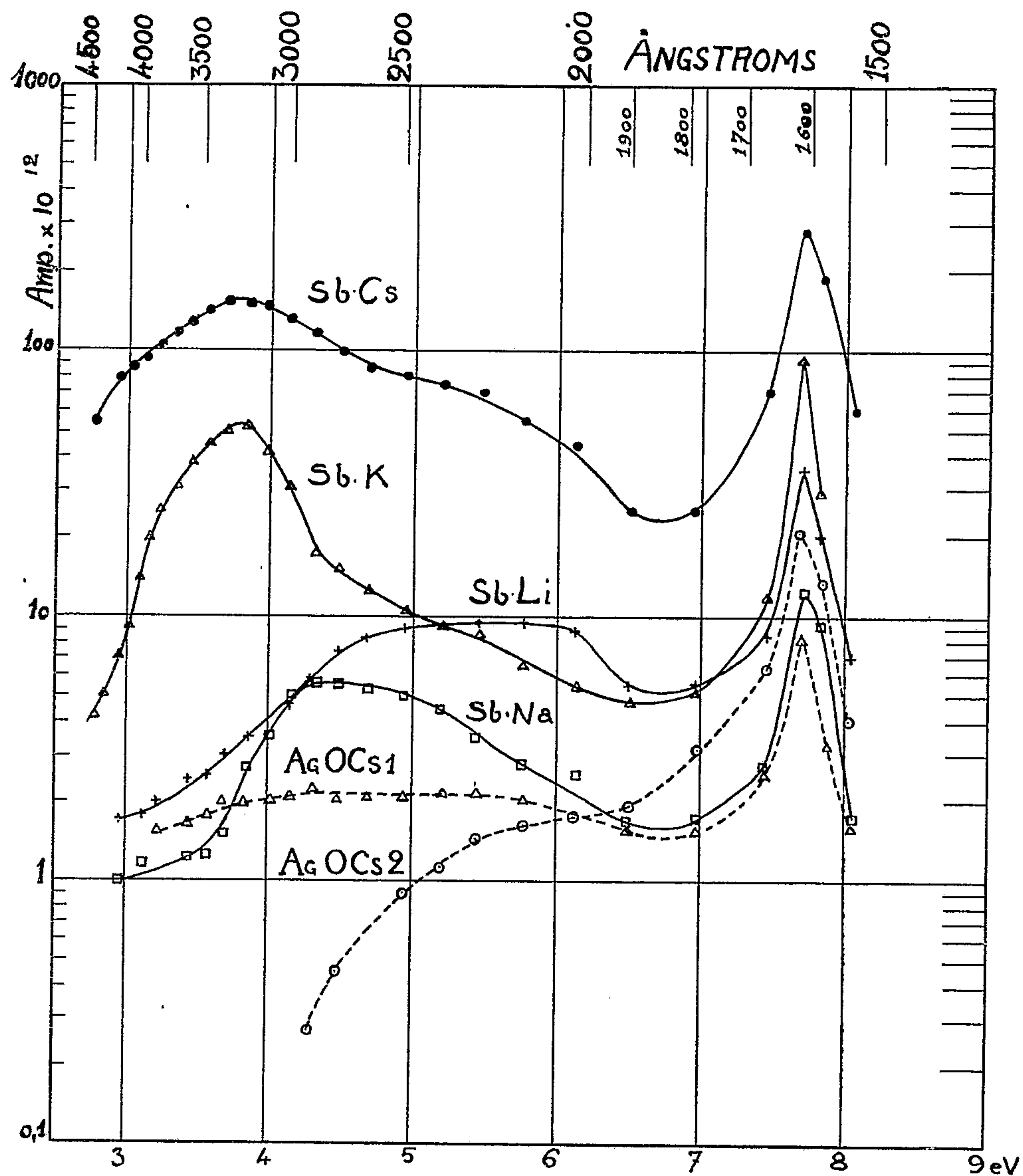
Depuis nos précédentes publications, nous avons complété notre série de cellules par une photocathode Sb—Li et par de nouvelles photocathodes complexes au césium sur argent oxydé. Nous croyons donc indispensable de publier les caractéristiques spectrales actuelles qui corrigent les précédentes pour Sb—Cs, Sb—K, Sb—Na et permettent la comparaison avec Sb—Li et Ag—O—Cs dans les mêmes conditions de mesure, c'est-à-

---

([1]) V. Schwetzoff et Mme S. Robin, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 475.
([2]) V. Schwetzoff et Mme S. Robin, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 518.
([3]) G. Déjardin et Mlle R. Schwegler, *Rev. Opt.*, **13**, 1934, p. 313.
([4]) D. M. Packer et C. Lock, *J. Opt. Soc. Amer.*, **41**, 1951, p. 699.
([5]) J. R. Platt et H. B. Klevens, *Rev. Mod. Phys.*, **16**, 1944, p. 182.

dire sans autres hypothèses sur l'énergie incidente. (Largeur de bande : 10 Å; lampe : 0,8 A.)

Ces résultats montrent clairement que la région de Schumann est très favorable à l'utilisation des récepteurs photoélectriques. La figure repré-



sente les courbes spectrales (non corrigées de l'énergie pour les raisons dites) des cellules répondant à la lampe à hydrogène; (ordonnées : courants en échelle logarithmique; abscisses : énergies des photons en électrovolts). Le maximum dans le proche ultraviolet de chaque photocathode est caractéristique de celle-ci; l'autre maximum correspond au paquet de 1608 Å de l'hydrogène.

La photocathode Sb—Li a été déposée sur une plaque de Pt par évaporation sous vide dans la cellule successivement de Sb, puis de Li, suivie d'un léger étuvage. Comme il ne fut réalisé qu'une seule cellule de ce type, nous ne présentons pas ces résultats comme définitifs, mais nous remarquerons cependant, ainsi qu'il a déjà été observé dans le visible [6], [7], que les propriétés photoélectriques du composé Sb—Li dans l'ultraviolet ne se rangent pas suivant l'ordre des poids atomiques des alcalins.

La cellule Ag—O—Cs—1 a été sensibilisée par la méthode classique alors que la cellule Ag—O—Cs—2 a été délibérément soumise à un étuvage plus prolongé, ce qui a eu pour effet de réduire sa sensibilité pour les grandes longueurs d'onde, mais il apparaît que c'est en faveur de la sensibilité à l'ultraviolet. Ce traitement n'est donc pas défavorable au but que nous poursuivons.

Toutes ces cellules répondent convenablement jusque vers 1500 Å où c'est encore la photocathode Sb—Cs qui est la plus sensible.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Remarques sur la photodésintégration de quelques éléments légers.* Note (*) de M. **Raymond Chastel**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Dans une Note précédente [1] j'ai montré que la photodésintégration du carbone 12 par les rayons γ de 17,6 MeV se produisait par un mécanisme de tripartition. Cette interprétation rend compte de tous les faits expérimentaux. Au cours du travail qui a conduit à cette publication, j'ai essayé de rendre compte des résultats expérimentaux en admettant une réaction en deux étapes avec corrélation angulaire entre l'émission de la première particule α et la désintégration en vol du ${}^{8}_{4}\mathrm{Be}$ excité [2], [3], [4], [5].

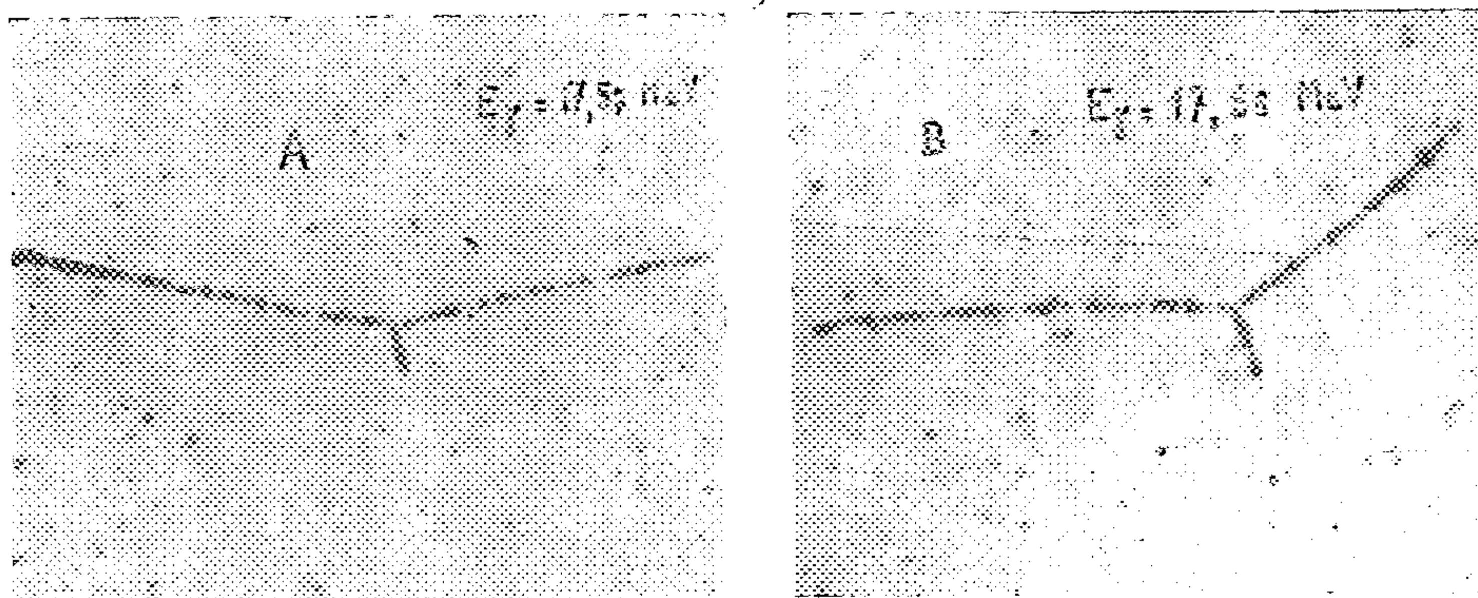
Ces tentatives seront discutées en détail dans une publication ultérieure [6]. Mais l'hypothèse de la tripartition m'est apparue, non seulement comme plus satisfaisante du point de vue théorique, mais encore comme rendant compte complètement des données expérimentales (*figure*).

---

(6) P. Görlich, *Z. techn. Phys.*, 18, 1937, p. 460.
(7) N. Shaetti et W. Baumgartner, *Z. ang. Math. Phys.*, 1, 1950, p. 268.

(*) Séance du 7 janvier 1952.
(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1440.
(2) Hänni, Telegdi et Zünti, *Helv. Phys. Acta*, 21, 1948, p. 203.
(3) Goward, Telegdi et Wilkins, *Proc. Phys. Soc.*, 63 A, 1950, p. 402.
(4) Chastel, *J. Phys.*, 11, 1950, p. 55 S.
(5) Telegdi et Zünti, *Helv. Phys. Acta*, 23, 1950, p. 745.
(6) Chastel, *Thèse doctorat ès Sciences* (en préparation).

Dans une récente publication ([7]), Telegdi auquel j'avais communiqué une partie de mes résultats expérimentaux, ainsi que mes premières publications ([8]), ([4]), émet sans citer mon travail l'hypothèse d'une corrélation de la forme $W(\delta) = A \sin^2 \delta \cos^2 \delta$ pour expliquer les courbes de distribution

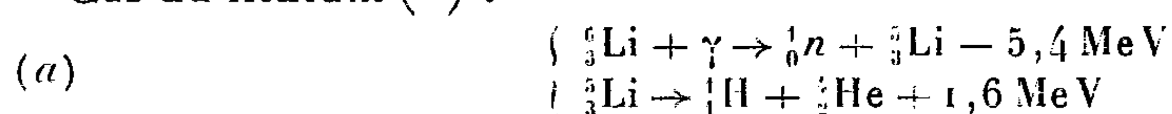


A et B microphotographies de deux phototripartitions du carbone 12 situées sensiblement dans le plan frontal de l'objectif. La similitude d'aspect donne directement l'idée de l'étoile la plus probable quant aux parcours des branches de rayons α et aux angles de ces branches. L'écart par rapport à la symétrie ternaire du phénomène peut s'expliquer par l'apport de quantité de mouvement par le photon responsable de la tripartition. Microscope Cooke et Cie. Objectif × 95. Oculaire × 8. Observateur : Mlle Savel.

des énergies des particules α mesurées sur les étoiles à trois branches de photodésintégration de $^{12}_{6}C$. Il abandonne son hypothèse faisant intervenir un niveau excité de 8 MeV pour $^{8}_{4}Be$. Ma Note précédente montre qu'il est aussi illusoire de faire intervenir un niveau de 8 MeV qu'un niveau de 3 MeV et rend par conséquent très douteuse l'interprétation donnée dans sa publication.

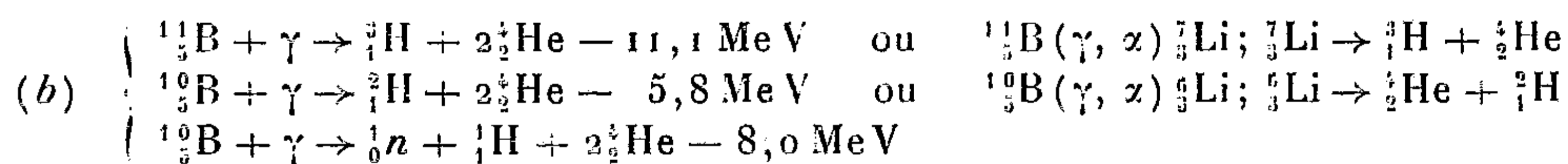
Mes résultats montrent qu'il est nécessaire de reprendre l'interprétation des mécanismes de différentes réactions de photodésintégrations ayant déjà donné lieu à des publications.

Cas du lithium ([9]) :



$$(a)\quad \begin{cases} ^{6}_{3}\mathrm{Li} + \gamma \rightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{5}_{3}\mathrm{Li} - 5{,}4\ \mathrm{MeV} \\ ^{5}_{3}\mathrm{Li} \rightarrow {}^{1}_{1}\mathrm{H} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} + 1{,}6\ \mathrm{MeV} \end{cases}$$

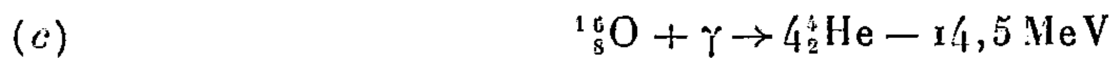
Cas du bore ([10]) ([11]) ([12]) ([13]) :



$$(b)\quad \begin{cases} ^{11}_{5}\mathrm{B} + \gamma \rightarrow {}^{3}_{1}\mathrm{H} + 2\,{}^{4}_{2}\mathrm{He} - 11{,}1\ \mathrm{MeV} & \text{ou} \quad ^{11}_{5}\mathrm{B}(\gamma, \alpha)\,{}^{7}_{3}\mathrm{Li};\ {}^{7}_{3}\mathrm{Li} \rightarrow {}^{3}_{1}\mathrm{H} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} \\ ^{10}_{5}\mathrm{B} + \gamma \rightarrow {}^{2}_{1}\mathrm{H} + 2\,{}^{4}_{2}\mathrm{He} - 5{,}8\ \mathrm{MeV} & \text{ou} \quad ^{10}_{5}\mathrm{B}(\gamma, \alpha)\,{}^{6}_{3}\mathrm{Li};\ {}^{6}_{3}\mathrm{Li} \rightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He} + {}^{2}_{1}\mathrm{H} \\ ^{10}_{5}\mathrm{B} + \gamma \rightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{1}_{1}\mathrm{H} + 2\,{}^{4}_{2}\mathrm{He} - 8{,}0\ \mathrm{MeV} & \end{cases}$$

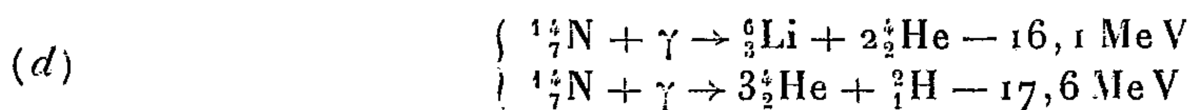
([7]) *Phys. Rev.*, 84, 1951, p. 600.
([8]) *J. Phys.*, 11, 1950, p. 291.
([9]) Titterton, Brinkley, *Proc. Phys. Soc.*, 64, 1951, p. 212.
([10]) Brinkworth et Titterton, *Phil. Mag.*, 42, 1951, p. 952.
([11]) Brinkworth et Titterton, *Phil. Mag.*, 42, 1951, p. 1191.
([12]) Calcraft et Titterton, *Phil. Mag.*, 42, 1951, p. 666.
([13]) Goward, Titterton et Wilkins, *Proc. Phys. Soc.*, 63, 1950, p. 171.

Cas de l'oxygène (14) (15) (16) (17) :



(c) $$^{16}_{8}O + \gamma \rightarrow 4\,^{4}_{2}He - 14,5\ MeV$$

Cas de l'azote (18) (19) :



(d) $$\begin{cases} ^{14}_{7}N + \gamma \rightarrow\,^{6}_{3}Li + 2\,^{4}_{2}He - 16,1\ MeV \\ ^{14}_{7}N + \gamma \rightarrow 3\,^{4}_{2}He + \,^{2}_{1}H - 17,6\ MeV \end{cases}$$

Dans ces différents cas les possibilités de réactions à 3 et 4 particules semblent avoir été éliminées sans arguments sérieux.

J'ai entrepris des expériences pour préciser à l'aide des rayons γ de 14,8 MeV et 17,6 MeV du lithium le mécanisme des réactions (*a*) et (*b*).

Mais en utilisant les statistiques reproduites dans ces publication (9), (10), (11), (12), (13), (14), (15), (16), (17), (18), (19) suivant la méthode que j'ai publiée (1), l'on voit que :

1° Un nombre extrêmement faible de désintégrations fait intervenir de $^{8}_{4}Be$ dans son état fondamental (traces en forme de V, indiquant la désintégration en vol en 2α de $^{8}_{4}Be$);

2° Les tripartitions et quadripartitions sont beaucoup plus fréquentes; elles ne font naturellement pas intervenir de niveaux excités de $^{8}_{4}Be$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude radiocristallographique du méthanol solide.* Note de MM. Bertrand Dreyfus-Alain et Jean-Michel Dunoyer, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'étude radiocristallographique du méthanol à l'état solide met en évidence un changement de structure vers 159° K. Entre cette température de transition et le point de fusion, le méthanol cristallise dans le système hexagonal compact.

L'étude des alcools aliphatiques par les techniques radiocristallographiques a débuté il y a 25 ans (1). Toutes les observations faites sur ces composés jusqu'à une époque récente sont relatives à l'état liquide, tout au moins en ce qui concerne les alcools liquides dans les conditions ordinaires.

Plusieurs auteurs ont mis en évidence, par l'observation d'anomalies dans la variation de la chaleur spécifique (2) ou dans celle de la constante diélectrique (3) du solide, une transition au voisinage de 159° K (F à 175,4° K).

(14) Wilkins et Goward, *Proc. Phys Soc.*, 63, 1950, p. 1173.
(15) Goward et Wilkins, *Proc. Phys. Soc.*, 64, 1951, p. 93.
(16) Goward et Wilkins, *Proc. Phys. Soc.*, 64, 1951, p. 94.
(17) Goward et Wilkins, *Proc. Phys. Soc.*, 63 A, 1950, p. 1171.
(18) Wilkins et Goward, *Proc. Phys. Soc.*, 63, 1950, p. 663.
(19) Goward et Wilkins, *Proc Phys. Soc.*, 64, 1951, p. 313.

(1) G. W. Stewart et R. Morrow, *Phys. Rev.*, 30, 1927, p. 232.
(2) K. K. Kelley, *J. Amer. Chem. Soc.*, 51, 1929, p. 180.
(3) C. P. Smyth et S. A. McNeight, *J. Amer. Chem. Soc.*, 58, 1936, p. 1597.

Aussi, il nous a paru intéressant d'appliquer au méthanol la technique de radiocristallographie à basse température mise au point par MM. Bouttier et J. M. Dunoyer ([4]) et appliquée récemment à l'octanol ([5]).

Une série de diagrammes obtenus entre le point de fusion du méthanol et la température d'ébullition de l'air liquide sous 75 cm de mercure montrent qu'il existe effectivement un changement de structure à 159°K.

1° Entre 159 et 175°K, les angles de Bragg des premières réflexions permettent de caractériser une structure du type hexagonal compact. Les paramètres du réseau sont, avec $c/a = 1,63$, $a = 4,44 \pm 0,04$ et $c = 7,25 \pm 0,05$:

Angles de Bragg. Θ.	Distances réticulaires. *d* (Å).	Indices de Miller. *hk.l.*	Angles de Bragg. Θ.	Distances réticulaires. *d* (Å).	Indices de Miller. *hk.l.*
11°26'.........	$3,87_8$	10.1	22°12'.........	$2,03_4$	10.3
12°12'.........	$3,63_7$	00.2	23°56'.........	$1,89_5$	11.2
13° 4'.........	$3,40_0$	10.1	27°54'.........	$1,64_3$	10.4
16°54'.........	$2,64_9$	10.2	30°44'.........	$1,50_7$	20.3
20°20'.........	$2,21_2$	11.0			

(Méthode de Debye-Scherrer; Cu, Kα.)

$T = 165°K \pm 3°$.

2° En dessous de 159° K, de nouveaux anneaux de diffraction apparaissent. Il est cependant difficile pour l'instant de préciser à quelle autre structure ils se rattachent. En effet, les anneaux caractéristiques de la première structure subsistent affaiblis, en raison principalement des difficultés rencontrées pour la délimitation d'un domaine suffisamment étroit de température, nettement au-dessous de la transition. Il est possible qu'intervienne également un phénomène d'hystérésis, auquel se rattacheraient les observations de Smyth et Mc Neight sur la variation de la constante diélectrique entre 133 et 159° K ([6]).

Il semble cependant assuré dès à présent que les réflexions suivantes caractérisent le second domaine de cristallisation :

Angles de Bragg (Θ).	Distances réticulaires *d* (Å).
9°24' ± 6' forte, très large	4,70 ± 0,05
9°50 ± 2' moyenne........................	4,50 ± 0,01
10°16 ± 4' forte, large......................	4,31 ± 0,02
13°30 ± 2' forte..........................	3,29 ± 0,01
13°48 ± 2' forte..........................	3,22 ± 0,01
14°10 ± 2' faible.........................	3,14 ± 0,01
15°54 ± 6' très faible, très large............	2,80 ± 0,02
17°20 ± 4' moyenne, large..................	2,50 ± 0,01

(Méthode de Debye-Scherrer; Cu, Kα.)

$T = 145°K \pm 5°$. Raies nouvelles.

([4]) Publication en cours.

([5]) J.-M. Dunoyer, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 41.

([6]) *Loc. cit.*

Nous nous efforçons actuellement de préciser si ces réflexions sont les seules à caractériser la structure du méthanol au-dessous de 159°K, ou si certaines raies du réseau primitif doivent être conservées.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Tension superficielle des halogénures alcooliques.* Note (*) de M. **Jean-François Joliet**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Quand, dans une série normale $H-(CH_2)_n-X$, on passe d'un composé en C_n au composé en C_{n+1}, on constate que, pour les grandes valeurs de n, l'accroissement du parachor est légèrement supérieur à la valeur moyenne $P_{CH_2} = 39,2$ attribuée par Sugden au parachor du groupement CH_2. Pour $10 \leq n \leq 15$ par exemple, $P_{CH_2} = 39,6$. On sait d'autre part qu'à une température donnée, le passage d'un composé normal $C_nH_{2n+1}X$ au suivant s'accompagne d'un accroissement de volume constant (16,6 cm³ à 30° C) qui représente le volume molaire d'encombrement de CH_2.

Appliquée à ce groupement, la relation de Sugden

$$\frac{M}{D-d}\gamma^{\frac{1}{4}} \simeq V\gamma^{\frac{1}{4}} = P$$

donne, pour γ_{CH_2}, la valeur 32,4 dynes:cm que l'on peut appeler tension superficielle spécifique du groupement CH_2. Or, les courbes (*fig.* 1) qui

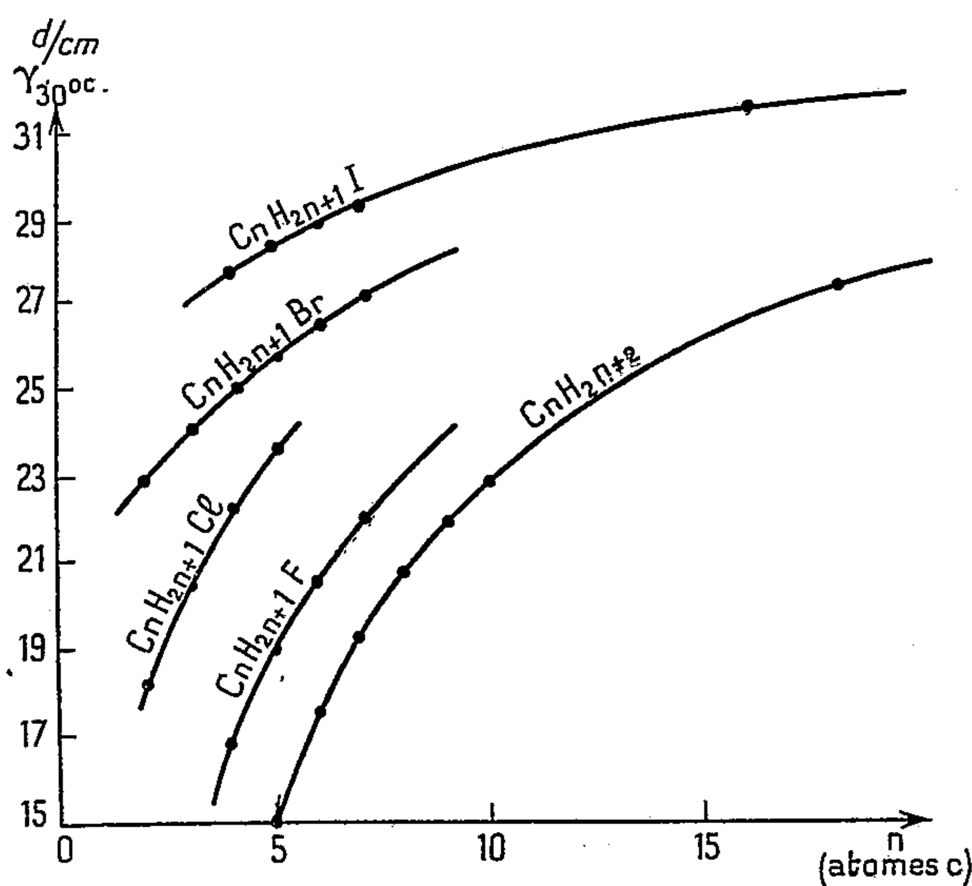


Fig. 1.

représentent la tension superficielle des composés normaux $C_nH_{2n+1}X$, où X est un halogène, en fonction du nombre n d'atomes de carbone, paraissent tendre vers une limite commune comprise entre 32 et 33 dynes:cm.

(*) Séance du 7 janvier 1952.

Le nombre de corps d'une même série, dont la tension superficielle a été déterminée par capillarité [1] est trop restreint pour que l'examen des courbes précédentes permette d'affirmer l'existence de cette limite commune, mais deux méthodes différentes semblent conduire à ce résultat.

Équation des courbes $\gamma_t = f(n)$. — Soient γ_t la tension superficielle, à t° C, d'un composé normal $C_nH_{2n+1}X$ et A la limite vers laquelle tend γ_t quand n croît (*fig.* 2).

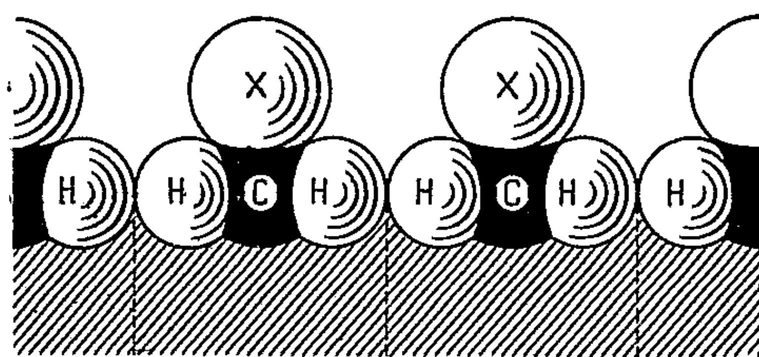


Fig. 3.

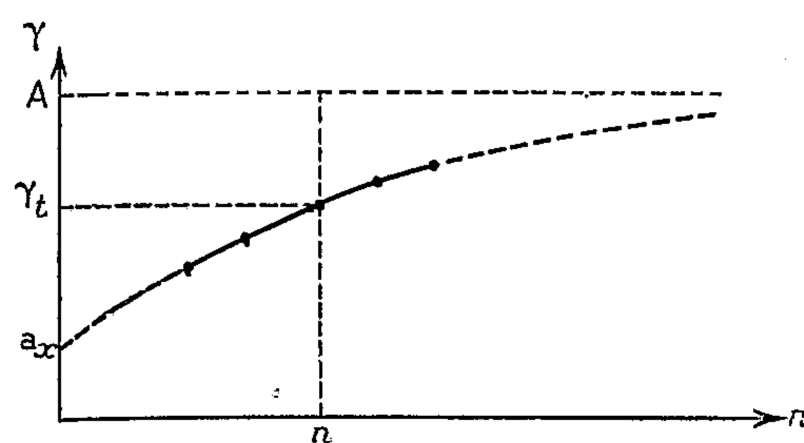


Fig. 2.

L'hypothèse la plus simple est que $d(A - \gamma_t) = -k\gamma_t\, dn$. En intégrant, on a

$$A - \gamma_t = (A - a_X)\, e^{-kn}, \qquad (1)$$

où a_X est la valeur de γ_t pour $n = 0$.

A représente la TS d'un composé acyclique constitué d'une infinité de groupements CH_2 et a_X la TS d'un liquide monoatomique hypothétique où les centres des atomes d'halogène X, disposés à la surface libre de la phase liquide, ont mêmes coordonnées que les centres des groupements CH_2 (*fig.* 3).

TABLEAU I.

	Chlorures.		Bromures.		Iodures.	
n.	γ exp^e.	γ calc.	γ exp^e.	γ calc.	γ exp^e.	γ calc.
C_4.......	22,4	22,4	25,2	25,0	27,9	27,9
C_5.......	23,8	23,7	26,0	26,0	?	28,6
C_6.......	?	24,8	26,8	26,8	29,1	29,1
C_7.......	–	–	27,5	27,5	29,5	29,5
....	–	–	–	–	–	–
C_{16}......	–	–	–	–	31,9	31,8

A partir de la relation (1) on obtient [2], comme le montre le tableau I, les

---

(1) AUGER et DERVICHIAN, *Table annuelle des Constantes.*

(2) La relation (1) n'est applicable que pour $n \geq 4$. Pour les valeurs inférieures on observe des irrégularités analogues à celles que l'on rencontre dans l'étude d'autres propriétés physiques (densités, points de fusion, etc.).

tensions superficielles des halogénures alcooliques normaux, à 30°C, avec une précision très satisfaisante si l'on donne à A, a_X et k les valeurs suivantes :

	Fluorures.	Chlorures.	Bromures.	Iodures.	
a_X.........	5	15	19,4	24,3	
A..........	32,5	32,3	32,4	32,7	valeur moyenne 32,5
k..........	0,140	0,140	0,140	0,140	

En dehors des renseignements que peuvent fournir ces résultats sur l'orientation des molécules à la surface libre du liquide, il semble que l'on peut tirer de l'étude précédente, les conclusions suivantes :

1° L'influence de l'atome d'halogène terminal X, sur la tension superficielle du composé normal $C_nH_{2n+1}X$, décroît exponentiellement quand n croît.

2° Quel que soit l'halogène, cette tension tend vers la tension spécifique du groupement CH_2 telle qu'on la déduit du parachor de ce groupement.

3° Le coefficient k, indépendant de l'halogène, paraît être caractéristique du support $—(CH_2)_n—H$ de cet élément.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Domaines d'existence de deux complexes cuivriques de l'α-alanine.* Note de M. **Jean Curchod** et Mlle **Marguerite Quintin**, présentée par M. Louis Hackspill.

Étude spectrophotométrique des mélanges d'α-alanine et de SO_4Cu. Mise en évidence d'un complexe Cu (α-alanine) à pH < 4 et d'un complexe Cu $(\alpha\text{-alanine})_2$ à pH > 8. Coexistence de ces deux complexes aux pH intermédiaires.

De nombreux auteurs ont déjà abordé l'étude des complexes de l'α-alanine et du cuivre, mais les résultats obtenus sont très loin de concorder.

Boorsook et Thimann (1), par exemple, à partir de mesures spectrophotométriques, concluent à l'existence de quatre complexes Cu $(\alpha\text{-alanine})_2$, Cu_2 $(\alpha\text{-alanine})_3$, Cu $(\alpha\text{-alanine})_3$ ou Cu_2 $(\alpha\text{-alanine})_5$ et Cu $(\alpha\text{-alanine})_{\geq 3}$. Kaefer (2), en basant ses travaux sur les différences de solubilités de l'iodate de cuivre dans les solutions d'α-alanine, admet l'existence de trois complexes Cu $(\alpha\text{-alanine})^+$, Cu $(\alpha\text{-alanine})_2$ et Cu (α-alanine) H^{++}, tandis que Monk (3), qui a repris la même méthode, s'il admet bien les deux premiers complexes, ne parle plus du troisième, mais laisse supposer l'existence d'un Cu $(\alpha\text{-alanine})_3$ en très faibles quantités d'ailleurs.

Enfin Li et Doody (4) grâce à des études polarographique, potentiométrique, et conductimétrique donnent seulement Cu $(\alpha\text{-alanine})^+$ et Cu $(\alpha\text{-alanine})_2$.

(1) *J. Biol. Chem.*, 98, 1932, p. 671.
(2) *J. Amer. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 476.
(3) *Transactions of Faraday Society*, 47, 1951, p. 285.
(4) *J. Amer. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 1891.

Mais de tous ces auteurs seuls Boorsook et Thimann semblent voir l'importance fondamentale jouée par le pH dans l'existence de ces complexes. C'est pour cela qu'il nous a semblé intéressant de reprendre cette question, d'établir les formules exactes de ces complexes, leurs domaines d'existence, leurs courbes d'absorption, et de calculer leurs constantes d'équilibre.

La méthode employée est la même que celle dont nous nous sommes servis pour étudier les complexes de la β-alanine avec le cuivre (5). Nous rappellerons simplement que nous déterminons le cuivre libre par électrométrie, tandis que les complexes sont déduits de mesures spectrophotométriques faites au moyen d'un spectrophotomètre Beckmann.

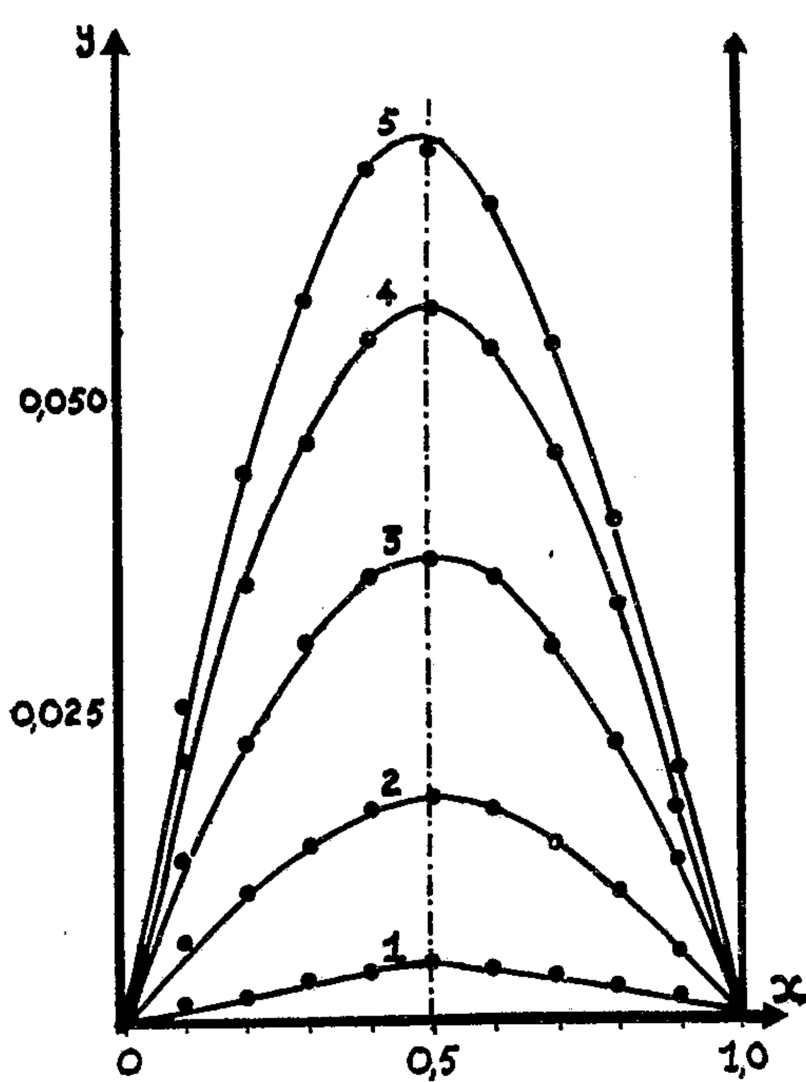


Fig. 1.

1. λ = 9000 Å; 2. λ = 8500 Å; 3. λ = 8000 Å; 4. λ = 7500 Å; 5. λ = 7000 Å.
Courbe 1.

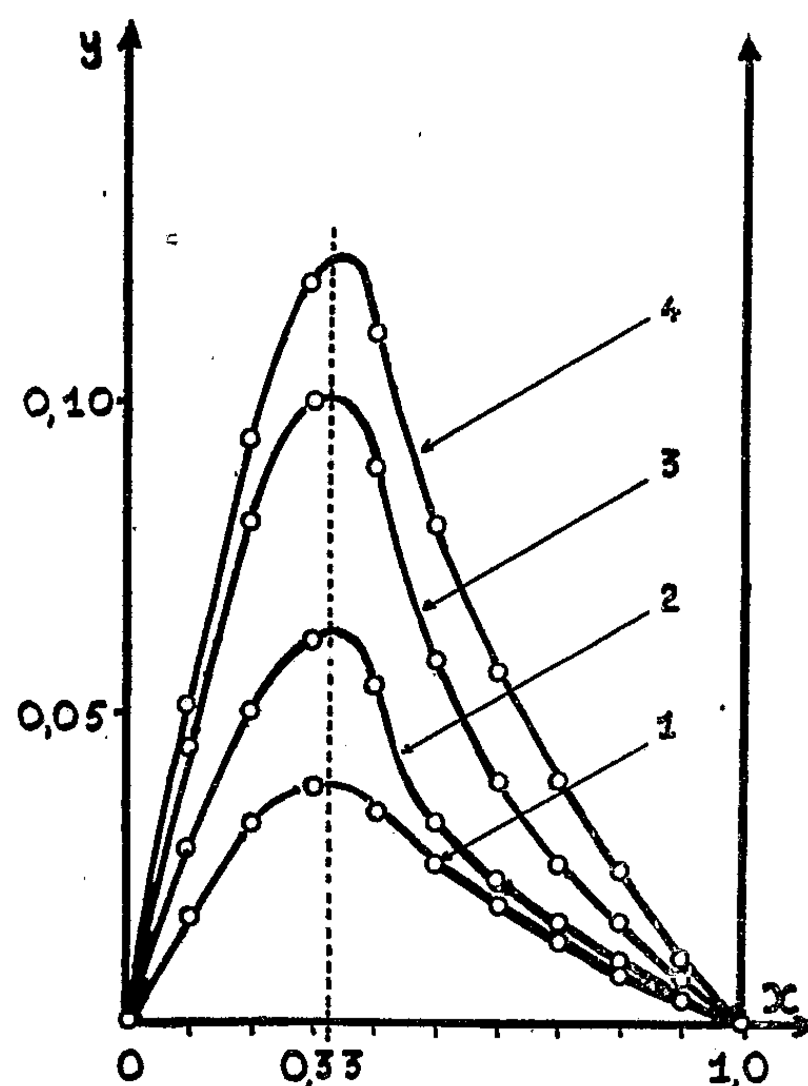


Fig. 2.

1. λ = 5200 Å; 2. λ = 5400 Å; 3. λ = 5700 Å; 4. λ = 5900 Å.
Courbe 2.

Mise en évidence de deux complexes. — 1° Si aux pH très acides, c'est-à-dire à pH < 2 nous étudions les courbes d'absorption de différents mélanges formés de x cm³ de $SO_4Cu(a)$, dans $SO_4K_2(c)$ et de $(1-x)$cm³ de α-alanine (a) dans $SO_4K_2(c)$, elles sont identiquement les mêmes que celles du cuivre seul. De plus, si nous construisons les courbes $\Delta = f(x)$ (Δ représentant les densités optiques des solutions), on retrouve les droites représentatives de la loi de Beer pour le cuivre. Il n'y a donc formation d'aucun complexe.

(5) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1662 et 2210.

2° Dans une zone de pH comprise entre 2 et 4, il se forme un complexe Cu(α-alanine). En effet si, suivant la méthode de P. Job ([6]), nous construisons les courbes $y = \Delta - \Delta_0 = f(x)$, Δ_0 étant la densité optique qui correspondrait aux solutions sans α-alanine, ces courbes pour diverses longueurs d'onde présentent toutes un maximum à $x = 0,5$, ce qui correspond d'après la théorie à un complexe 1-1.

3° Dans une zone de pH comprise entre 4 et 8, si l'on construit de même les courbes $y = \Delta - \Delta_0 = f(x)$ pour diverses longueurs d'onde, on voit apparaître au fur à mesure que λ décroît un déplacement du maximum vers $x = 0,33$, ce qui prouve l'existence à côté du complexe Cu(α-alanine) d'un deuxième $Cu(\alpha\text{-alanine})_2$. Ainsi à pH 4,80, c'est encore le premier complexe qui prédomine, tandis qu'à pH 6,50, c'est le deuxième complexe qui est prépondérant (*fig* 1 et 2).

4° Aux pH très alcalins, il ne nous est plus possible de construire les courbes $y = f(x)$ par suite de la précipitation du cuivre dans un certain nombre de mélanges. Néanmoins nous pouvons montrer qu'à partir de pH = 8,0 il n'y a plus dans les solutions qu'un seul complexe, car à ce moment-là quelle que soit la valeur de x, les courbes $\Delta = f(x)$ ont un maximum pour $\lambda = 6200$ Å et ces différentes courbes se déduisent de celle pour $x = 0,1$ par simple multiplication. Le corps coloré en solution à ce pH suit la loi de Beer. Nous verrons ultérieurement que ce complexe est le deuxième complexe envisagé $Cu(\alpha\text{-alanine})_2$.

Dans une prochaine Note nous donnerons les pourcentages des divers constituants de la solution : Cu^{++} libre, Cu(α-alanine), $Cu(\alpha\text{-alanine})_2$, en fonction de pH. Nous établirons les courbes d'absorption de ces trois composés et nous calculerons les constantes de dissociation des complexes.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Échange d'iode entre le paraiodophénol et l'iodure de sodium.* Note (*) de MM. **Serge May** et **Bernard Giraudel**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'énergie d'activation de la réaction d'échange d'iode entre le paraiodophénol et l'iodure de sodium est mesurée et trouvée égale à 25 k cal : mol. Le solvant employé est le 2-octanol.

Il semble que la réaction soit sous la dépendance d'un processus monomoléculaire. Ainsi, tandis qu'un substituant attractif tel que NO_2 placé en para sur l'iodobenzène rend la réaction bimoléculaire ([1]), un substituant répulsif ne change pas l'ordre de la réaction d'échange.

([6]) *Ann. Chim.* (10), 9, 1928, p. 113; (11), 6, 1936, p. 97.

(*) Séance du 2 janvier 1952.

([1]) Kristjanson et Winkler, *Canad. J. Chem.*, 29, n° 2, 1951, p. 154-161.

Mode opératoire. — On dissout le paraiodophénol dans le 2-octanol, ainsi que le radioiodure de sodium (en provenance de la pile de Châtillon). Les solutions alcooliques sont dosées gravimétriquement.

Les mélanges d'un volume total de 10 cm³ sont placés dans un autoclave Prolabo que l'on chauffe dans un bain-marie thermostatique à huile pendant un temps déterminé.

L'échange est stoppé par refroidissement rapide du tube réactionnel. Le mélange est alors jeté dans une ampoule à décanter contenant de l'eau. L'iodure de sodium est extrait par la phase aqueuse.

La phase organique est traitée à 80° pendant 2 h par 1 cm³ d'amalgame de sodium à 1 % en présence d'alcool éthylique et d'eau, ce qui transforme l'iode du paraiodophénol en iodure de sodium.

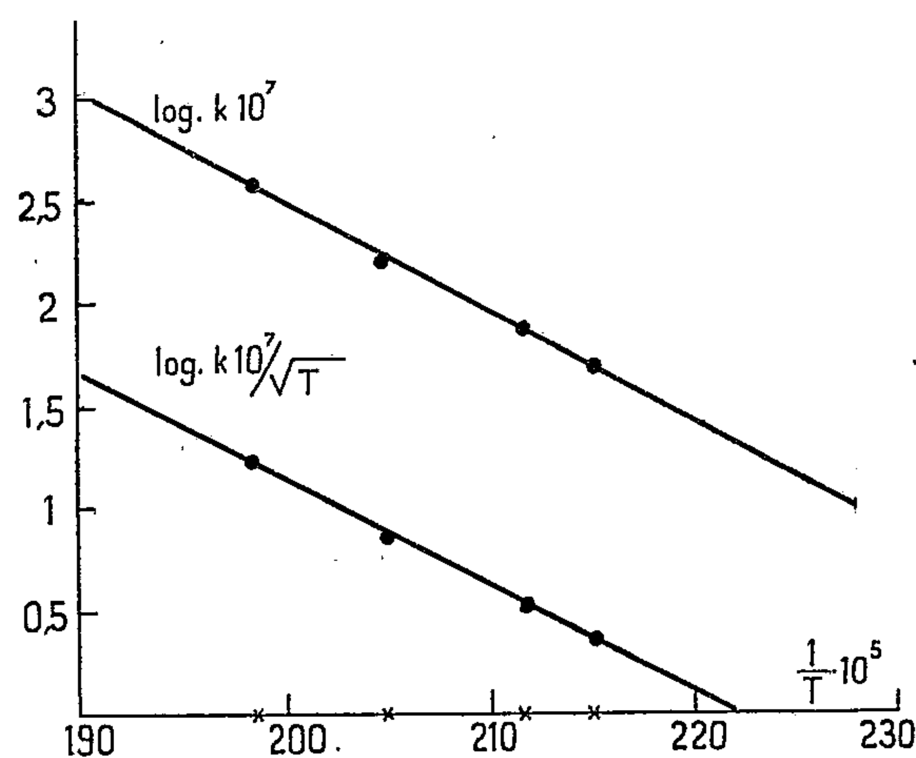
L'iodure de sodium ainsi formé et celui provenant de la phase aqueuse sont transformés en iodure d'argent par précipitation avec une solution alcoolique de nitrate d'argent en milieu nitrique. Les activités des précipités d'iodure d'argent sont mesurées et comparées à celle d'un étalon.

Résultats. — Les constantes de vitesse de réaction sont calculées à l'aide des formules classiques décrivant un échange bimoléculaire simple et à l'aide de celles décrivant un échange monomoléculaire simple initié par l'iodure organique (ordre 0 par rapport à l'iodure de sodium).

Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus :

Température (°C).	Temps de contact (h).	Concentration de INa (m. mol : l).	Concentration de *p*-iodophénol (m. mol : l).	$10^5 k$ l. mol⁻¹ : s⁻¹. Ordre total : 2.	$10^5 k$ s⁻¹. Ordre total : 1.	
231....	3	17,30	19,55	245	4,23	
231....	3	37,30	19,55	96	3,57	3,73
231....	3	56,93	19,55	64,5	3,67	
231....	3	96,93	19,55	35,5	3,44	
215....	3	18,05	19,45	78,25	1,41	
215....	5	18,05	19,45	60,25	1,09	1,51
215....	7	18,05	19,45	113	2,04	
200....	3	18,05	19,45	65,8	1,10	
200....	3	18,05	97,25	48,3	0,87	
200....	5	16,93	19,55	42,7	0,72	
200....	5	36,93	19,55	28,8	1,06	
200....	7	16,93	19,55	35,2	0,59	0,75
200....	7	18,05	97,25	28,8	0,52	
200....	7	98,05	19,45	6,83	0,67	
200....	7	18,05	9,72	39,1	0,70	
200....	7	9,025	19,45	57	0,51	
192....	9 35	18,05	19,45	22,7	0,41	
192....	13 53	18,05	19,45	19,1	0,35	0,46
192....	20	18,05	19,45	34,6	0,62	

Discussion. — Ce tableau semble montrer que le processus réactionnel est monomoléculaire. La courbe de $\log k$ ou de $\log k/\sqrt{T}$ en fonction de la

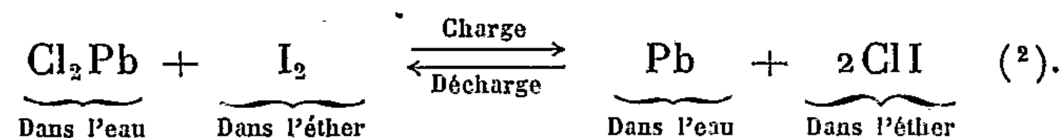


température permet de déterminer une énergie d'activation de l'ordre de 25 k cal : mol (*figure*).

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur une électrode au trichlorure d'iode en solution dans l'oxyde d'éthyle.* Note de M. **Abdelhak Sator**, présentée par M. Eugène Darmois.

Deux piles sont décrites caractérisées toutes deux par une électrode positive à chlore. Le chlore est mis en œuvre sous forme de trichlorure d'iode.

J'ai décrit dans une Note antérieure (¹) une électrode réversible à chlore associée à une électrode classique en plomb. Le fonctionnement de cette pile est résumé par la formule de réaction :



$$\underbrace{Cl_2Pb}_{\text{Dans l'eau}} + \underbrace{I_2}_{\text{Dans l'éther}} \underset{\text{Décharge}}{\overset{\text{Charge}}{\rightleftarrows}} \underbrace{Pb}_{\text{Dans l'eau}} + \underbrace{2\,ClI}_{\text{Dans l'éther}} \quad (^2).$$

J'ai réalisé de nouvelles piles caractérisées par une énergie massique élevée, en poussant plus loin le degré d'oxydation de l'iode (jusqu'au trichlorure) et en substituant au plomb de l'électrode antagoniste le zinc ou le magnésium.

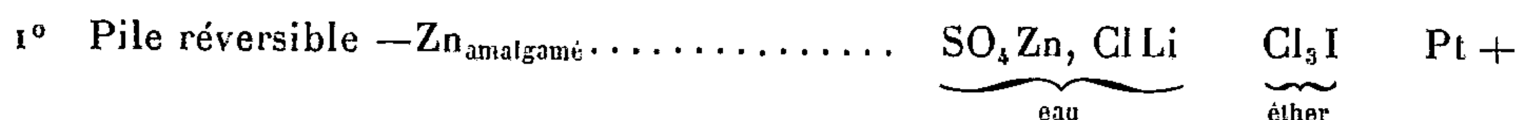
La solubilité du trichlorure d'iode est grande dans l'éther (80 % à la température ordinaire). La solution concentrée se sépare en deux phases liquides

(¹) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1142.

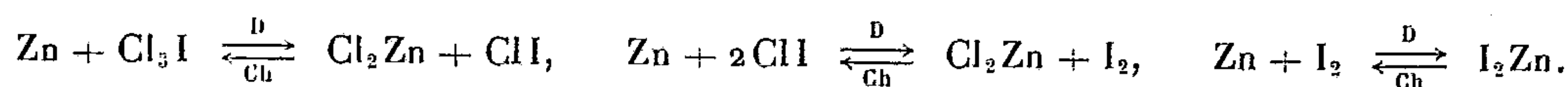
(²) Cette formule corrige celle de la Note précédente (23ᵉ ligne) déformée par deux erreurs de transcription.

quand on la dilue. La phase la plus dense est de couleur ocre, l'autre est jaune; la zone de démixtion est sensiblement comprise entre 31 % et 50 %. La conductibilité électrique de la solution saturée est relativement élevée ([3]) ($\sigma = 0{,}007$ mho à la température ordinaire).

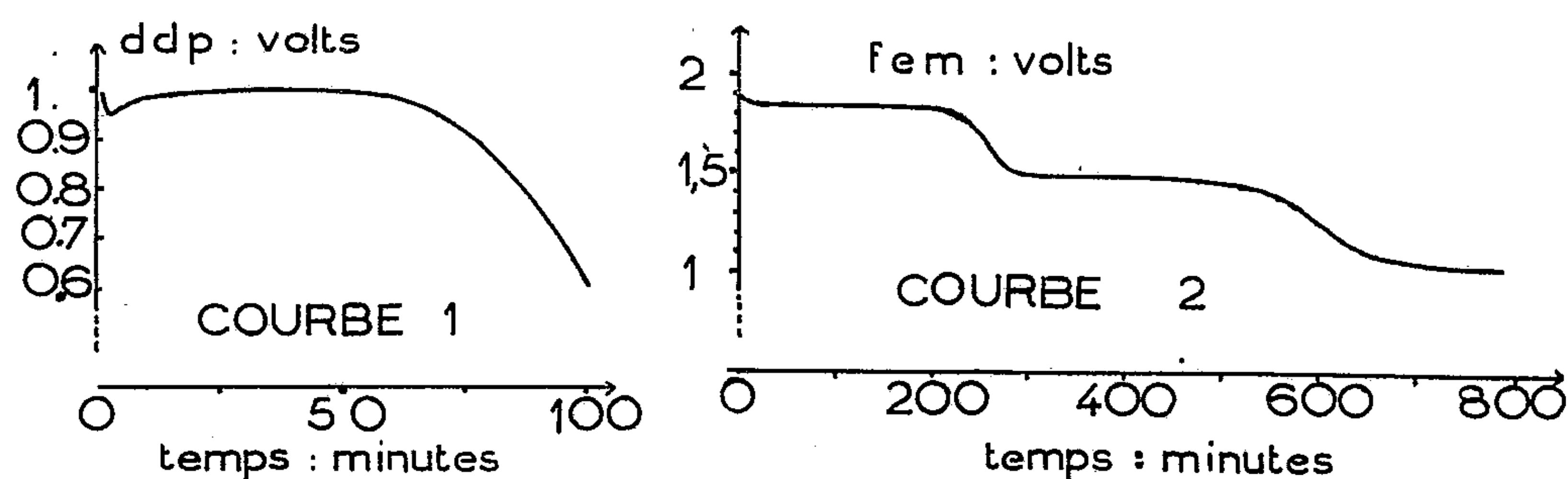
La mise en œuvre d'une électrode au trichlorure d'iode fait surgir quelques difficultés : d'une part la solubilité de Cl_3I dans la phase aqueuse qu'aggrave l'utilisation, en vue de capacités élevées, de solutions éthérées voisines de la saturation, et d'autre part l'hydrolyse à la surface de contact éther-eau du trichlorure, qu'on ne peut combattre par l'emploi d'acide chlorhydrique proscrit par le choix du zinc ou du magnésium. Des solutions aqueuses concentrées, riches en ions SO_4^{--} et en ions Cl^- permettent cependant de surmonter d'une manière satisfaisante ces difficultés. Les solutions de SO_4Zn, $ClLi$ et SO_4Li_2, $ClRb$ semblent le mieux convenir dans le cas des électrodes Zn ou Mg.


1° Pile réversible $-Zn_{\text{amalgamé}}$ .... $\underbrace{SO_4Zn,\ ClLi}_{\text{eau}}$ $\underbrace{Cl_3I}_{\text{éther}}$ Pt +

Son fonctionnement est résumé par les trois formules de réactions suivantes :


$$Zn + Cl_3I \underset{Ch}{\overset{D}{\rightleftarrows}} Cl_2Zn + ClI, \qquad Zn + 2ClI \underset{Ch}{\overset{D}{\rightleftarrows}} Cl_2Zn + I_2, \qquad Zn + I_2 \underset{Ch}{\overset{D}{\rightleftarrows}} I_2Zn.$$

La force électromotrice est de 2 V lorsque la solution de Cl_3I est récente, elle tombe à 1,80 V avec une solution préparée depuis un mois.



Le montage est analogue à celui décrit dans la Note précédente. L'élément est cylindrique. Volume total : 12 cm³. Surface des électrodes : 10 cm³. Volume de la solution éthérée : 5 cm³ (contenant 5 g de Cl_3I). Résistance intérieure : 4 Ω environ.

La courbe 1 montre la variation de la d.d.p. aux bornes d'une résistance extérieure de 4 Ω. La décharge est arrêtée après 100 mn, la quasi-totalité

([3]) C'est à peu près la conductibilité d'une solution décinormale de ClK.

du chlore étant consommée. La quantité débitée est alors de 1400 Cb ([4]) (intensité initiale 250 ma).

La courbe 2 représente la variation de la f.é.m. d'une pile semblable débitant sur une résistance de 14 Ω par périodes de 15 mn, suivies d'un temps égal de repos. La f.é.m. est mesurée avant chaque période de débit. La quantité d'électricité fournie monte à 1600 Cb au point d'inflexion qui suit le second palier. Les trois paliers de la f.é.m. représentent la succession des trois réactions citées plus haut. Le phénomène de démixtion de la solution éthérée que j'ai signalé est sans influence appréciable sur la f.é.m.



Placé dans une solution saturée de SO_4Li_2, ClRb le magnésium se recouvre rapidement d'une mince pellicule d'oxyde et ne subit plus d'attaque. Mais dès l'introduction de la solution éthérée de trichlorure, les acides formés par hydrolyse à la surface de contact des liquides diffusent dans la solution aqueuse et une légère attaque de Mg se produit. Cet élément est donc de moins bonne conservation que le précédent; en revanche, sa f.é.m. est plus élevée : 2,50 à 2,30 V suivant l'âge de la solution éthérée.

Dans les conditions peu favorables réalisées (absence de séparateur poreux, solutions non immobilisées), le défaut de ces éléments est actuellement une durée de conservation limitée (surtout avec Mg) dès que la solution de Cl_3I est introduite. Les avantages sont les suivants : forces électromotrices élevées, grande capacité massique, régimes de décharge élevés au cours desquels la différence de potentiel varie peu.

PHOTOCHIMIE. — *Recapture électronique dans le quartz fondu.* Note (*) de M[lle] **Marguerite Lautout**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Dans une précédente Note ([1]) nous montrions que du quartz fondu, soumis une heure à un faisceau de rayons X (Cu, Mo, W), présente après cessation de l'irradiation, une phosphorescence de très longue durée (3 à 4 jours).

La courbe de déclin de l'émission en fonction du temps présente deux parties, l'une rapide, l'autre lente. A 0° C, on observe un palier qui disparaît lorsque la température à laquelle on étudie le déclin s'élève. Nous pouvons actuellement préciser que la partie lente du déclin correspond à

([4]) Une pile Leclanché d'un volume de 45 cm³ débite environ 7200 Cb, la f. é. m. décroissant de 1,5 à 0,8 V.

(*) Séance du 3 décembre 1951.

([1]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1771.

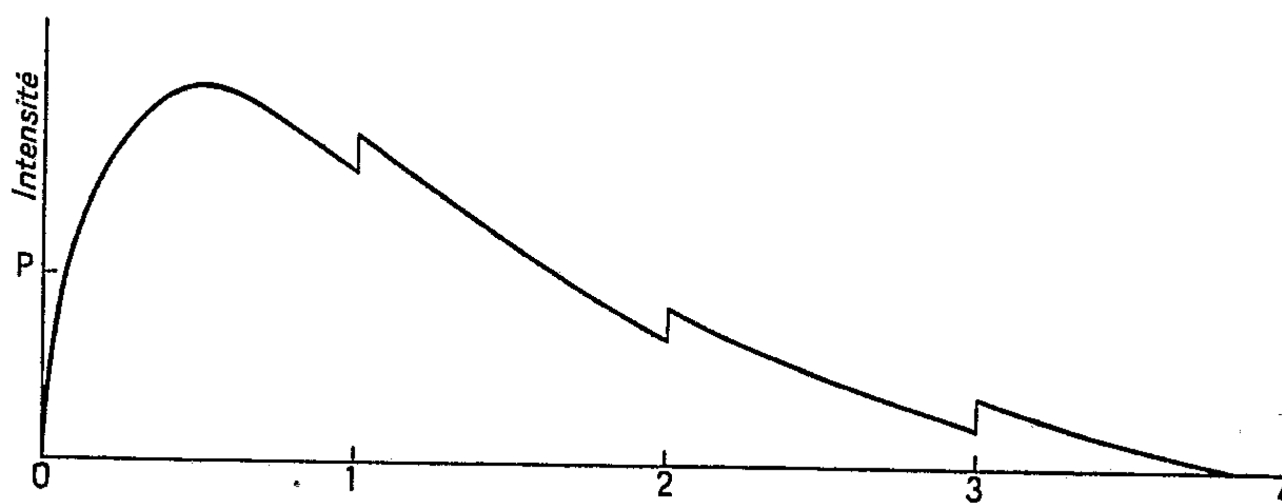
une cinétique du second ordre. Nous avons calculé les constantes de vitesse pour quelques températures et trouvé ainsi une énergie d'activation de l'ordre de 15 ± 5 kcal.

Après excitation par les rayons γ, le quartz devient également phosphorescent; mais la courbe de déclin en fonction du temps présente à la température ordinaire *trois* parties, la partie intermédiaire, la plus lente correspondant à une cinétique du second ordre.

Dans la Note précitée (¹) nous avons signalé la possibilité de faire réapparaître la phosphorescence du quartz par la lumière visible ou ultraviolette après extinction de l'émission produite par les rayons X. Une étude plus détaillée de cette « réanimation » nous a conduite aux résultats suivants :

Le quartz garde sa faculté de réanimation pendant plus de trois mois, l'intensité maximum de la phosphorescence résultant de la réanimation par l'ultraviolet décroissant lentement.

Après extinction de la phosphorescence produite par les rayons X, nous avons irradié du quartz pendant 4 jours à l'ultraviolet. Toutes les 10 mn, nous notions l'intensité de cette phosphorescence. La figure 1 représente les résultats obtenus. Les discontinuités de la courbe correspondent aux interruptions pendant la nuit, l'échantillon étant gardé à l'obscurité. Lorsque la phosphorescence induite par l'ultraviolet s'est annulée, nous avons conservé le quartz 3 jours à l'abri de tout rayonnement; après ce temps, la faculté de réanimation était réapparue, l'intensité correspondant au point P (*fig.* 1).



L'ultraviolet aurait pour effet de vider les niveaux de faible énergie (piège) qui sont remplis à nouveau par les électrons sortis spontanément des pièges à énergie plus élevée. Cette recapture d'électrons serait alors responsable de la réanimation.

Nous avons, d'autre part, excité le même quartz plusieurs fois aux rayons X pendant une heure; la phosphorescence étant éteinte, nous avons, chaque fois, irradié le quartz à saturation à l'ultraviolet. Nous

avons fait une deuxième exposition pendant 20 mn à l'ultraviolet en augmentant le temps séparant les deux irradiations. La courbe de l'intensité de cette troisième phosphorescence en fonction du temps passe par l'origine, présente un maximum, puis décroît parallèlement à la courbe de déclin de l'intensité de réanimation.

Nous n'avons pas pu observer la réanimation dans le cas d'une excitation préalable par les rayons γ.

N. B. — Ces expériences portent sur du quartz *fondu* de degré de pureté inconnu. Un cristal naturel *incolore* ne nous a donné aucune phosphorescence par les rayons X. Le quartz rose et l'améthyste présentent une faible émission. D'autre part, du quartz très pur fondu au four solaire dans le même quartz pulvérulent, montre une phosphorescence intense après excitation par les rayons X.

CHIMIE THÉORIQUE. — *L'exaltation de la réfractivité moléculaire dans les composés fulvéniques.* Note (*) de M. **Gaston Berthier** et Mme **Alberte Pullman**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'exaltation de la réfractivité moléculaire dans quelques composés fulvéniques fondamentaux est calculée dans l'approximation de Mulliken et Rieke. L'accord avec les valeurs expérimentales est satisfaisant : l'exaltation est relativement faible dans les fulvènes, assez élevée dans les tétrabenzofulvalènes. La théorie et l'expérience s'accordent pour attribuer une exaltation particulièrement élevée au dibiphénylène-éthylène.

Les données empiriques relatives à la réfractivité moléculaire des hydrocarbures pour la raie D du sodium peuvent être exprimées selon Mulliken [1] par l'équation

$$R_{exp} = 1,705\, k_{C-H} + 1,209\, l_{\sigma C-C} + 2,2942\, m_{\pi C-C} + E, \tag{1}$$

où k, l, m représentent les nombres respectifs de liaisons $C-H$, σ_{C-C}, et π_{C-C}. Le terme E qui n'est appréciable que dans les molécules conjuguées traduit « l'exaltation de réfractivité » attribuée à la délocalisation des électrons mobiles [2].

D'autre part, d'après la théorie classique de la dispersion, la réfractivité d'une substance, à une fréquence ν où cette substance est transparente, est

(*) Séance du 7 janvier 1952.

(1) R. S. Mulliken, *J. Chem. Phys.*, 7, 1939, p. 356; une systématique légèrement différente a été proposée par K. G. Denbigh, *Trans. Far. Soc.*, 36, 1940, p. 936.

(2) Voir par exemple W. Hückel, *Theoretische Grundlagen der organischen Chemie*, Leipzig, 1935, ou J. Syrkin et M. Diatkina, *Structure of molecules and the chemical bond* (traduction de M. A. Partridge et D. O. Jordan). London, 1950.

donnée par l'expression

$$R = \frac{Ne^2}{3\pi mc^2} \sum_j \frac{f_j}{\nu_j^2 - \nu^2} = 1{,}80 . 10^{10} \sum_j \frac{f_j}{\nu_j^2 - \nu^2}, \tag{2}$$

où f_j est la force oscillatrice de la bande d'absorption dont le maximum est à ν_j.

TABLEAU.

Composé.	$R_{mes.}$ (a).	$R_{calc.}$ (b).	$\Delta R_{exp.}$ (c).	$E_{exp.}$	$\Delta R_{N \to V}$ (d).	$E_{calc.}$
H_3C-C-iC_4H_9	51,1±0,1	49,4	10,5	1,7	7,0	1,6
H_3C-C-CH_3	51,7±0,1	50,9	15,5	0,8	9,0	0
H_3C-CH	67,6±0,1	61,6	26,6	6,0	18,5	5,9
CH_2	72,0±0,1	65,8	29,8	6,2	23,8	9,4
	140 ±1	103,0	75,2	37,0	58,8	35,5
	128 ±6	120,5	47,6	8,7	35,6	8,6
	123 ±3	111,8	52,4	11,2	39,2	14,0
H_3C, CH_3	86,5±0,8	72,8	37,2	13,7	30,2	15,8

(a) Les valeurs citées proviennent de la série d'articles sur les fulvènes de BERGMANN, PULLMAN et coll. en cours de publication au *Bull. Soc. Chim.*

(b) En additionnant les réfractivités des liaisons.

(c) Provient de l'équation (1) : $\Delta R_{exp.} = R - 1{,}705\, k_{CH} - 1{,}209\, l_{\sigma C-C}$.

(d) D'après l'équation (3). Les $f_{N \to V}$ proviennent de la même source que les $R_{exp.}$ Les f utilisés ici sont des f théoriques obtenus par la méthode L. C. A. O. et corrigés selon le procédé de Mulliken et Rieke (3) par un facteur empirique approprié.

En considérant que E est due essentiellement aux électrons de non-saturation, il est licite d'admettre (3) que la part de la réfractivité liée à ces électrons,

(3) *Rep. prog. Phys.*, 8, 1941, p. 231.

ΔR, provient surtout des transitions $N \rightarrow V$. Dans ces conditions, on a

(3) $$\Delta R = 1{,}80.10^{10} \sum_i \frac{f_{N \to V_j}}{\nu^2_{N \to V_j} - \nu^2}.$$

Il en résulte que

(4) $$E = \Delta R - \Delta R_0,$$

où ΔR_0 indique la valeur de ΔR pour la même molécule dans laquelle on admettrait une localisation complète des liaisons doubles. En désignant par $\Delta R_{C=C}$ la valeur de ΔR pour une liaison double isolée (valeur que Mulliken prend égale à 1,8), on a

(5) $$E = \Delta R - m \Delta R_{C=C}.$$

Dans le présent travail nous effectuons la comparaison, dans l'approximation précitée, des valeurs observées et calculées pour l'exaltation de réfractivité moléculaire dans quelques composés fulvéniques fondamentaux. Les résultats sont résumés dans le tableau.

Dans l'ensemble, l'accord entre les valeurs calculées et observées est satisfaisant, le seul cas où l'on constate un écart appréciable étant celui du dibenzoheptafulvène. On remarque que le calcul rend compte du fait que l'exaltation de réfractivité est plus forte dans les tétrabenzofulvalènes que dans les fulvènes (où elle est du même ordre de grandeur que dans les hydrocarbures benzéniques simples), et qu'en particulier il traduit l'exaltation très forte du dibiphénylène-éthylène. La signification de ces résultats, en relation avec d'autres propriétés de ces molécules, sera discutée ultérieurement.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Étude magnétique des transformations martensitiques par écrouissage ou par voie thermique des aciers renfermant* 18 % *de chrome et* 4 *à* 12 % *de nickel.* Note (*) de MM. **Paul Bastien** et **Jacques Dedieu**, présentée par M. Albert Portevin.

Les austénites, partiellement transformées en phase α par voie thermique ou par écrouissage, constituent un mélange des phases γ et α respectivement paramagnétiques et ferromagnétiques. Si dans un alliage de volume V, il y a un volume v de substance ferromagnétique et un volume $V - v$ non ferromagnétique, la courbe d'aimantation globale $I = f(H)$ [1] est plus couchée au

(*) Séance du 7 janvier 1952.

[1] I : intensité d'aimantation. I_s : intensité d'aimantation à saturation. σ_s : saturation spécifique. H : champ inducteur, calculé comme la différence entre le champ créé par l'appareil de mesure et le champ démagnétisant dû à la forme géométrique extérieure de l'échantillon.

départ que la courbe intrinsèque de sa partie ferromagnétique tracée pour $v/V = 1$ et elle atteint une saturation apparente plus basse que la saturation réelle. Le rapport de la saturation apparente à la saturation réelle permet de déterminer la proportion des volumes non ferromagnétiques.

Nous avons calculé les valeurs théoriques de la saturation des phases ferromagnétiques des alliages à 18 % de chrome et 0, 4, 8 et 12 % de nickel : *a.* en déterminant le nombre de magnétons correspondant au groupement fer-chrome de l'alliage; *b.* en assimilant ce groupement à un corps ferromagnétique dont la concentration électronique est comprise entre celle du fer et celle du nickel; *c.* en appliquant à l'alliage la règle des mélanges binaires fer-nickel, car le groupement fer-chrome est à très haute teneur en fer et se comporte vraisemblablement d'une manière voisine de celle du fer pur.

Ceci conduit pour des alliages à 18 % de chrome et 0, 4, 8 et 12 % de nickel respectivement aux valeurs suivantes de la saturation spécifique σ_s : 167, 159, 150, 143 u. e. m. C. G. S.

Si l'on cherche la valeur du champ excitateur minimum nécessaire pour saturer un échantillon renfermant peu de phase α, dispersée de façon quelconque, il faut adopter une valeur égale à H_d (²) maximum, soit $(4\pi/3) I_s$. Pour un acier 18/8 ($d = 7,9\,g : cm^3$), σ_s pour 100 % de phase α est égal à 150 u. e. m. C. G. S. et :

$$H_{d_{max}} = \frac{4\pi}{3}(7,9 \times 150) = 4970 \text{ Oe}.$$

Le champ inducteur doit être très élevé et exige le recours, pour les recherches quantitatives, à des appareils créant un champ intense (³).

Dans les aciers 18/8 étirés, des orientations cristallines apparaissent dans les deux phases qui subissent un allongement d'ensemble. Le coefficient du champ démagnétisant H_d se trouve diminué et la figure 1 relative à un acier de composition C = 0,04 %, Ni = 9 %, Cr = 17,8 %, montre que la saturation est atteinte à 5 % près vers 4000 Œ pour toutes les teneurs en phase α.

La correction due à la partie paramagnétique est très faible et n'intéresse que les alliages où la phase α est en proportion minime. Dans les mesures précises, l'aimantation doit être considérée comme la somme de σ_1 due à la fraction ferromagnétique et de σ_2 à celle qui est paramagnétique ($\sigma_2 \sim H/15000$ d'après les déterminations faites sur l'acier précédent non écroui). Les calculs sont à conduire de la façon suivante : *a.* évaluation approximative de la frac-

(²) H_d : champ démagnétisant interne dû à la dispersion de la phase ferromagnétique dans la phase paramagnétique.

(³) Nous avons utilisé pour ces recherches l'appareil de MM. Néel et Pauthenet à l'Institut Fourier, Laboratoire de Physique du Métal, Université de Grenoble.

tion ferromagnétique à partir de σ mesuré par extraction à l'électroaimant, d'où la fraction non ferromagnétique γ % ; *b*. calcul de $\sigma_2 = \gamma/100 \times H/15000$ et de $\sigma_1 = \sigma - \sigma_2$; *c*. calcul de la proportion exacte de phase ferromagnétique d'après σ_1.

Cette méthode appliquée à la détermination du pourcentage de phase α formée par trempe, moins de 2 h après austénisation, dans un acier à 18,8 % de chrome, 8 % de nickel et 0,04 % de carbone, donne (*fig.* 2) une

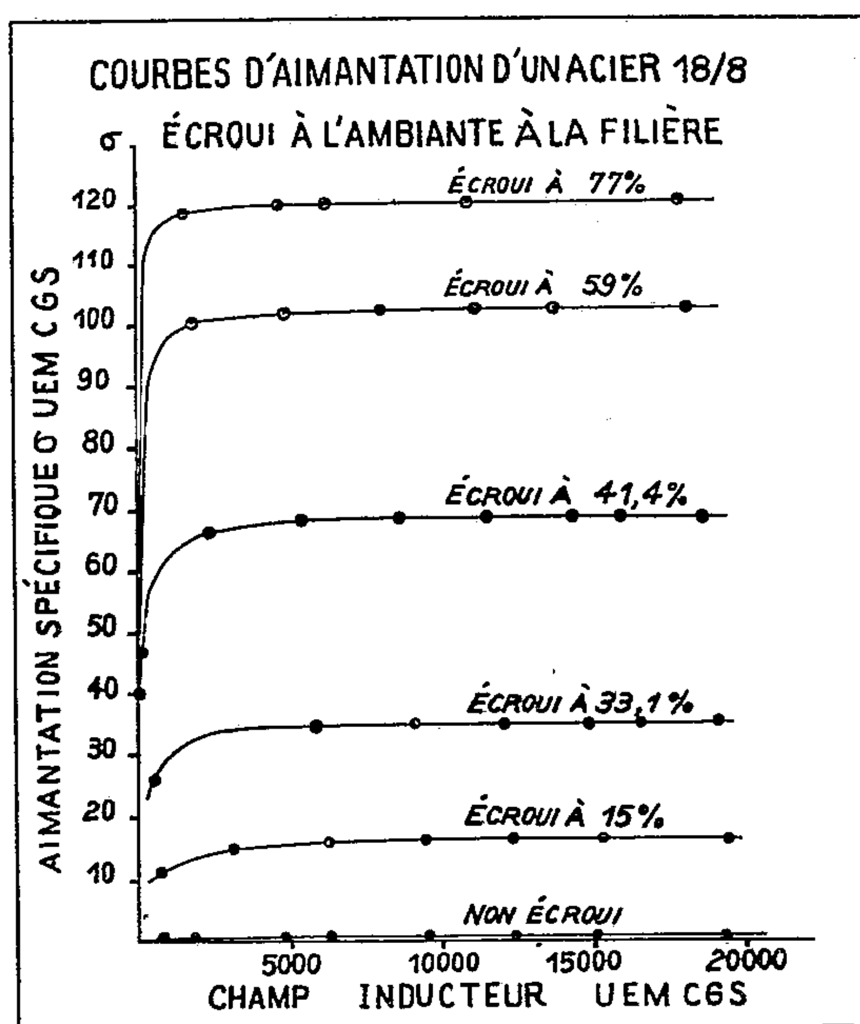


Fig. 1.

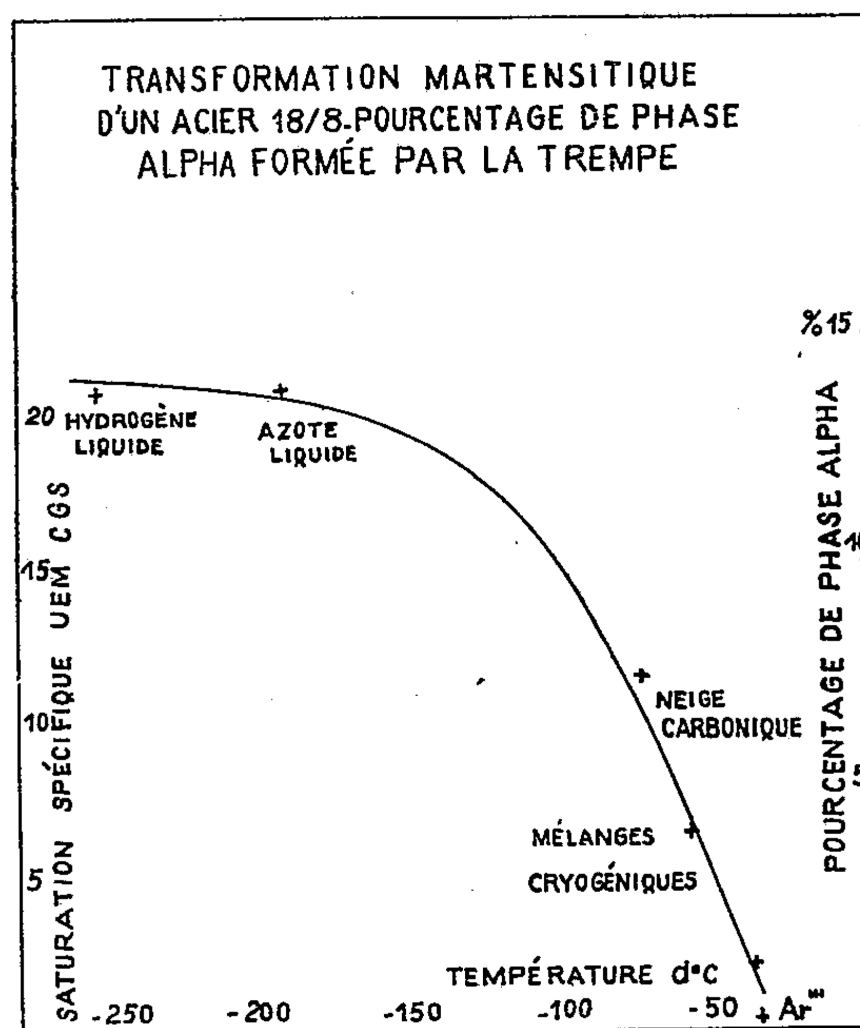


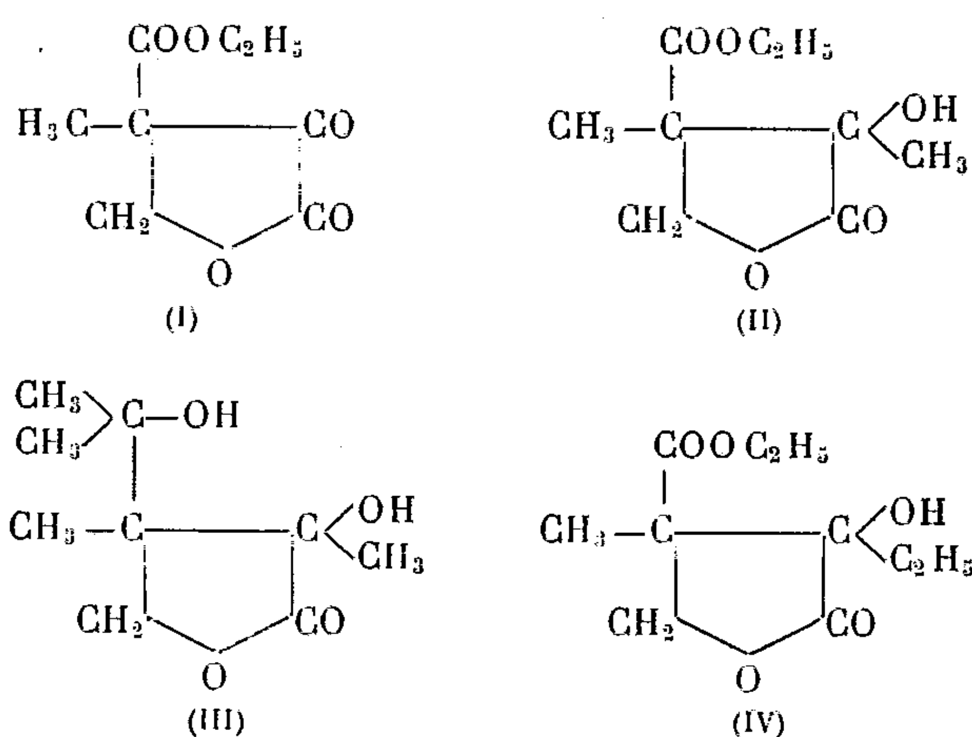
Fig. 2.

courbe admettant une asymptote correspondant, pour les très basses températures, à moins de 15 % de phase α. Contrairement aux transformations par écrouissage de ce type d'acier pour lesquelles l'évolution $\gamma \rightarrow \alpha$ peut être presque complète, les transformations par l'action des basses températures seules n'atteignent qu'un faible pourcentage.

Il semble impossible de former par voie thermique seule plus de 15 % de phase α, même au voisinage du zéro absolu, pour l'alliage de 18 % de chrome et 8 % de nickel et à bas carbone, et *a fortiori* pour les alliages à teneurs plus élevées en nickel, dont les courbes donnant le pourcentage de phase α formée en fonction de la température, ont même allure générale que celle de la figure 2, mais sont situées en dessous.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'action des dérivés organomagnésiens mixtes sur l'ester β-méthyl α-cétoparaconique.* Note de Mlle **Giuliana Ghilardi** et M. **Henry Gault**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans le cadre d'une étude générale entreprise par H. Gault et collaborateurs [1] sur les cétobutyrolactones, nous avons envisagé de faire réagir les dérivés organomagnésiens mixtes sur l'ester β-méthyl α-cétoparaconique (I) (céto-2 carboxéthyl-3 méthyl-3 butyrolactone), produit de condensation de l'ester éthoxalylpropionique avec le formol en solution aqueuse [2]



1. *Action de l'iodure de méthylmagnésium sur l'ester β-méthyl α-cétoparaconique.* — Lorsqu'on fait réagir molécule à molécule l'ester cétoparaconique (I) et l'iodure de méthylmagnésium, en versant la solution éthérée du magnésien dans la solution éthérée de l'ester, le produit principal de la réaction est la méthyl-2 hydroxy-2 carboxéthyl-3 méthyl-3 butyrolactone, solide blanc, fondant à 58°, $É_{1,5}$ 129-130°, obtenu avec un rendement de 50 % (II).

En faisant réagir, selon le même mode opératoire, trois molécules d'iodure de méthylmagnésium sur une molécule d'ester cétoparaconique, de manière à atteindre les deux fonctions ester et lactone, nous avons obtenu un mélange dont nous avons pu isoler, par distillation et chromatographie, la méthyl-2 hydroxy-2 hydroxyisopropyl-3 méthyl-3 butyrolactone, solide blanc, fondant à 119-120°, $É_{0,2}$ 172° (III).

En faisant réagir une molécule d'iodure de méthylmagnésium sur une molécule d'ester cétoparaconique par introduction de la solution éthérée de l'ester

---

[1] H. Gault et coll., *Ann.*, n° 6, 1951, p. 220.

[2] Schinz et Hinder, *Helv. Chim. Acta*, 30, 1947, p. 1349.

dans la solution éthérée du magnésien, nous avons obtenu un mélange dont nous n'avons pu jusqu'à présent, isoler aucun produit défini.

Nous pensons qu'avec ce mode opératoire où les premières fractions d'ester cétoparaconique introduites se trouvent en présence d'un grand excès de magnésien, les trois fonctions carbonylées sont atteintes, les alcools tertiaires formés étant susceptibles d'engendrer des alcools éthyléniques par des réactions de déshydratation plus ou moins profondes.

2. *Action du bromure d'éthylmagnésium sur l'ester β-méthyl α-cétoparaconique.* — L'action d'une molécule de bromure d'éthylmagnésium sur une molécule d'ester cétoparaconique nous a conduits à l'éthyl-2 hydroxy-2 carboxéthyl-3 méthyl-3 butyrolactone (IV), aiguilles blanches fondant à 80°, $É_{25}$ 135-137°. Le rendement n'est dans ce cas que de 11 à 12 %. A côté de ce solide nous avons isolé une huile dont la distillation fractionnée n'a permis de séparer aucun produit défini.

En faisant réagir trois molécules de bromure d'éthylmagnésium sur une molécule d'ester cétoparaconique, nous avons également obtenu une huile incristallisable et indistillable sans décomposition.

Il résulte de ces essais que, dans tous les cas où l'on évite l'emploi d'un excès de magnésien, les fonctions cétone et ester de la butyrolactone sont seules atteintes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques réactions du quinol de l'hydroxy-2 diphényl-9.10 anthracène.* Note (*) de MM. **André Étienne** et **Jean Salmon**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Préparation du quinol de l'hydroxy-2 diphényl-9.10 anthracène, II, passage à une fuchsone, VI, d'un type nouveau en série anthracénique et étude de quelques dérivés de ces deux corps.

L'hydroxy-2 diphényl-9.10 anthracène, I, et le dihydroxy-2.6 diphényl-9.10 anthracène, déjà préparés antérieurement par fusion alcaline des dérivés sulfonés correspondants (1) (2) sont notablement plus stables que les dérivés dihydroxylés-1.2 et 1.4 du diphényl-9.10 anthracène, lesquels se transforment rapidement en quinones par autoxydation à l'air. De ce fait, les réactions des deux premiers seront plus faciles à étudier que celles de ces derniers.

Nous nous proposons, dans cette Note, d'exposer le comportement du dérivé monohydroxylé, I.

(*) Séance du 7 janvier 1952.

(1) A. Étienne et R. Heymès, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1252.

(2) A. Étienne, J.-C. Lepeley et R. Heymes, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 16, 1949, p. 835.

Pour le préparer, nous avons renoncé à la première méthode signalée, afin d'utiliser l'hydroxy-2 anthraquinone, matière première assez usuelle.

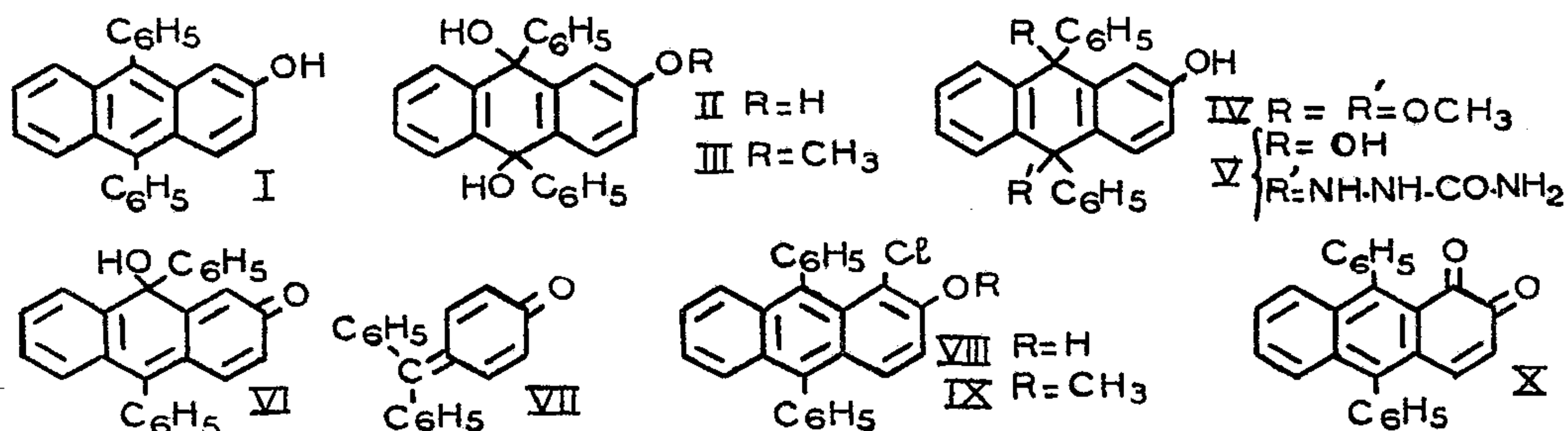
a. La phénylation directe de cette quinone par le phényllithium ou le bromure de phénylmagnésium n'ayant donné aucun résultat, nous avons utilisé le dérivé acétylé : l'acétoxy-2 anthraquinone.

Le magnésien du bromobenzène réagit sur les carbonyles de cette quinone, à la manière ordinaire, mais provoque, en même temps, la désacétylation de l'acétoxyle avec formation du quinol, II, le trihydroxy-2.9.10 diphényl-9.10 dihydro-9.10 anthracène, ($C_{26}H_{20}O_3$) F_{inst} 238-239°. Ce quinol donne normalement un *bis* éther méthylique en méso, par action de l'alcool méthylique à froid en présence de petites quantités d'acide sulfurique, l'hydroxy-2 diméthoxy-9.10 diphényl-9.10 dihydro-9.10 anthracène, IV, ($C_{28}H_{24}O_3$) F_{inst} 285-286°.

La réduction (iodure de potassium acétique) du quinol ou de cet éther méthylique fournit facilement l'hydroxy-2 diphényl-9.10 anthracène, I, F_{inst} 225-226°, identique au produit déjà préparé antérieurement à partir du mésodiphénylanthracène β-sulfonate de sodium.

b. Le quinol, II, présente une halochromie en solution acide, par formation de sel fuchsonium (3), sans qu'il ait été possible d'isoler la fuchsone correspondante; cependant, celle-ci, le céto-2 hydroxy-9 diphényl-9.10 dihydro-2.9 anthracène, VI, ($C_{26}H_{18}O_2$), cristaux jaunes, F_{inst} 174-175°, a pu être obtenue simplement par chauffage du quinol à 140° sous vide.

Cette fuchsone, VI, est capable de fixer de l'eau en milieu alcalin ou acide acétique dilué, pour redonner le quinol, II, manifestant ainsi un comportement analogue à celui de la fuchsone simple ou diphénylquinométhane, VII (4).



L'alcool méthylique en présence de petites quantités d'acide sulfurique réagit d'une manière analogue pour donner le *bis*-éther méthylique du

(3) CH. DUFRAISSE et J. ROBERT, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 197.
(4) A. BAEYER et V. VILLIGER, *Ber.*, 36, 1903, p. 2792.

quinol, IV. De plus, la réduction (iodure de potassium acétique) de la fuchsone, VI, donne, comme celle du quinol, l'hydroxy-2 diphényl-9.10 anthracène, I.

Les essais de caractérisation du carbonyle de cette fuchsone sont restés infructueux. Ainsi, celle-ci s'hydrate dans le milieu réactionnel pour redonner le quinol, II, lorsque l'on essaie de condenser la phénylhydrazine et l'hydroxylamine. Quant au chlorhydrate de semicarbazide, il se fixe sur la fuchsone pour donner un corps que nous supposons être le (semicarbazido-1')-10 dihydroxy-2.9 diphényl-9.10 dihydro-9.10 anthracène, V, ($C_{27}H_{23}O_3N_3$), F_{inst} 254-255°, susceptible de se réduire (trichlorure de titane dans l'alcool) en hydroxy-2 diphényl-9.10 anthracène, I.

c. L'acide chlorhydrique dans l'acide acétique agit sur le quinol, II, ainsi que sur la fuchsone anthracénique, VI, pour donner un produit chloré que l'on doit considérer comme étant le chloro-1 hydroxy-2 diphényl-9.10 anthracène, VIII, ($C_{26}H_{17}OCl$), F_{inst} 221-222°.

En effet, la structure proposée pour ce dernier s'accorde avec les résultats expérimentaux suivants. Le chloranthrol, VIII, oxydé par l'acide chromique acétique, se transforme en diphényl-9.10 anthraquinone-1.2, X, déjà décrite ([5]). D'autre part, il se condense à 250° avec l'*o*-phénylène diamine en présence de carbonate de sodium, pour donner la phénazine correspondante ([5]), la (diphényl-1'4' naphto-2'3')-1.2 phénazine.

Cette entrée du chlore dans la molécule est en étroite relation avec le phénomène similaire décrit par Jacques Robert ([6]) à partir des quinols des éthers méthyliques des anthrols, le quinol monométhylé, III, tout spécialement. Mais l'auteur avait attribué au chlore la position β, en s'inspirant des résultats de E. Bergmann et O. Blum-Bergmann ([7]) sur le mésodichlorure de diphénylanthracène, qui tendaient à faire considérer les sommets β comme favorisés en tant qu'accepteurs de l'halogène.

Nous n'avons pas manqué l'occasion de contrôler la valeur de cette hypothèse en préparant l'éther méthylique, IX, de notre chloranthrol, ($C_{27}H_{19}OCl$), F_{inst} 174-175°, qui aurait dû être un isomère de celui de Robert. Il n'en est rien, les deux corps sont identiques. En conséquence, les quinols de l'anthrol-2 et de son éther méthylique, II et III, ont le même comportement à l'égard de l'action de l'acide chlorhydrique.

Dans les deux cas, le chlore se fixe en 1 pour donner les corps anthracéniques chlorés correspondants, VIII et IX.

([5]) A. Étienne et J. Weill-Raynal, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 313.

([6]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1221.

([7]) *J. Am. Chem. Soc.*, **59**, 1937, p. 1439.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses dans la série de l'ambréinolide. Préparation d'une lactone odorante*, $C_{16}H_{24}O_2$ (1). Note de Mme **Cécile Collin-Asselineau** et M. **Edgar Lederer**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Synthèse de l'hydroxyester monocyclique (II); sa déshydratation conduit à l'ester (III*a*) dont la saponification donne l'acide $C_{16}H_{24}O_2$, F 147-148° (III *c*). Cet acide peut être isomérisé en une lactone à odeur boisée.

En relation avec d'autres synthèses dans la série de l'ambréinolide (2), nous avons entrepris la synthèse de corps à 16 atomes de carbone, en utilisant comme produit de départ l'aldéhyde $C_{14}H_{22}O$ (I) (3).

Ester II. — Par condensation selon Reformatzky du bromacétate d'éthyle avec l'aldéhyde (I), nous obtenons, après distillation sous vide, un hydroxy-ester $C_{18}H_{30}O_3$ (II), sous forme d'une huile incolore; $É_{0,2}$ 152°; n_D^{20} 1,4950, d_4^{20} 1,007; R. M. trouvée 85,26 (calculé pour $C_{18}H_{30}O_3$, deux doubles liaisons, 85,37); Rdt 75 % de la théorie. $C_{18}H_{30}O_3$, calculé % : C 73,43; H 10,27, H mobile 0,34; trouvé % : C 73,33; H 10,28, H mobile 0,36. Le spectre d'absorption de l'ester (II) ne présente pas de maximum au-dessus de 220 mμ.

Acide III*c*. — Par chauffage à 100° pendant 2 h de l'ester hydroxylé (II) avec de l'acide naphtalène-sulfonique, on obtient l'ester déshydraté (III *a*) qui, après chromatographie sur alumine et distillation, se présente sous forme d'une huile jaune pâle, $É_{0,2}$ 116°; n_D^{14} 1,5272 ; Rdt 60 % de la théorie. $C_{18}H_{28}O_2$, calculé % : C 78,21 ; H 10,21 ; trouvé % : C 78,02 ; H 10,09; le spectre d'absorption de cet ester présente un maximum à 270 mμ (log ε = 4,40).

La saponification de l'ester (III*a*) par la potasse hydro-alcoolique N fournit un acide (III*c*) cristallisant dans l'acétate d'éthyle en fines aiguilles incolores (F 147-148°, corr.); $C_{16}H_{24}O_2$, calculé % : C 77,37; H 9,74 ; trouvé % : C 77,41, 77,22; H 9,75, 9,66 %. Poids moléculaire par titrage : 245 (calculé 249).

L'ester méthylique (III *b*) a été préparé par action du diazométhane sur l'acide (III*c*), et purifié par distillation dans un tube à boules, sous 0,2 mm (température bain d'air 140°); n_D^{19} 1,5363 ; d_4^{19} 0,971 ; $C_{17}H_{26}O_2$, calculé % : C 77,82; H 9,99 % ; trouvé % : C 77,56; H 10,03.

Les raisons suivantes nous conduisent à attribuer à l'acide F 148° la structure (III*c*) :

1° la présence de trois doubles liaisons a été vérifiée par l'hydrogénation catalytique de l'acide, en solution dans l'acide acétique, en présence de PtO_2 :

---

(1) 12e *communication sur la chimie de l'ambre gris*. 11e comm., *voir* (2).

(2) E. Lederer, D. Mercier et M. Stoll, *Helv. Chim. Acta*, 33, 1951, p. 789.

(3) I. M. Heilbron, A. W. Johnson, E. Jones et A. Spinks, *J. Chem. Soc.*, 1942, p. 727; Y. R. Naves, H. Barbier et P. Ardizio, *Bull. Soc. Chim. France*, 1950, p. 1188.

une molécule d'acide fixe trois molécules de H_2. L'acide hydrogéné (IV) est une huile incolore n_D^{20} 1,4756; d_4^{20} 0,943; R. M. calculée 75,42; trouvée 75,68; $C_{16}H_{30}O_2$, calculé % : C 75,53; H 11,86; trouvé % : C 75,49; H 11,56; P. M. par titrage : 260 (calculé 255).

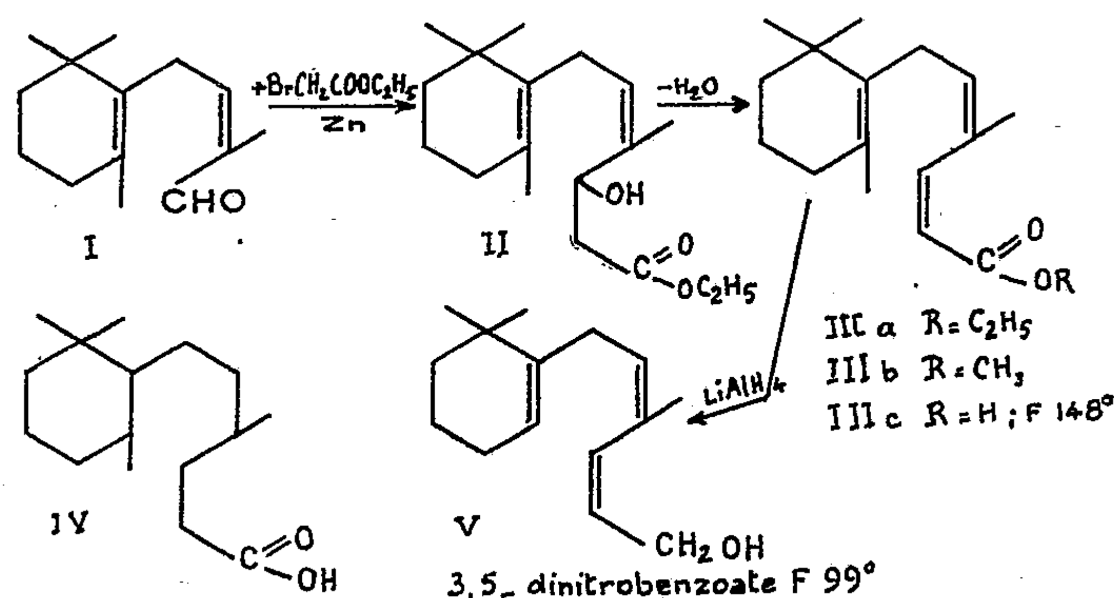
2° Le spectre ultraviolet de l'acide (III*c*) présente un maximum à 270 mμ (dans l'alcool; $\log \varepsilon = 4,44$) compatible avec le système


$$-CH{=}C(CH_3)-CH{=}CH-COOH.$$

3° L'alcool correspondant à l'acide (III*c*), préparé par réduction par $LiAlH_4$ de l'ester méthylique (III*b*), présente dans l'ultraviolet un maximum à 237 mμ (dans l'alcool; $\log \varepsilon = 4,39$), compatible avec le système


$$-CH{=}C(CH_3)-CH{=}CH-CH_2OH.$$

La différence de spectre entre l'acide et l'alcool (V) montre que l'acide (III*c*) possède bien deux doubles liaisons en conjugaison avec le carboxyle. Le 3.5-dinitrobenzoate de l'alcool (V) fond à 97-99° (corr.); $C_{23}H_{28}O_6N_2$, calculé % : C 64,47; H 6,59; N 6,54; trouvé % : C 64,42; H 6,51; N 6,60.



Lactonisation. — L'acide F 148° reste inchangé lorsqu'il est traité par l'acide formique à l'ébullition ou l'acide phosphorique ($d = 1,75$) à froid, conditions habituelles de la cyclisation (4). Ceci est en accord avec le sens de la polarisation de ses doubles liaisons en milieu acide (5).

Lorsqu'on traite l'acide (III*c*) à froid par l'acide formique anhydre additionné de 5 % d'acide sulfurique, il se forme, avec un rendement de 80 %, une fraction lactonique.

Le constituant principal (70 %) de la fraction lactonique consiste en une huile incolore d'odeur boisée, que nous avons purifiée par chromatographie et distillation. Cette lactone est insoluble à froid dans la potasse N, et l'hydroxy-

(4) F. Zobrist et H. Schinz, *Helv. Chim. Acta*, 32, 1949, p. 1192.
(5) H. Schinz, *Chimia*, 5, 1951, p. 107.

acide correspondant se relactonise spontanément par acidification de la solution de son sel de K. n_D^{20} 1,5078, d_4^{20} 1,055, R. M. trouvée 70,59 (calculée $C_{16}H_{24}O_2$, une double liaison, 70,58). $C_{16}H_{24}O_2$, calculé % : C 77,37; H 9,74; trouvé % : C 77,40; 7,33; H 9,77; 9,80. P. M. par saponification : 260 (calculé 249). Le spectre ultraviolet de cette lactone ne présente pas de maximum au-dessus de 215 mμ.

L'hydrogénation catalytique de la lactone en présence de PtO_2, en solution acétique, conduit à l'absorption d'une molécule de H_2. La lactone hydrogénée, qui ne donne aucune coloration au tétranitrométhane, est une huile incolore, très visqueuse. Cette lactone a été distillée dans un tube à boules, sous 0,2 mm (température bain d'air 130°). $C_{16}H_{26}O_2$, calculé % : C 76,75; H 10,47; trouvé % : C 76,54; H 10,27.

Les résultats de l'hydrogénation de la lactone conduisent à lui attribuer une formule tricyclique (deux cycles carbonés et un cycle lactonique).

Nous reviendrons dans une prochaine Note sur la structure de cette lactone.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Le vinyl-5 acénaphtène.* Note de MM. **Roger Perrot** et **Michel Ansart**, présentée par M. Louis Hackspill.

La synthèse et l'étude des propriétés du vinyl-5 acénaphtène ou acénaphtyl-5 éthylène, ont été faites au cours de recherches sur les hydrocarbures oléfiniques de la série de l'acénaphtène, composés encore peu connus.

Nous avons obtenu le vinyl-5 acénaphtène (I) selon deux voies. La première est la déshydratation du méthyl acénaphtyl-5 carbinol ou hydroxy-5_1 éthyl-5 acénaphtène (II), préparé par condensation du 5-acénaphtaldéhyde (III) avec le bromure de méthylmagnésium. Les rendements des réactions de déshydratation du carbinol sont faibles. La distillation rapide du carbinol sous faible pression d'azote a donné le meilleur résultat en conduisant à l'hydrocarbure avec un rendement de 25 %.

Après que nous avions signalé nos résultats (1), Mowry a préparé le vinyl-3 acénaphtène par déshydratation en phase vapeur du carbinol correspondant avec un rendement de 32 % (2).

La deuxième méthode consiste à traiter par la potasse alcoolique l'ω-bromé-thylacénaphtène (IV) obtenu à partir de l'alcool correspondant (3). L'hydrocarbure est isolé avec un rendement très faible.

Une tentative d'obtention du vinyl-5 acénaphtène a été faite avant nous par Fieser et Jones (4). Ces auteurs ont observé que la fusion de l'acide

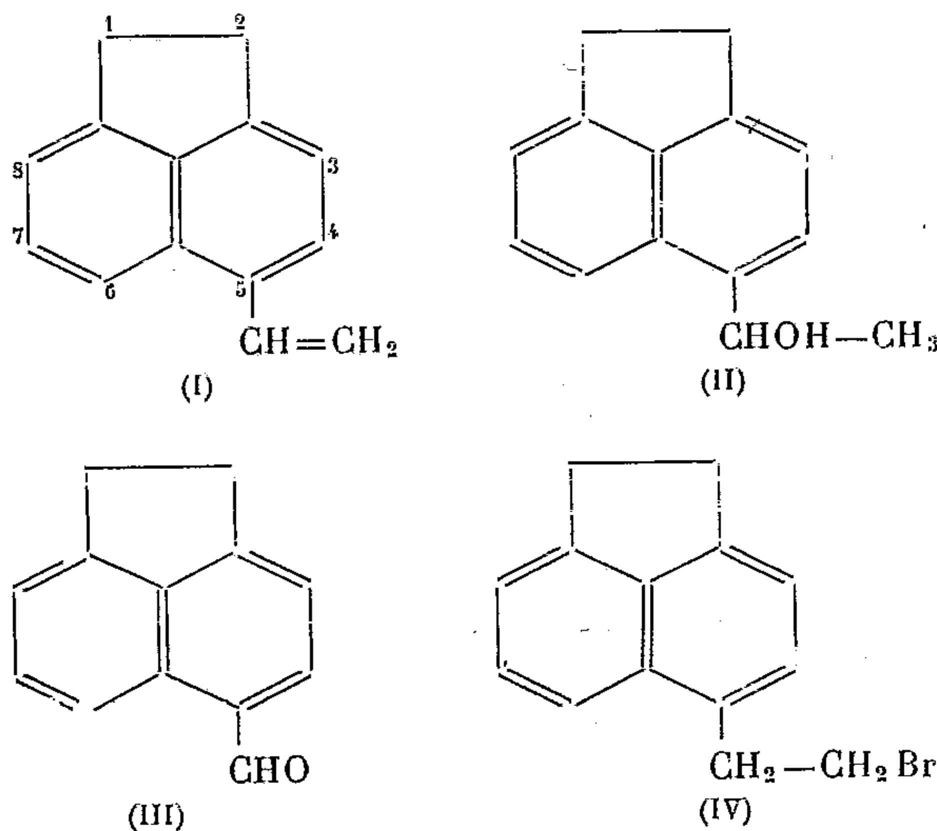
(1) R. Perrot et M. Ansart, *Bull. Soc. chim. Fr.*, 1945, p. 763.

(2) D. Mowry, R. Renoll et W. Huber, *Journ. Am. Chem. Soc.*, 68, 1946, p. 1109.

(3) N. P. Buu-Hoï et P. Cagniant, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 493.

(4) *Journ. Am. Chem. Soc.*, 64, 1942, p. 1666.

acénaphtyl-5 acrylique, obtenu par action de l'acide malonique sur (III), s'accompagne d'une décomposition qui semble être une décarboxylation, mais ils n'ont pu isoler le produit de dégradation.



L'aldéhyde, préparé par action de HCN (5) ou du méthylformanilide (4), (6) sur l'acénaphtène, est difficile à isoler pur, exempt d'hydrocarbure (brut, à 85 %, il fond vers 85-90°, régénéré de l'oxime, à 111°). Il est peu soluble dans l'éther; il se dissout dans le toluène, qui est un bon solvant de l'acénaphtène, mais non du carbinol (II).

Le vinyl-5 acénaphtène est un solide stable à la température ordinaire. L'action de la chaleur le transforme en résines ambrées translucides solubles dans le benzène et le chloroforme; la distillation sous pression réduite laisse notamment un résidu constitué de résines de degré de polymérisation assez bas, selon les mesures cryoscopiques et viscosimétriques.

Le dosage de la double liaison, d'après Mac Ilhiney (7), donne des valeurs de 96 à 100 %. L'hydrogénation à la pression ordinaire conduit à l'éthyl-5 acénaphtène identique au composé obtenu par Fleischer et Wolff par réduction de l'acétyl-5 acénaphtène (8). En accord avec les conclusions récentes de Nursten et Peters (9), nous avons observé que cet hydrocarbure est différent du produit de condensation du bromure d'éthyle avec l'acénaphtène, décrit précédemment comme éthyl-5 acénaphtène (10) et tenu actuellement comme l'éthyl-4 acénaphtène (9).

(5) L. Hinkel, E. Ayling et J. Beynon, *Journ. Chem. Soc.*, 1936, p. 339.
(6) H. Scheyer, *D. R. P.* 638602, 1936.
(7) *Journ. Am. Chem. Soc.*, 21, 1899, p. 1087.
(8) *Ber.*, 53, 1920, p. 925.
(9) *J. Chem. Soc.*, 1950, p. 2389.
(10) F. Mayer et W. Kaufmann, *Ber.*, 53, 1920, p. 293.

Détails expérimentaux. — *Méthyl acénaphtyl-5 carbinol.* — Le bromure de méthylmagnésium est préparé à partir de 38 g de bromure de méthyle dissous dans l'éther et 9 g de magnésium. On ajoute lentement à ce réactif une solution de 38 g d'acénaphtaldéhyde dans 200 cm³ de toluène sec. On chauffe ensuite à reflux pendant 3 heures. Après hydrolyse, la solution est lavée et séchée. On chasse l'éther et l'on concentre à 150 cm³; au refroidissement le carbinol cristallise. Après une nouvelle cristallisation dans le toluène, on recueille 18 g de carbinol incolore fondant à 109-110° (Rdt 42 %).

Analyse. — $C_{14}H_{14}O$ trouvé %, C 84,7; H 7,78; calculé %, C 84,81; H 7,12.

Vinyl-5 acénaphtène. — 5 g de carbinol sont distillés en atmosphère d'azote exempt d'oxygène (pression 1 mmHg). On recueille 3,5 g d'un produit passant de 100 à 115° et se prenant en masse rapidement, tandis qu'une partie de la substance reste dans le ballon à l'état résinifié. La cristallisation du distillat dans 20 cm³ de méthanol donne 1,2 g d'hydrocarbure fondant à 52-55° (Rdt 25 %). Après cristallisations répétées, le vinyl-5 acénaphtène se présente en fines aiguilles incolores fondant à 55-56°. Il est soluble dans le benzène et l'alcool éthylique, entraînable à la vapeur d'eau et sublimable; il bout à 140° sous 1,5 mm et à 88° sous 0,1 mm avec polymérisation partielle.

Analyse. — $C_{14}H_{12}$ trouvé %, C 92,9; H 6,83; calculé % C 93,28; H 6,72.

Cryoscopie dans le benzène. — Masse moléculaire trouvée 186; calculée 180. Une des résines de polymérisation accuse une valeur de 700.

Éthyl-5 acénaphtène. — L'hydrogénation du vinyl-5 acénaphtène dans un mélange d'alcools méthylique et éthylique en présence de nickel Raney, à pression et température ordinaires, conduit à l'éthyl-5 acénaphtène, $É_{11}$ 145-146°. Combinaison picrique : aiguilles rouges (alcool), F 94-95°; mélangé avec la combinaison picrique rouge, fusible à 95-96°, de l'éthyl-acénaphtène préparé par réduction de l'acétyl-5 acénaphtène : F 94,5-96° (identité). Mélangé avec la combinaison picrique orangé rouge, fusible à 103-104°, de l'éthylacénaphtène préparé par condensation du bromure d'éthyle avec l'acénaphtène : F 82-86°.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Études des transformations cristallines d'un cristal unique de pyrolusite lors de l'accroissement des propriétés catalytiques et dépolarisantes.* Note de MM. **Alfred Grund** et **Jean Brenet**, présentée par M. Louis de Broglie.

Par la méthode du cristal tournant et de Weissenberg, il a été possible de mettre en évidence l'évolution de la structure d'un cristal unique de pyrolusite lors d'un traitement destiné à accroître ses propriétés dépolarisantes et catalytiques. La structure évolue vers celle du cryptomélane, avec apparition d'un axe de fibre, avec existence d'une manganite de manganèse, orientée, et d'une phase polycristalline particulière avec cristallites distribuées au hasard.

Jusqu'ici, il semble que toutes les études de la transformation de struc-

tures cristallines des bioxydes de manganèse du type rutile subissant un accroissement des propriétés dépolarisantes et catalytiques ont été faites sur des échantillons à l'état de poudres cristallines. Il nous a paru nécessaire, pour accroître nos connaissances sur ce problème, d'étudier les transformations sur un cristal unique.

Nous avons pu obtenir, à partir d'un échantillon de pyrolusite de Kreutlich en Allemagne, des macrocristaux uniques de petites dimensions, de l'ordre de quelques dixièmes de millimètre de largeur, très bien cristallisés en forme d'aiguilles. Le spectre aux rayons X, en rayonnement monochromatique obtenu au moyen d'un monochromateur à quartz courbé, nous a donné des diagrammes très purs correspondant parfaitement au type rutile quadratique. Pour obtenir, en particulier, des renseignements sur le degré d'ordre suivant les directions a et b du cristal, nous avons, avant toute activation, réalisé des clichés par les méthodes du cristal tournant et de Weissenberg. La rotation se faisait autour de l'axe du monocristal unique qui coïncidait alors avec l'axe c [001] de la maille élémentaire.

Après le traitement d'activation, nous avons cherché à obtenir les diagrammes par ces mêmes méthodes, par rotation autour du même axe du macrocristal utilisé comme échantillon. Cela était possible, car le traitement d'activation n'avait pas perturbé l'aspect macrocristallin en forme d'aiguille de cet échantillon.

Sur le cliché obtenu par cristal tournant, nous avons mesuré la période suivant l'axe de rotation; cette période est égale à 2,86 Å sans changement notable par rapport à celle du macrocristal avant activation. L'examen du cliché suivant la ligne équatoriale nous a donné des distances réticulaires correspondant à celle du cryptomélane, donc aux paramètres connus pour la maille monoclinique, à savoir [1] : $a = 9{,}79$ Å; $b = 2{,}886$ Å; $c = 9{,}94$ Å avec l'angle $\beta = 90^\circ\, 37'$.

En outre, à côté des taches dues au cryptomélane, nous avons observé un anneau sans aucun renforcement et qui correspond à l'équidistance 4 Å attribuée à la variété dite $MnO_2\,\gamma$ mentionnée par de nombreux auteurs.

Sur le diagramme de Weissenberg, par contre, nous n'avons plus obtenu de taches discrètes, mais, d'une part, des raies parallèles à l'axe de rotation et, d'autre part, des taches fortement allongées, suivant ce même axe de rotation. Les raies correspondent au cryptomélane et leur existence nous indique que l'ordre suivant les directions perpendiculaires à c est plus élevé ou, en d'autres termes, que les cristallites du macrocristal transformé ont seulement la direction de la période 2,86 Å commune et cette direction est celle de l'axe [010]. Les taches allongées correspondent

[1] MATHIESON-WADSLEY, *The Amer. Mineral*, 35, nos 1-2, 1950, p. 99.

à une structure cristalline d'un composé de même degré oxydimétrique que Mn_2O_3, que l'on peut probablement assimiler à une manganite de manganèse. On obtient, d'ailleurs, pour ce composé, les seules zones [110] parallèles à l'axe de rotation.

Nous avons donc pu démontrer par cette méthode que le cristal MnO_2 du type rutile s'est transformé au cours de l'activation en cristaux du type cryptomélane et que la direction c du premier ($c = 2,86$ Å) et la direction b du second ($b = 2,886$ Å) ont la même orientation. Le macrocristal de cryptomélane est formé de nombreux cristallites ayant un axe de fibre. Il y a, en outre, simultanément, existence d'une phase polycristalline avec orientation au hasard des cristallites et donnant l'équidistance réticulaire de 4 Å, et une phase correspondant sensiblement à une manganite du type Mn_2O_3 à cristallites orientées avec axe [110] parallèle à l'axe de rotation. Ceci permet de situer, d'ailleurs, les cristallites de cette manganite par rapport aux cristallites de cryptomélane, puisque nous connaissons les caractéristiques de leurs axes cristallographiques respectifs, autour desquels il y a eu rotation de l'échantillon.

Ce point nous paraît, en effet, devoir être signalé également, car il nous semble pouvoir conduire à certaines interprétations de l'activité dépolarisante et catalytique du cristal, sur lesquelles nous aurons à revenir ultérieurement.

CRISTALLOGRAPHIE. — *L'action de la température sur les propriétés anélastiques du chlorure de sodium.* Note de M. **Joseph Chatelet**, présentée par M. Jean Cabannes.

La mesure du module élastique E et du frottement intérieur δ d'un cristal de chlorure de sodium entre 15 et 200° C montre divers phénomènes anélastiques : la relaxation par courants thermiques et la création de tensions internes, visibles surtout sur la valeur de E; la sous structure et le mouvement des dislocations, causes principales de δ; des phénomènes à l'échelle des lacunes, créant des maxima de δ, et sans action sur E.

Nous avons étudié le module élastique E et le frottement intérieur δ de monocristaux de chlorure de sodium entre 15 et 200°C. Les figures 1 et 2 sont un exemple de leurs variations au cours de cycles de chauffe et de refroidissement. L'éprouvette utilisée est un parallélépipède rectangle ($119 \times 12 \times 12$ mm) dont l'axe longitudinal est un axe cristallin (110). On la fait vibrer longitudinalement en demi-onde sous vide, dans l'élasticimètre Cabarat [1]. Remarquons les faits suivants :

---

[1] Chatelet et Cabarat, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2111; Cabarat, *Mesures*, 1947, p. 275.

1° Pendant le refroidissement, le module élastique varie linéairement (parcours CD de la figure 1). L'évolution y est lente (0, 1 à 0, 2 degré : mn) et les échanges thermiques réduits. Le coefficient de température de ce module est

$$\frac{1}{E}\frac{dE}{dT} = -4,43\ 10^{-3}.$$

Les résultats de Hunter et Siegel ([2]) portés en H (*fig.* 1) donnent la valeur $-4,14.10^{-3}$ qui s'écarte de la nôtre, un peu plus que la limite de nos erreurs.

2° Dans les périodes de chauffe, le module mesuré dépasse du segment EF (*fig.* 1) la valeur que l'on obtient en menant par l'origine A, la parallèle au trajet de retour CD. Cette augmentation est trop grande pour s'expliquer par

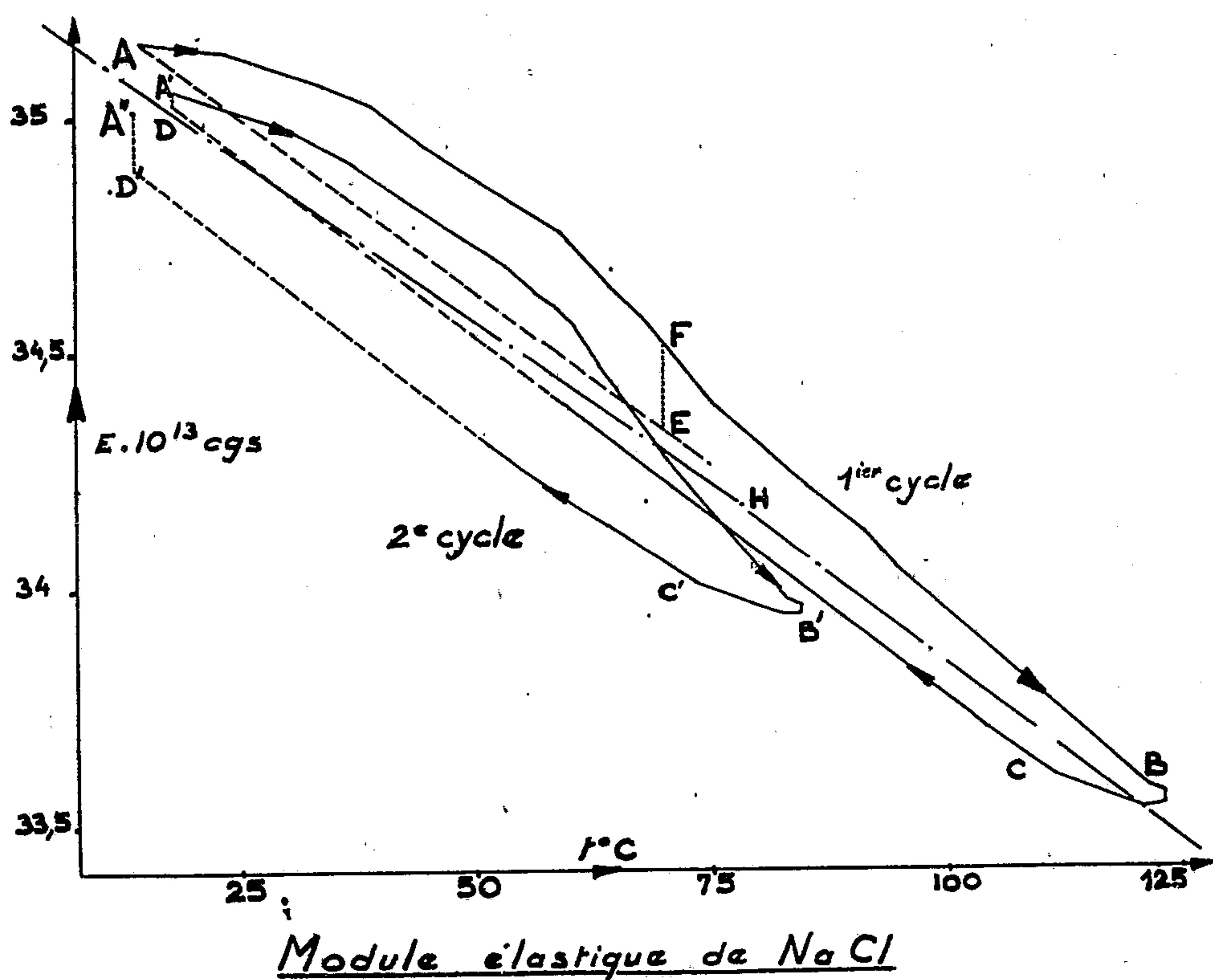


Fig. 1.

l'action directe des écarts de température à l'intérieur de l'éprouvette (ils peuvent atteindre 12°C). Elle paraît due à une relaxation par courants thermiques macroscopiques ([3]), mais diffère des hypothèses de Zener parce que le

([2]) *Phys. Rev.*, 61, 1942, p. 84.

([3]) *Elasticity and Anelasticy of Metals Chicago Univ. Press.*, 1948, chap. 4 et 6 A.

gradient de température est imposé par les conditions de chauffe, et non par l'état de vibration. L'écart relatif $\Delta E/E$ que nous avons mesuré reste toujours inférieur à l'écart entre les modules isotherme E_T et adiabatique E_S :

$$\frac{E_S - E_T}{E_S} = \frac{TE_T\alpha^2}{\rho C_p} = 114.10^{-4} \qquad \text{pour NaCl à } 300^\circ \text{ K } (^3).$$

La faible conduction thermique du chlorure de sodium, et la précision dans la mesure du module (2.10^{-4}), nous permettront une étude commode de ce phénomène, si l'on peut préciser la mesure du gradient. On sait que dans les hypothèses de Zener ces courants thermiques sont une des causes principales du frottement intérieur.

3° Les cycles de la figure 1 ne se ferment pas : ils créent des tensions internes qui se relaxent partiellement à froid (du segment DA' en 10 h). On peut définir ces tensions par la diminution finale du module après les cyles, et l'évolution du frottement intérieur (*fig.* 2) au cours des mêmes cycles doit nous préciser les conditions de leur apparition et de leur disparition dans la zone plastique.

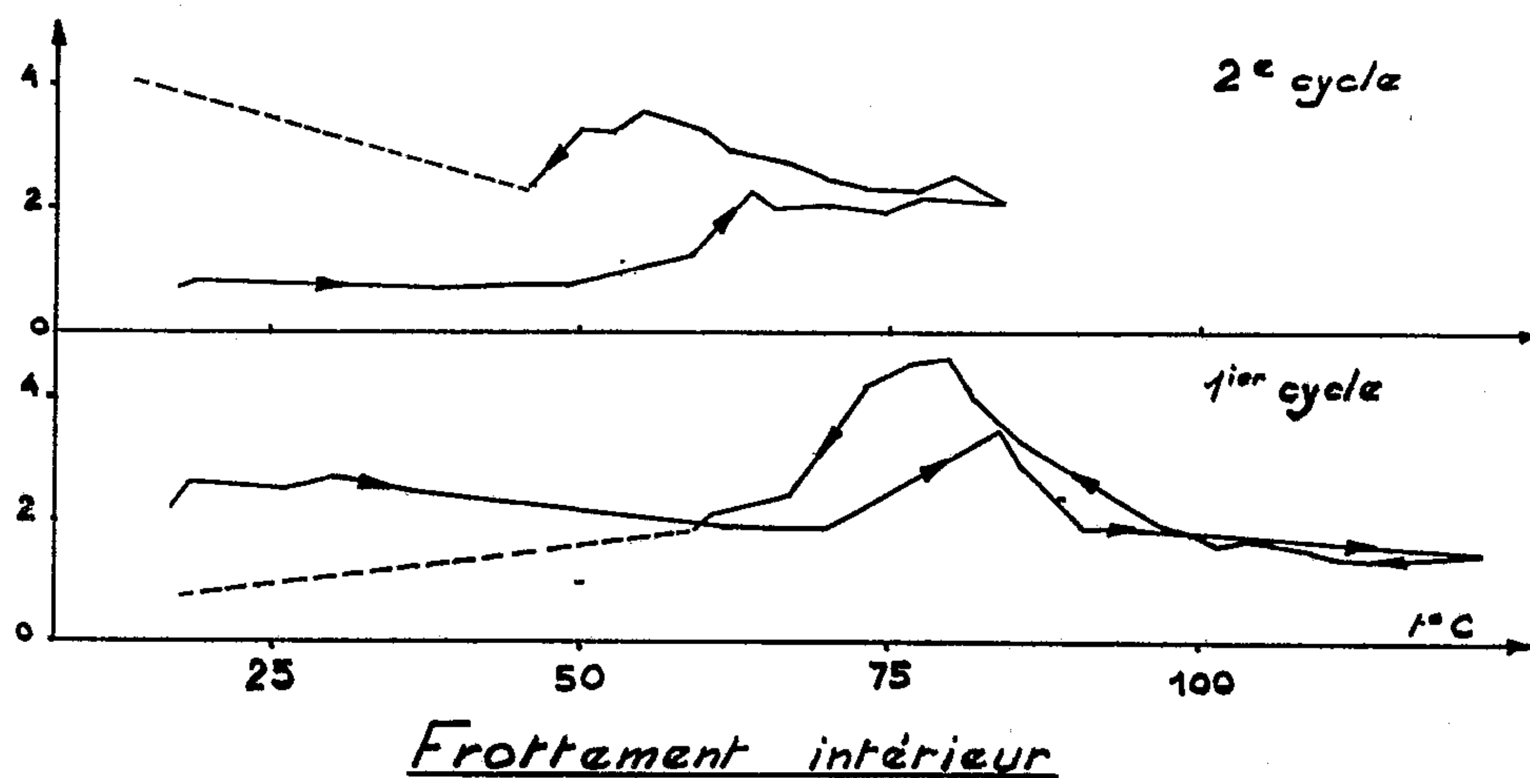


Fig. 2.

4° Le frottement intérieur montre un maximum entre 60 et 95°C, plus ou moins accusé suivant la vitesse de chauffe. Nous en avons constaté un autre au voisinage de 200°C. Breckenridge et Ward (⁴) ont signalé des maxima semblables. Ils les ont attribués à une relaxation des paires de lacunes. Ces maxima paraissent d'une grande importance dans la création des tensions internes, mais ils ne semblent pas perturber l'évolution du module élastique.

(⁴) *Amer. Phys. Soc.*, 25, 1950, n° 1.

GÉOLOGIE. — *Le volcan géorgien de la région d'Alougoum (Anti-Atlas).* Note de M. **Georges Choubert**, présentée par M. Paul Fallot.

En décembre 1950, j'ai pu étudier le volcan géorgien de la région d'Alougoum [1]. Son appareil volcanique se situe sur le flanc Sud de la boutonnière précambrienne d'El Graara (15 km Nord d'Alougoum et 10 km Sud d'Arbhar) entre les Oueds Tazigzaout et Tachdamt. Sa position au sein d'une série stratigraphique inclinée régulièrement (de 10 à 30°) vers le Sud permet d'étudier autant la structure interne du centre d'émissions que l'ensemble de coulées qui en sont issues.

On peut y distinguer : 1° un premier groupe de coulées et cinérites essentiellement andésitiques de couleur sombre, grise ou verdâtre, comportant fréquemment des variétés riches en phénocristaux de feldspath; 2° un deuxième groupe de coulées, plus massives, formées surtout de trachytes brun-rougeâtre à phénocristaux de feldspath rouges, mais aussi de quelques andésites (notamment les coulées terminales); 3° en rapport avec ce deuxième groupe, le centre d'émissions constitué par un culot central formé d'une akérite largement grenue (J. Bokho) entouré d'un massif plus ou moins homogène de trachytes; 4° un réseau très dense de dykes et filons de trachyte (ou plutôt de microakérite) traversant, selon une direction Nord-Sud l'ensemble de l'appareil volcanique, les coulées andésitiques inférieures ainsi que leur substratum immédiat.

L'akérite est tantôt claire presque blanche, tantôt rouge par altération. Son analyse effectuée par Th. de Cichocki fait ressortir un léger déficit de silice (variété β) :

SiO_2, 53,90; TiO_2, 0,75; Al_2O_3, 21,10; Fe_2O_3, 2,20; FeO, 3,25; MnO, 0,12; CaO, 5,35; MgO, 1,15; K_2O, 3,55; Na_2O, 6,25; P_2O_5, 0,20; CO_2, néant; H_2O^+, 1,97; H_2O^-, 0,12; total, 99,91. Paramètres : 'II, 5 (6), 2, 4.

L'akérite digère sur sa bordure le trachyte encaissant et en contient des enclaves. Par contre, elle est traversée par les filons trachytiques. On assiste donc là aux dernières phases de l'activité magmatique interne du volcan.

Cette activité a commencé peu après la transgression des calcaires inférieurs [2]. Les coulées inférieures andésitiques reposent *partout* sur une série sédimentaire de quelques dizaines à une centaine de mètres comprenant des conglomérats et au moins quelques couches de calcaire.

---

(1) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 182.

(2) Pour la définition des différents termes du Géorgien, *voir* : G. Choubert, *Note sur la Géologie de l'Anti-Atlas*, 18e *Congrès Géol. Internat.*, 1948, Partie XIV, Londres, 1951, p. 29-44.

Cette série sédimentaire repose, comme partout ailleurs, en discordance angulaire sur le Précambrien II ou III. Au droit du volcan, elle recouvre le Précambrien III constitué de rhyolites accompagnées de leurs produits de projection et de quelques andésites différentes de celles du volcan géorgien.

A l'Est du volcan, à 12 ou 13 km du centre d'émission (Oued Aghlane), des intercalations calcaires à *Collenia* accompagnées de pélites rouges, apparaissent entre les coulées. Un peu plus loin on observe une alternance régulière de quatre ou cinq faisceaux calcaires et de trois ou quatre intercalations volcaniques. Ces dernières sont constituées tantôt par une seule coulée, tantôt par des brèches et tufs volcaniques, accompagnés ou non de coulées. On y rencontre aussi ces calcaires curieux (¹) remplis de débris volcaniques de forme quelconque et qui sont sans doute des lapillis englobés dans de la boue calcaire. On peut suivre cette série complexe sur plus de 20 km (35 km du centre d'émission) le long du flanc Sud d'El Graara. Du côté Ouest, on retrouve la même alternance. Cependant, les intercalations calcaires apparaissaient plus près du volcan : dès l'Oued Tachdamt, à 5 km du centre d'émission.

En s'éloignant du volcan, le nombre et l'importance des intercalations volcaniques diminue. Sur le flanc Nord d'El Graara, on les voit disparaître progressivement depuis Aghbar jusqu'au J. Asfar à 20 km du volcan (observations de G. Jouravsky). Dans le massif des Ait ou Hamidi (15 km Ouest-Sud-Ouest du volcan), on en observe trois (¹). Par contre, à Bou Azzer (20 km Ouest-Nord-Ouest) on n'en connaît plus qu'une : c'est l'intercalation inférieure, formée d'une andésite très fluide. Elle a été retrouvée le long de la bordure Sud du Tifernine (20 km Nord du volcan) par J. Hindermeyer et H. Hollard. On peut la suivre jusqu'au delà de la piste d'Ouarzazate à Agdz (Tizi n'Tinififft) à 40 km du volcan.

Cet étalement des coulées indique un aplanissement parfait de la région. Le volcan était entouré par la mer (ou lac) à *Collenia* de très faible profondeur. Au cours de chaque éruption importante, la mer reculait, puis regagnait le terrain perdu. Certaines coulées devaient se propager sous l'eau. La présence de lentilles calcaires de dimensions variées au sein des intercalations volcaniques ainsi que les calcaires à lapillis en font foi. Cependant le volcan lui-même n'a jamais été submergé par la mer des calcaires inférieurs. Le dernier faisceau calcaire, postérieur à la dernière intercalation volcanique n'a avancé que jusqu'à 10 km du centre éruptif à l'Est, 8 km à l'Ouest.

Le volcan est demeuré en relief au cours du dépôt des grès et schistes violacés (²). Ces formations continentales s'amincissent progressivement sur le pourtour du volcan, se chargent de conglomérats et de brèches, pour

devenir finalement sporadiques. L'aplanissement du volcan par érosion n'est devenu parfait qu'avec l'approche de la transgression des calcaires supérieurs (²) qui l'a recouvert normalement.

PÉTROGRAPHIE. — *Considérations sur l'origine des amphibolites.* Note de M. **Pierre Lapadu-Hargues**, présentée par M. Charles Jacob.

Les amphibolites sont depuis longtemps considérées comme des roches métamorphiques pouvant dériver, soit de roches sédimentaires de nature calcaro-magnésienne, soit de roches magmatiques. Selon la nomenclature habituellement utilisée, on est ainsi amené à parler, d'une part de para-amphibolites, d'origine sédimentaire, d'autre part d'ortho-amphibolites, d'origine magmatique.

Dans certains cas, l'examen microscopique de ces roches, aidé par l'étude de leur relation sur le terrain avec les autres faciès métamorphiques, nous renseigne sur l'origine de ces roches; mais il est de nombreuses circonstances où l'on est bien moins sûr de leur nature primitive et même, souvent, on ne peut rien dire à ce sujet.

En me basant sur les principes qui m'avaient servi de guides lors d'études sur la composition chimique moyenne des gneiss et des mica-schistes [1], faciès qui, comme chacun le sait, sont les plus classiques parmi les roches métamorphiques, j'ai rassemblé le plus grand nombre possible d'analyses chimiques se rapportant à des amphibolites ou roches décrites comme telles par les auteurs. L'intention était de rechercher, pour ce faciès de roches métamorphiques, comme antérieurement pour les gneiss et les mica-schistes, un type général moyen, exprimé en composition centésimale moléculaire établi à partir du plus grand nombre possible d'analyses, ici environ une centaine et portant sur les huit constituants principaux, à savoir : SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, FeO, MgO, CaO, Na_2O et K_2O. Les résultats obtenus ont été les suivants :

Un certain nombre de constituants, tels SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, K_2O et de façon un peu moins nette Na_2O, groupent leur valeur respective, pour chacune des analyses examinées, autour d'une valeur moyenne bien dégagée, selon une répartition unimodale et conformément à la loi de Gauss. Il en est tout autrement pour les valeurs relatives à FeO, MgO et CaO. Elles se répartissent sur un thème bimodal à deux maxima nets. Ceci nous amène à penser qu'il doit exister deux types de constitutions moyennes pour ces trois derniers constituants. La composition chimique moyenne des amphibolites se rapprocherait donc finalement des deux types de composition

(¹) *Bull. Soc. Géol. France*, (5), 18, 1948, p. 255 et *ibid.*, (5), 19, 1949, p. 89.

suivants, types que j'appelle O et P (composition exprimée en pourcentages moléculaires) :

	Type O.	Type P.		Type O.	Type P.
SiO_2........	54,0	54,0	MgO........	10,0	11,5
Al_2O_3.......	10,5	10,5	CaO........	10,0	12,0
Fe_2O_3.......	1,5	1,5	Na_2O.......	2,5	3,0
FeO........	11,0	7,0	K_2O........	0,5	0,5

Les trois éléments variants sont Fe^{++}, Mg et Ca (Na varie légèrement et suit un peu les variations de Ca, ce qui est normal, en raison des affinités de ces deux métaux dans les édifices feldspathiques). On voit donc apparaître deux types d'amphibolites, un type ferreux, ou type O et un type calco-magnésien ou type P. Pour ces deux types, les paramètres magmatiques sont : III, 5, 4, 4 (5), correspondant dans la classification de A. Lacroix à l'ensemble de la famille des vrais gabbros.

On doit se demander si ce classement en deux stocks assez nets n'est pas une conséquence de leur différence d'origine. En effet, on constate que si l'on s'adresse à des ortho-amphibolites bien définies, celles-ci sont effectivement riches en fer et moins riches en calcium que les para-amphibolites, plus pauvres en fer, mais mieux pourvues en magnésium et surtout en calcium. De là, la spécification des deux types en O (ortho-) et P (para-amphibolites).

Ainsi, d'une part l'étude statistique de la composition chimique des amphibolites permet de mettre en évidence l'existence de deux types distincts et, d'autre part, on peut penser que ces deux types chimiquement différents résultent de l'origine différente du matériel primitif, qui, par métamorphisme, a fourni l'amphibolite. Dans le premier cas, il s'agirait d'un matériel sédimentaire calcaro-magnésien, dans l'autre cas d'un magma consolidé, plus riche en fer. L'examen des analyses chimiques permet enfin d'éclairer dans une certaine mesure le problème de leur origine et de leur nature primitive.

HYDROLOGIE. — *Détermination polarographique de la valence de l'arsenic dans les eaux thermales de La Bourboule.* Note de MM. **Marcel Le Peintre** et **Henri-René Olivier**, présentée par M. Louis Hackspill.

Près de cent ans après la découverte par L. J. Thenard de l'arsenic dans les eaux thermales de La Bourboule, nous avons pu montrer sur place que ces eaux renfermaient simultanément de l'arsenic III (3,8 mg : l) et de l'arsenic V (2,2 mg : l).

L'arsenic dans les eaux minérales a été particulièrement étudié des

points de vues historique et analytique par M. Delépine et M. Léonardon (¹).

Les chimistes se sont demandé sous quelle forme était cet élément dans les eaux minérales.

L.-J. Thénard (²) pensait que ce métalloïde était à l'état d'arséniate de sodium dans les eaux thermales de La Bourboule, cet avis fut partagé ensuite par J. Lefort (³), puis par Jacquot et Willm (⁴); seul H. Byasson (⁵) émit l'idée de l'existence d'arsénite ou d'acide arsénieux dans ces eaux.

Les résultats divergents et les sérieuses critiques que l'on peut faire aux méthodes utilisées par ces auteurs ont amené Delépine et Léonardon (*loc. cit.*) à penser qu'il est bien difficile de savoir sous quelle forme est l'arsenic dans les eaux minérales en raison de sa faible concentration et des transformations subies avant le début de l'analyse.

Pour résoudre cette question il faut utiliser une méthode analytique permettant de doser au moins l'une des deux formes du métalloïde avec certitude et rapidité, l'autre forme étant déterminée après oxydation ou réduction.

La polarographie de l'arsenic, étudiée par V. Bayerle (⁶), K. Kacirkova (⁷), J. J. Lingane (⁸) et I. M. Kolthoff (⁹), permet de doser l'arsenic III en présence d'arsenic V.

D'après ces auteurs et nos propres vérifications, seul, l'arsenic III est électroréductible à l'électrode à goutte en milieu acide chlorhydrique normal.

Le polarogramme est compliqué et présente deux vagues, seule la seconde est proportionnelle à la concentration en arsenic.

L'analyse la plus complète de l'eau thermale de Choussy-Perrière ne révélant pas l'existence de substances électroréductibles au voisinage du potentiel de dépôt de l'arsenic III, notre travail s'est alors trouvé simplifié.

En septembre 1951, nous avons installé dans le laboratoire d'exploration fonctionnelle des Grands Thermes de La Bourboule un polarographe Heyrovsky mis à notre disposition par le Service de Contrôle des Eaux de la Ville de Paris. Nous avons prélevé avec les précautions habituelles

---

(¹) *Ann. Inst. Hydr. Clim.*, 3, 1925, p. 1.
(²) *Comptes rendus*, 39, 1854, p. 763.
(³) *Ann. Soc. Hydr. méd.*, 9, 1862-1863, p. 224.
(⁴) *Les eaux minérales de France*, 1894, p. 75.
(⁵) *Ann. Soc. Hydr. Méd.*, 27, 1881-1882, p. 274.
(⁶) *Rec. Trav. Chem.*, 44, 1925, p. 514
(⁷) *Collect. Trav. Chem. Tchecos.*, 1, 1929, p. 477.
(⁸) *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.*, 15, 1943, p. 582.
(⁹) *Anal. Chem.*, 21, 1944, p. 753.

au griffon Choussy-Perrière 1 l d'eau dans un flacon en verre borosilicaté transporté immédiatement au laboratoire.

Une centaine de centimètres cubes de cette eau fut amenée rapidement à la température du laboratoire, puis acidifiée avec de l'acide chlorhydrique concentré jusqu'au voisinage de la normalité.

Des essais préliminaires nous ayant montré l'existence d'un maximum entre la première et la deuxième vague s'éliminant aisément avec le bleu de méthylène, nous avons ajouté à 100 cm^3 de la solution chlorhydrique normale de l'eau de Choussy-Perrière, une goutte de bleu de méthylène à 0,5 %.

Après avoir polarographié 10 cm^3 de cette solution, nous avons observé une vague importante au potentiel de dépôt de l'arsenic III.

L'étalonnage effectué en ajoutant à la solution étudiée une quantité déterminée d'arsenic III, nous a permis de trouver 3,8 mg d'arsenic trivalent par litre d'eau thermale à 20° C.

Sur le litre d'eau prélevé initialement, nous avons pris 100 autres centimètres cubes qui ont été traités par le gaz sulfureux suivant la technique de Gros ([10]) pour réduire l'arsenic V.

Un polarogramme effectué comme précédemment sur cette prise nous a donné l'arsenic total : 6 mg : l. La différence entre l'arsenic total et l'arsenic III trouvé directement met en évidence 2,2 mg : l d'arsenic V.

L'arsenic total dosé par les méthodes classiques a donné un chiffre concordant aux erreurs expérimentales près. Le temps écoulé entre le prélèvement et l'enregistrement de l'arsenic III était de l'ordre de 30 mn. Pour évaluer l'influence du temps de refroidissement et de préparation de l'échantillon, nous avons étudié par un essai préliminaire la vitesse de transformation de l'arsenic III sur le reste d'eau du prélèvement initial laissé en contact avec l'air.

Nos essais ont montré que l'arsenic III se transforme progressivement en arsenic V jusqu'à complète oxydation après 5 jours; l'arsenic total restant constant. Cette évolution fera l'objet de recherches plus approfondies. En milieu acide chlorhydrique normal, l'évolution est encore plus lente.

D'après ces résultats, nous voyons l'influence négligeable du temps de préparation et d'analyse de l'échantillon sur les proportions relatives des deux formes d'arsenic.

L'étude polarographique de la valence de l'arsenic dans les eaux thermales de la région de La Bourboule sera poursuivie l'été prochain en raison de son intérêt scientifique.

([10]) *Bull. Soc. Chem.*, 8, 1941, p. 520.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Étude de la fécondation chez quelques espèces appartenant aux genres* Linum, Cymbalaria et Phaseolus. Note de M. **Bernard Vazart**, présentée par M. Raoul Combes.

Chez certaines espèces à noyaux euchromocentriques appartenant aux genres *Linum*, *Cymbalaria* et *Phaseolus*, la fusion des deux noyaux polaires précède la fécondation proprement dite. Le tube pollinique pénètre dans le sac embryonnaire et les gamètes ♂ se fusionnent, l'un avec le noyau de l'oosphère, l'autre avec le noyau secondaire, sans que ceux-ci modifient leur structure propre.

Les processus intimes de la fécondation chez les Angiospermes varient avec la forme et l'organisation du sac embryonnaire, elles-mêmes en relation avec la structure des noyaux somatiques. Ils présentent cependant un certain nombre de points communs. Parmi les plantes que nous avons observées, il sera plus spécialement question dans les lignes qui suivent d'espèces à noyaux euchromocentriques appartenant aux genres *Linum*, *Cymbalaria* et *Phaseolus*.

Chez celles-ci, le sac embryonnaire se trouve habituellement profondément enfoncé dans le nucelle et se prolonge par un canal jusqu'aux téguments ovulaires peu résistants. Le micropyle est largement évasé et permet l'entrée du tube pollinique qui vient déboucher naturellement dans le sac à l'intérieur duquel il pénètre. L'appareil reproducteur proprement dit est composé de trois cellules haploïdes, deux synergides et l'oosphère, et d'une cellule diploïde de forme irrégulière contenant le noyau secondaire, ou noyau du sac, qui provient de la fusion préalable des deux noyaux polaires. Ces noyaux sont en général achromatiques et possèdent toujours un unique nucléole relativement volumineux et vacuolisé. A son entrée dans le sac, le tube pollinique se heurte aux synergides. Mais celles-ci lui offrent peu de résistance et l'une d'entre elles, parfois les deux, suivant leur position, sont entraînées, souvent détruites. L'oosphère est même parfois déportée. Le tube dilaté rencontre ensuite la masse cytoplasmique contenant le noyau secondaire et, probablement par suite des différences de pression de part et d'autre de l'enveloppe, il éclate. Les gamètes ♂ sont libérés et attirés par les noyaux ♀. Leur déplacement est peu rapide et peut être suivi avec précision. Ce sont des noyaux peu volumineux dont la structure rappelle celle des noyaux somatiques; ils sont entourés d'une membrane nette et nous avons remarqué que dans un nucléoplasme homogène et dense, les euchromocentres, vivement teintés par les techniques habituelles de coloration, sont en nombre haploïde et masquent généralement l'ensemble de la cavité nucléaire. Par suite, cette structure ne permet pas de distinguer la présence d'un nucléole.

Si ces deux noyaux morphologiquement identiques ne sont pas polarisés dès l'origine, ils se comportent toutefois un peu différemment l'un de l'autre.

Leur libération n'est pas simultanée. Dans les cas que nous avons observés, le premier noyau libéré se dirige vers l'oosphère et ce n'est que lorsqu'il a atteint la cellule-œuf que le second noyau ♂ se dirige à son tour vers la cellule diploïde du sac. De plus, tandis que ce dernier traversant la mince couche cytoplasmique qui entoure le noyau secondaire arrive vite au contact de celui-ci et y pénètre bientôt, l'autre gamète ♂ met un temps relativement long pour s'approcher du noyau reproducteur ♀ et fusionner avec lui. Les fusions nucléaires se déroulent de façon sensiblement analogue dans l'un et l'autre cas. Elles présentent simplement un léger décalage dans le temps, la fusion du noyau ♂ et du noyau diploïde précédant celle des deux noyaux haploïdes.

Le noyau ♂ contigu au noyau secondaire s'allonge légèrement en se plaquant contre sa membrane. Les euchromocentres se rassemblent dans les régions périphériques et, dans la zone en contact avec le noyau du sac, ils perdent de leur chromaticité et de leur netteté tandis que le suc nucléaire devient moins teinté et que le noyau ♂ paraît s'infiltrer tout d'une pièce à l'intérieur du noyau diploïde. Plus tard, on trouve dans l'espace intranucléaire ♀ un noyau généralement étroit et allongé, parfois de forme irrégulière, entouré d'une fine membrane à laquelle sont encore accolés quelques petits euchromocentres en nombre variable suivant les espèces étudiées.

Ce noyau progresse quelque peu à l'intérieur du noyau ♀ et paraît alors s'entr'ouvrir; son enchylème peu différent du suc nuléaire ♂ se confond avec lui et sa membrane discontinue devient à peine visible. Elle est semblable à une chaîne portant de fins granules faiblement colorés et dessine alors une anse très allongée qui s'aplatit peu à peu et s'approche de la périphérie du noyau ♀ avant de disparaître totalement. Des faits analogues, présentant souvent une netteté plus grande se déroulent plus tardivement dans la cellule-œuf voisine. Toutefois, l'éclipse du noyau ♂ n'est jamais totale. Il reste presque toujours, appliqués contre la membrane nucléaire ♀, quelques petits euchromocentres peu colorés.

Chez les plantes dont les noyaux somatiques sont à tendance chromocentrique, *Cerasus*, *Zea*, *Mahonia*, *Crepis*, la position du sac dans le nucelle varie considérablement suivant les genres envisagés. Néanmoins, l'appareil reproducteur ♀ est de même type que celui des espèces à noyaux euchromocentriques : la fusion des deux noyaux polaires précède la fécondation.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Effets de l'élévation de température sur le chondriome, dans le méristème de racines d'*Allium cepa *cultivées à* 0° C. Note de M. **Louis Genevès**, présentée par M. Raoul Combes.

Les cellules médullaires ont un chondriome généralement court quand le méristème s'est développé à 0° C. Au réchauffement, de grandes plages mitochondriales se forment aux dépens des chondriosomes. Elles disparaissent ensuite peu à peu. Ces altérations réversibles montrent une absorption d'eau sous l'influence du réchauffement.

Des bulbes d'Oignon, dont la base est immergée dans l'eau à 0° C pendant plusieurs semaines, produisent des racines qui croissent très lentement. Si l'on place, en même temps, ces bulbes et des bulbes neufs à la température de 18° C, les racines s'allongent rapidement dans les deux lots et leur vitesse de croissance est sensiblement identique.

Dans les cellules médullaires autres que les plus centrales, l'aspect du chondriome est normalement variable selon les échantillons. Quelques-uns des chondriosomes, courts ou longs, confluent en petits appareils étoilés peu colorables (*fig.* 1, *c*).

A basse température, les éléments très courts dominent, normaux, gonflés ou vésiculisés (*fig.* 2, *cv*) voisinant parfois avec quelques filaments allongés. Mais les confluences ont disparu. Des formes en anneau, ouvert ou fermé, sont assez fréquentes (*an*). Plusieurs de ces inclusions possèdent un bord épais, très colorable et une zone centrale plus claire.

Au début du retour à la température ambiante, les modifications structurales sont considérables. Très rapidement, des plages peu sidérophiles apparaissent (*fig.* 3, *pm*), de formes et de dimensions très variées, distendues parfois par d'énormes vésicules (*v*). Elles sont bordées d'une mince bande, continue ou non, qui se colore énergiquement.

Toutes ces inclusions se colorent à l'hématoxyline, dans les préparations mitochondriales, mais certaines seulement fixent le noir Soudan B ou le Soudan III, réactifs des lipides. Ce sont des enclaves cytoplasmiques inertes. Les autres, qui seules se colorent par la fuchsine, appartiennent au chondriome, donc à la substance vivante.

L'interprétation de leur origine est possible par l'étude des cellules aux tous premiers instants du réchauffement. Certains des longs chondriosomes sont d'abord déformés par un ou plusieurs renflements peu colorés et diversement développés. Ultérieurement, ils montrent une série de deux ou trois ampoules arrondies, unies par une portion très courte du chondriosome. Ces ampoules confluent peu à peu, ce qui produit l'aspect définitif des plages mitochondriales peu colorables que nous avons décrites.

Au début du réchauffement, les cellules présentent abondamment ces stades préliminaires, que l'on ne retrouve pas après quelques heures.

Ces altérations ressemblent à celles que Buvat ([1]) et nous-même ([2]) avons observées dans les cellules du parenchyme libérien de la racine d'Endive. Sous l'effet de l'eau, les chondriosomes s'imbibent et peuvent se souder en édifices complexes, allant parfois jusqu'à constituer des

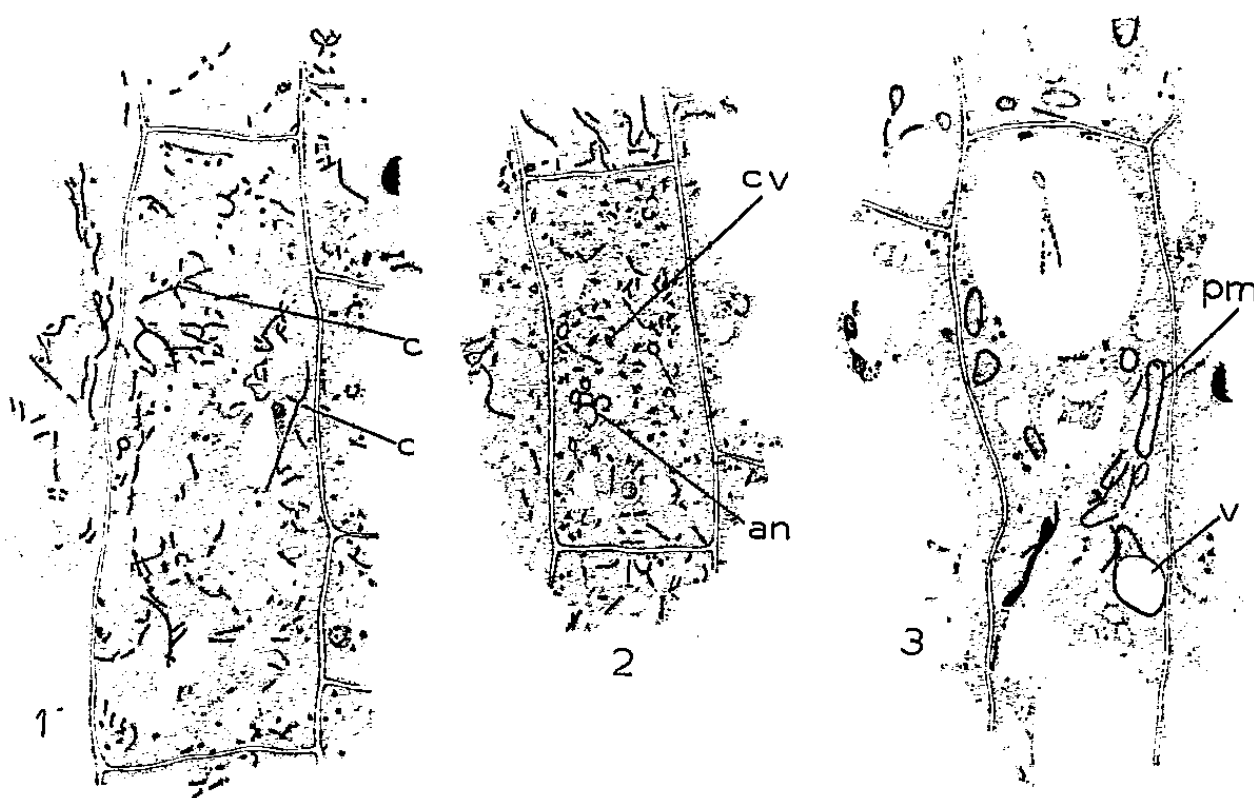


Fig. 1. — Cellules médullaires de méristèmes radiculaires développés à 18° C. Fig. 2. — A 0° C. Fig. 3. — A 0°, puis réchauffées à 18° C pendant un jour. *c*, confluences; *c. v.*, chondriocontes vésiculisés; *an*, chondriosomes en anneau; *p. m.*, plage mitochondriale; *v*, vésicule.

plaques mitochondriales ajourées. Dans les cellules d'*Allium*, l'hypertrophie d'une partie de la matière mitochondriale, sa faible sidérophilie, ses formes myéliniques caractéristiques sont très comparables au comportement des cellules d'Endive. Nous avons expliqué ce comportement par un arrêt presque total de la cyclose lorsque de l'eau libre apparaît dans le cytoplasme. Nous attribuons, au moins partiellement, les réactions des cellules méristématiques à des causes semblables. L'élévation de température (18° C environ) provoque un accroissement de la perméabilité et modifie l'équilibre hydrique de la cellule, de sorte qu'il s'y produit un afflux d'eau. Les colloïdes hydrophiles du cytoplasme et de ses inclusions s'imbibent d'une façon considérable. Les grandes vésicules claires de la substance mitochondriale représentent un excès d'eau que cette substance ne peut plus absorber. Mais les altérations du chondriome ne sont que transitoires, car, dans le protoplasme, il s'établit un nouvel équilibre entre l'eau d'imbibition de ses divers colloïdes et l'eau libre dont l'excès a formé

([1]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1187; **224**, 1947, p. 668.

([2]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 2322.

notamment les vésicules mitochondriales. Cette eau libre est peu à peu éliminée, peut-être vers la vacuole, et la cellule retrouve sa structure habituelle.

Une fois de plus les chondriosomes manifestent leur uniformité de comportement. Les variations de l'eau dans la cellule les altèrent toujours semblablement et, dans tous les cas où la cellule se rétablit, ils persistent et reprennent leurs caractères initiaux.

MYCOLOGIE. — *Valeur diagnostique relative de l'antibiose croisée entre* Streptomyces *antibiotiques*. Note de M. **Jean Teillon**, présentée par M. Raoul Combes.

Le phénomène d'isoantibiose utilisé pour différencier les antibiotiques microbiens ne peut être extrapolé aux *Streptomyces* antibiotiques. La complexité du métabolisme de ces derniers ne permet pas d'appliquer avec succès l'inhibition croisée entre rubans mycéliens. Nous proposons le remplacement du ruban primaire par l'antibiotique pur qu'il sécrète.

La différenciation des diverses souches de *Streptomyces* producteurs d'antibiotiques a fait depuis quelques années l'objet d'études nombreuses; malheureusement, la très grande variabilité des Streptomycétacées rend les critères morphologiques et biochimiques incertains. C'est pourquoi, à l'aide d'une méthode nouvelle que nous avons dénommée antibiose croisée, par analogie avec l'immunité croisée, nous avons essayé de vérifier si l'élimination dans la gélose d'un antibiotique donné, par une souche connue, pouvait servir à l'identification d'autres souches, tout comme l'immunité croisée permet de le faire *in vivo* pour certains agents pathogènes (Trypanosomes, Rickettsies) [1].

Ce phénomène avait déjà été étudié pour les antibiotiques microbiens, en particulier pour les colicines, par P. Fredericq [2] sous le nom d'isoantibiose, et par Y. Chabbert sous le nom d'antagonisme différé [3].

Technique. — Nous disposons dans une boîte de Pétri, à la surface de la gélose et suivant un diamètre, une bande de papier filtre de 5 mm de large imprégnée d'une suspension de spores d'un *Streptomyces* connu. Après trois jours d'incubation à 27°, on obtient un ruban mycélien (ruban primaire) parfaitement régulier en largeur et en épaisseur de part et d'autre duquel

---

(1) Au moment où ces essais étaient terminés, nous avons eu tardivement connaissance de travaux identiques effectués au Japon, sous la même dénomination, mais dont la conclusion diffère sensiblement de la nôtre (M. Kuroya, *J. of Antibiotics*, IV, 5, 1951, p. 331).

(2) P. Fredericq et M. Levine, *J. Bact.*, 54, 1947, p. 785; P. Fredericq, *C. R. Soc. Biol.*, 144, 1950, p. 1137.

(3) *Ann. Inst. Pasteur*, 79, 1950, p. 51.

la diffusion de l'antibiotique est aussi égale que possible. Si l'on trace alors avec les souches à identifier des stries perpendiculaires au ruban primaire, on obtient, après une nouvelle incubation, des rubans mycéliens secondaires qui, suivant les cas, sont inhibés plus ou moins par le ruban primaire ou arrivent jusqu'à son contact.

Résultats. — Cette technique employée depuis plus d'une année en utilisant comme rubans primaires les principaux *Streptomyces* producteurs d'antibiotiques, nous a permis de constater que le problème est complexe, que les cas aberrants sont fréquents. Un grand nombre d'observations ont été faites qui seront publiées ailleurs. A titre d'exemple, nous avons rassemblé dans le tableau suivant les résultats qu'auraient dû théoriquement donner quatre des *Streptomyces* types des N. R. R. L., et ceux que nous avons obtenus sur nos milieux.

Rubans.	Résultats théoriques.				Résultats expérimentaux.			
secondaires. primaires......	*St. rimosus.*	*St. griseus.*	*St. aureofaciens.*	*St. fradiæ.*	*St. rimosus.*	*St. griseus.*	*St. aureofaciens.*	*St. fradiæ.*
St. rimosus N. R. R. L. 2234....	o	+	+	+	o	o	o	+
St. griseus N. R. R. L. B 150....	+	o	+	+	o	o	+	+
St. aureofaciens N. R. R. L. 2209.	+	+	o	+	+	+	o	+
St. fradiæ N. R. R. L. B 1195....	+	+	+	o	+	+	+	+

Sur 6 combinaisons possibles des *Streptomyces* 2 par 2, la réponse expérimentale a été une seule fois conforme à l'hypothèse : cas *St. griseus*, *St. aureofaciens*; dans 5 cas elle a été défaillante; par exemple, *St. rimosus* et *St. griseus* ne s'inhibent pas du tout; *St. aureofaciens* inhibe *St. fradiæ* et réciproquement, mais ce dernier s'inhibe lui-même. L'antibiose croisée à partir des rubans mycéliens ne s'applique donc pas aux *Streptomyces* dans les conditions des essais.

Discussion. — Les causes de ces échecs peuvent être multiples; elles doivent en grande partie résider dans la complexité du métabolisme du *Streptomyces :* milieu de culture plus ou moins électif, anabolisme et catabolisme du mycélium qui peuvent modifier la composition du substrat, l'épuiser, en changer le pH, y déverser des produits toxiques ou inhibants divers plus ou moins apparentés, en quantités variables, jusqu'à provoquer même des « blancs », des autoinhibitions.

Pour supprimer les facteurs de variations et d'erreurs inhérents au métabolisme mycélien, nous avons supprimé le ruban primaire et l'avons remplacé par les pastilles de papier imprégnées de quantités connues d'antibiotiques purs couramment utilisées aujourd'hui pour le titrage des antibiotiques. Les résultats obtenus par cette méthode feront l'objet d'une Note ultérieure.

Le procédé employé par Fredericq pour l'identification des antibiotiques

microbiens sous le nom d'isoantibiose auquel nous préférons appliquer le terme d'antibiose croisée, n'est donc pas applicable aux *Streptomyces*. Nous avons essayé d'adapter une technique plus précise qui repose non plus sur l'emploi d'un agent vivant, ruban mycélien, dont l'activité biologique ne peut être contrôlée, mais sur l'utilisation de quantités connues des principaux antibiotiques.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la recherche du pinitol chez quelques Conifères et plantes voisines*. Note de M. **Victor Plouvier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le pinitol ou méthyl-*d*-inositol $C_6H_{11}O_5OCH_3$ a été découvert en 1855 par Berthelot dans les concrétions du *Pinus Lambertiana* Dougl. Signalé en 1874 dans une préparation de coniféroside (Tiemann et Haarmann), il a été retrouvé plus tard parmi les constituants du bois de plusieurs espèces : *Sequoia sempervirens* (Sherrard et Kurth, 1928), *Pinus Strobus* et *P. Cembra* (Erdtman, 1943), *Pinus monticola* et *P. excelsa* (Lindstedt, 1949). Il est possible que l'abiétite isolé des aiguilles d'*Abies pectinata* (Rochleder, 1868) soit identique au pinitol.

J'ai pensé que le pinitol pouvait avoir chez les Conifères une répartition étendue qu'il importait de préciser et de délimiter. Pour cela, j'ai effectué sur 66 Gymnospermes une étude comparable à celle qui a été faite sur les Légumineuses où le pinitol est très largement répandu [1]. Le matériel d'étude sec a été épuisé par l'acétone en utilisant les techniques déjà décrites [2]. Le pinitol a été identifié, dans tous les cas où il a été obtenu, par sa forme cristalline facilement reconnaissable au microscope, par son point de fusion (sans dépression après mélange avec du pinitol de référence) et par sa sublimation. Dans quelques cas, le pouvoir rotatoire et la réaction au nitroprussiate de sodium ont servi de vérification.

J'ai examiné les plantes suivantes (genres classés selon Engler) :

Cycadaceæ : *Cycas revoluta* Thunb.

Ginkgoaceæ : *Ginkgo biloba* L.

Taxaceæ : *Torreya californica* Torr.; *Taxus baccata* L.

Podocarpaceæ : *Podocarpus macrophyllus* D. Don

Araucariaceæ : *Araucaria imbricata* Pav.; *A. excelsa* R. Br.

Cephalotaxaceæ : *Cephalotaxus drupacea* Sieb. et Zucc.

Pinaceæ : 1° Abietoideæ : *Picea excelsa* Link; *P. orientalis* Carr.; *P. Koyamai* Shirasawa; *P. Morinda* Link; *P. polita* Carr.; *P. pungens* Engelm.; *P. Breweriana* S. Wats.; *Tsuga canadensis* Carr.; *T. Sieboldii*

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 859; 230, 1950, p. 125 et 863.

(2) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1842; 226, 1948, p. 85; 227, 1948, p. 225.

Carr.; *Pseudotsuga Douglasii* Carr.; *Abies koreana* Wils.; *A. pectinata* DC.; *A. Nordmanniana* Spach; *A. cephalonica* Link; *A. numidica* de Lannoy; *A. Pinsapo* Boiss.; *A. concolor* Lindl.; *Larix europæa* DC.; *L. leptolepis* Gord.; *Cedrus atlantica* Manetti; *C. libani* Barr.; *C. Deodara* Loud.

2° Pinoideæ : *Pinus Cembra* L.; *P. Strobus* L.; *P. Ayacahuite* Ehrenb.; *P. excelsa* Wall.; *P. monophylla* Torr. et Frem.; *P. Bungeana* Zucc.; *P. Gerardiana* Wall.; *P. Pinaster* Sol.; *P. densiflora* Sieb. et Zucc.; *P. sylvestris* L.; *P. montana* Mill.; *P. nigra* Arn. var. *austriaca*; *P. Laricio* Poir. var. *corsicana*; *P. pyrenaica* Lapeyr.; *P. halepensis* Mill.; *P. pinea* L.; *P. Sabiniana* Dougl.

Taxodiaceæ : *Sciadopitys verticillata* Sieb. et Zucc.; *Sequoia gigantea* Torr.; *S. sempervirens* Endl.; *Cryptomeria japonica* D. Don; *Taxodium distichum* Rich.; *T. ascendens* Brongn.

Cupressaceæ : *Thujopsis dolabrata* Sieb. et Zucc.; *Libocedrus decurrens* Torr.; *Thuja occidentalis* L.; *T. gigantea* Nutt.; *T. orientalis* L. (*Biota orientalis* Endl.); *Cupressus sempervirens* L.; *C. arizonica* Greene; *Chamæcyparis Lawsoniana* Parl.; *C. nutkatensis* Spach; *Juniperus Sabina* L.; *J. virginiana* L.

Ephedraceæ : *Ephedra distachya* L.; *E. procera* C. A. Mey.

Pour chaque espèce, l'étude a porté sur les organes chlorophylliens où il y a le plus de chances de rencontrer le pinitol : feuilles des Taxacées et groupes voisins, aiguilles des Pinacées, tiges vertes feuillées des Taxodiacées et Cupressacées.

Le pinitol a été isolé à l'état pur du *Ginkgo biloba*, de toutes les Pinacées examinées (soit 7 genres, 39 espèces), des deux *Sequoia*, du *Thujopsis dolabrata*, du *Thuja occidentalis* et du *Chamæcyparis Lawsoniana*. Il apparaît donc comme un élément constant du chimisme des Pinacées. Sa cristallisation est généralement facile et rapide chez les *Pinus* (rendement pour 100 g. sec, en septembre : *P. Bungeana* 1,2; *P. sylvestris* 0,6). Chez les Abiétoïdées, elle est parfois tardive, souillée d'impuretés, ou peu abondante, nécessitant quelques tâtonnements (*Abies Pinsapo* 0,6; *Larix europæa* 0,3; *Cedrus atlantica* 0,03). En dehors des Pinacées, le pinitol est plus rare, les cristallisations sont souvent tardives et les rendements faibles (*Sequoia sempervirens* 0,25; *Thujopsis* 0,12; *Ginkgo* 0,05). Les Taxacées et familles voisines n'en ont pas fourni.

Les rameaux de quelques espèces ont été traités soit à l'état sec par la même méthode, soit à l'état frais par la méthode avec fermentation et défécation : le pinitol a été isolé du *Pinus sylvestris*, du *Picea excelsa*, du *Larix europæa*; il n'a pas été obtenu avec le *Ginkgo*; plusieurs Abiétoïdées ont donné jusqu'à maintenant des résultats négatifs. Sa présence est donc moins générale dans les rameaux que dans les feuilles.

Le saccharose a été isolé à l'état pur des feuilles de *Ginkgo*, *Torreya*,

Podocarpus, *Cephalotaxus*, des tiges feuillées de *Cryptomeria*, *Thuja gigantea*, *Chamæcyparis Lawsoniana*. Il a été identifié par son point de fusion, sa caramélisation et son hydrolyse sucrasique. Quelques autres substances organiques cristallisées ont été obtenues mais non identifiées, notamment chez le *Sequoia gigantea* (lévogyre, fusion vers 170°) et le *Taxodium distichum* (sublimable, fusion 237° : sequoyitol ?). Je poursuis leur étude.

En résumé, le pinitol a été extrait de toutes les Pinacées examinées (39 espèces), de 2 Taxodiacées (genre *Sequoia*), de 3 Cupressacées (genres *Thujopsis*, *Thuja*, *Chamæcyparis*), et du *Ginkgo biloba*. Le saccharose a été isolé de plantes diverses.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur le conditionnement des cycles sexuels du Moineau domestique par la lumière naturelle et la lumière artificielle. Nécessité de l'obscurité temporaire*. Note de M. **Léon Vaugien**, présentée par M. Maurice Caullery.

En vue de comparer l'influence de la lumière du jour et celle de la lumière artificielle continue sur la durée et la répétition des cycles sexuels des Oiseaux, j'ai soumis des moineaux mâles (*Passer domesticus* L.) à un éclairement électrique ininterrompu. Leur état génital fut confronté, au moyen d'autopsies méthodiques, avec celui d'individus prélevés dans la nature ou de captifs séjournant à la lumière naturelle.

Chez les 63 moineaux domestiques chassés en toute saison, l'examen pondéral et histologique des testicules, complété par l'observation de la teinte du bec (test de Keck, 1933) et de la mue, m'ont permis de définir un cycle saisonnier moyen. Au début de mars, le bec, jusqu'ici de teinte claire, noircit manifestement chez la plupart des individus, bien que le poids testiculaire demeure encore minime : 17 mg. Le fort accroissement de la gonade se déclenche dès les premiers jours du printemps (seuil probable de lumière), ainsi que l'avait déjà signalé Loisel (1900), et avoisine son apogée au commencement d'avril : testicules de 602 mg, présence de spermatozoïdes. L'activité génitale demeure stationnaire jusqu'au milieu de juillet, époque à laquelle la gonade entre en régression rapide avec suspension des fonctions gamétogène et hormonale [1].

Le cycle sexuel des 39 moineaux captifs exposés à la lumière naturelle s'est déroulé, quant à sa durée et à sa situation dans l'année, comme chez les Oiseaux libres, bien que le poids testiculaire soit resté, à tout moment, inférieur de moitié environ.

Par contre, chez les 34 sujets éclairés sans interruption (lampe électrique ordinaire de 300 W), à partir du milieu de février, les autopsies de mars

[1] Vaugien, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2486.

révèlent des testicules volumineux et en pleine spermatogénèse (poids moyen : 322 mg). Cet état, conservé en avril, subit en mai une involution générale (poids moyen : 142 mg) dont le début paraît se situer vers le 1[er] mai. La régression testiculaire s'est accentuée et, en juin, alors qu'apparaissent la dépigmentation du bec et la mue, les testicules amenuisés (5 mg) offrent l'aspect histologique de repos.

Le rapprochement de ces observations montre que :

1° La période d'activité testiculaire, déclenchée et entretenue par la lumière artificielle continue, est de durée plus courte (2 mois et demi environ) que celle des Oiseaux libres ou captifs (3 mois et demi environ) recevant la lumière du jour.

2° Les durées de lumière reçue au cours de la période d'activité génitale, paraissent avoir des valeurs de même ordre, tant pour le cycle provoqué que pour le cycle naturel, bien que la nature de l'éclairement naturel, difficile à apprécier, diffère notablement de l'éclairement électrique (²).

En juin, 18 mâles immatures, nés vraisemblablement en mai, sont ajoutés, par moitié, aux survivants des groupes captifs : un groupe illuminé, l'autre exposé à la lumière naturelle.

Les autopsies effectuées dans les deux lots montrèrent la permanence du repos sexuel, de juillet à décembre, terme des expériences : bec ivoire, testicules de 2 mg.

Par contre, 8 sujets, jeunes ou vieux, demeurés à la lumière naturelle et illuminés à partir de la mi-novembre, avaient recouvré, en décembre, leur activité sexuelle : poids testiculaire moyen : 180 mg, présence de spermatozoïdes, bec noir.

Cette seconde série d'expériences montre que :

1° La lumière électrique continue provoque, en automne, la reprise sexuelle des moineaux, jeunes ou vieux, ayant séjourné à la lumière réduite automnale. Ces résultats confirment les observations similaires faites sur divers Oiseaux par Rowan (1925), Bissonnette (1930), Kirschbaum (1933), Benoit (1934), Vaugien (1945), Miller (1948), etc.

2° La stimulation, fait remarquable, n'a pas lieu chez les vieux moineaux illuminés sans interruption depuis l'hiver précédent, ni chez les jeunes éclairés, dans les mêmes conditions, à partir de l'été.

De l'ensemble de ces expériences se dégagent les conclusions suivantes :

1° La lumière artificielle ininterrompue conditionne, chez le Moineau

(²) La durée de lumière artificielle reçue entre le 15 février et le 1[er] mai est égale à 1776 h. Dans la nature, l'état de veille des moineaux, qui se situe, selon mes observations, entre le lever et le coucher du Soleil, est estimée, entre le 21 mars et le 15 juillet, d'après les données de Greenwich, à 1770 h environ. Au coucher du Soleil, les moineaux se cachent dans les trous des murailles, leurs gîtes habituels à la campagne.

domestique, un cycle sexuel dont la durée est plus courte que celle du cycle normal observé en captivité ou dans la nature.

2° La durée totale de la période d'activité testiculaire paraît limitée par un éclairement voisin de 1700 h, qui peut s'étaler sur 2 mois et demi ou 3 mois et demi).

3° La lumière ininterrompue, administrée depuis la fin de l'hiver, empêche, durant l'automne suivant, la reprise sexuelle, mais peut, à cette époque, stimuler les moineaux jeunes ou vieux demeurés antérieurement à la lumière naturelle.

4° La lumière artificielle n'a pas d'action stimulatrice apparente sur les jeunes moineaux illuminés d'une façon continue de juin à décembre.

5° L'ensemble de mes observations prouve que la lumière artificielle se comporte, chez les moineaux, comme un agent déclencheur, abréviateur et inhibiteur de l'activité sexuelle. Ainsi se révèle l'importance remarquable de l'éclairement réduit d'automne et, par suite, de l'obscurité temporaire, pour la restauration ou l'établissement du phénomène photo-sexuel.

Ces résultats suggèrent que le séjour prolongé à la lumière doit entraîner l'épuisement, chez le Moineau adulte, et la non apparition chez les jeunes, d'un potentiel gonadostimulant dont l'instauration nécessiterait une période d'obscurité temporaire. L'absence de cette propriété ne semble donc pas une conséquence du fonctionnement de la gonade et pourrait traduire un épuisement de l'activité gonadotrope de la préhypophyse, ou plutôt d'un état d'inexcitabilité des centres nerveux photo-hypophysaires.

De nouvelles expériences, utilisant plusieurs centaines d'Oiseaux, sont en cours.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Rôle des cations bivalents dans l'induction du développement du prophage par les agents réducteurs* (1). Note (*) de M. **André Lwoff**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Un milieu « actif » permettant l'induction du développement du phage par les réducteurs chez une bactérie lysogène peut être inactivé par appauvrissement en cations bivalents et réactivé par addition de cuivre. L'induction du développement du prophage en phage est liée à une permutation cationique entre un ion inactif et un ion activateur.

L'addition de substances réductrices comme l'acide thioglycolique à une culture de *Bacillus megatherium* 899 lysogène en milieu levuré caséiné (LC) induit le développement du prophage en bactériophage (2). Cet effet dépend

---

(*) Séance du 7 janvier 1952.

(1) Travail effectué avec l'aide d'une subvention du *National Cancer Institute of the National Institutes of Health* des États-Unis d'Amérique.

(2) A. Lwoff et L. Siminovitch, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1546.

de la nature du milieu. Il ne se manifeste pas en bouillon ni en eau peptonée, et les milieux seront qualifiés d'*actifs* ou d'*inactifs* suivant que les réducteurs y exercent ou non une action inductrice. Dans le milieu LC *actif*, l'oxine (8-hydroxyquinoléine) M/85 000 est inductrice. (La concentration efficace varie de $\pm$ 10 % et ne diffère que de $\pm$ 2 % de la concentration qui inhibe la croissance et de celle dépourvue d'action inductrice). On connaissait jusqu'ici seulement l'action bactéricide de cette substance sur les germes « Gram + » qui est due à un déplacement de Co^{++} à la faveur duquel Fe^{++} ou Cu^{++} déclenchent un processus léthal foudroyant ([3]). L'action inductrice de l'oxine est-elle liée elle aussi à une perturbation de l'équilibre ionique?

Après six extractions par l'oxine, le milieu LC permet encore la croissance, quoique ralentie, des bactéries. Le traitement par le chélateur a appauvri le milieu en cations bivalents, mais aucun des ions indispensables à la multiplication des bactéries n'a été entièrement éliminé. Il est cependant devenu inactif, quoiqu'il contienne, on le verra plus loin, tous les éléments nécessaires à la production du phage.

Des cations bivalents, seuls ou diversement combinés, sont ajoutés au milieu inactivé, supplémenté en SO_4Mg (2 M . 10^{-5}) et en $(NO_3)_2Ca$ (M . 10^{-4}). La culture est agitée pendant 1 h à 37° et l'on introduit alors du thioglycolate de sodium pour obtenir une concentration de 5 M . 10^{-4}. Dans les tubes additionnés de Cu^{++}, Fe^{++} et Mn^{++}, on observe la classique croissance bactérienne résiduelle, puis la lyse, chacune des bactéries lysées libérant 80 bactériophages. Les bactéries continuent à croître normalement dans les tubes témoins non additionnés de thioglycolate. Les principaux résultats sont donnés dans le tableau ci-contre qui appelle quelques commentaires.

Effet de l'addition de thioglycolate en fonction de la teneur du milieu en cations.

Cu^{++} (4.10[4]).	Fe^{++} (2.10[5]).	Mn^{++} (2.10[4]).	Zn^{++} (2.10[4]).	Co^{++} (2.10[4]).	C. b. ([1]). –	Lyse. –	φ ([2]). –
+	o	o	o	o	o	o	o
o	+	+	o	o	+	o	o
+	+	+	o	o	+	+	+
+	+	o	o	o	+	+ ou o	+
+	+	+	+	o	+	+	+
+	+	o	o	+	+	o	o

([1]) C. b. = croissance bactérienne, résiduelle ou normale.
([2]) φ = développement du phage.
Les chiffres correspondant aux cations représentent l'inverse de la concentration moléculaire.

([3]) S. D. Rubbo, A. Albert et M. I. Gibson, *Brit. J. Exp. Path.*, 31, 1950, p. 425.

L'addition de fer n'est pas nécessaire à la croissance bactérienne en présence de cuivre seul ou de réducteur seul. Elle est indispensable seulement dans le milieu supplémenté en cuivre et en réducteur dont la présence simultanée est responsable du besoin accru. La production de phage est induite en présence de $Fe^{++} + Cu^{++}$ dans le milieu non supplémenté en Mn^{++}.

Mais il arrive parfois que les bactéries ne se lysent pas, alors que cependant les phages intrabactériens peuvent être mis en évidence après lyse par le lysozyme. L'ion Mn^{++} étant toujours présent à l'état de traces dans le milieu, il pourrait fort bien intervenir dans le développement du prophage; quoi qu'il en soit, il paraît jouer un rôle important dans la lyse bactérienne. Le zinc n'inhibe pas le développement du prophage dans les conditions de nos expériences. Ce développement est empêché par le cobalt.

On retiendra en tout cas que l'addition de Cu^{++}, non remplaçable par Zn^{++} ni par Mn^{++}, est nécessaire pour la réactivation du milieu inactif, c'est-à-dire pour que se manifeste l'effet inducteur du thioglycolate. La nécessité d'un excès de Cu^{++} s'explique par les propriétés des groupements thiols. Disons à ce propos que le milieu LC inactif envers les réducteurs permet encore la production de phages après irradiation par les rayons ultraviolets. L'effet du rayonnement, sur lequel nous reviendrons prochainement avec Kenneth Huybers, dépend cependant aussi d'une certaine balance cationique. Quoi qu'il en soit, l'induction par les agents chimiques semble bien liée à une permutation cationique, par exemple remplacement de Co^{++} par Cu^{++} au niveau, soit du prophage lui-même, soit d'un enzyme intervenant dans le développement du prophage en phage.

Chez *B. megatherium* lysogène, le défaut de développement du prophage, condition même de la perpétuation des clones lysogènes, serait donc l'expression d'un équilibre dépendant de l'affinité absolue et relative des constituants bactériens pour les divers cations ainsi que de la concentration absolue et des proportions relatives de ceux-ci. L'effet Rubbo-Albert-Gibson ([3]) représente un cas extrême. Nombre de processus normaux ou pathologiques relèvent certainement de permutations cationiques. Les faits qui viennent d'être mis en évidence montrent en tout cas l'importance des cations bivalents dans le maintien de la phase prophagique, non pathogène, et dans le développement du prophage en phage. Ils attirent l'attention sur l'importance possible de la teneur du régime alimentaire en cations et des facteurs susceptibles de modifier leur équilibre intracellulaire dans l'évolution des maladies comportant une phase à virus latent ou masqué.

IMMUNOLOGIE. — *Du transfert local de l'allergie à la mélitine.* Note de MM. **Louis Carrère** et **Henri Quatrefages**, présentée par M. Gaston Ramon.

Il a été démontré (Kourilsky) (¹) que l'allergie tuberculinique pouvait être provoquée, chez un animal neuf, par l'injection de cellules allergiques en provenance d'exsudat péritonéal, de ganglions ou de rate. Métaxas-Buhler (²) a obtenu le transfert de l'allergie, d'un cobaye brucellisé à un cobaye neuf, en utilisant les cellules d'exsudat péritonéal.

Suivant un protocole comportant de nombreux témoins, nous avons étudié ce transfert :

Des organes (foie, ganglions, rate, reins), prélevés sur des cobayes infectés par *Br. melitensis*, à intradermoréaction à la mélitine fortement positive, sont broyés finement au mortier. Au broyat aseptique est ajouté, à parties égales, de l'eau salée à 8,5 ‰ ou de la mélitine; les injections de 0,2 à 0,5 ml ont toutes été faites dans le derme, sauf exception pour les cellules d'exsudat péritonéal dont une partie a été injectée par voie intra-péritonéale.

1. *Broyats d'organes de cobaye allergique à la mélitine injectés à des cobayes neufs.* — Les broyats mis en eau salée à 8,5 ‰ ou les filtrats de ces suspensions injectés, soit séparément, soit conjointement, par voie intradermique, n'ont provoqué aucune allergie à la mélitine décelable après 24, 48, 72 h, 20 jours. Des fragments d'organes insérés sous la peau ont donné les mêmes résultats négatifs. Il en a été de même pour les cellules d'exsudat péritonéal injectées dans le derme ou le péritoine.

2. *Broyats d'organes de cobaye allergique à la mélitine, mélangés à la mélitine, injectés à des cobayes neufs.* — Aucune réaction allergique décelable n'a été obtenue quand le mélange a été injecté dès sa préparation, ou après 2 h de contact à 37°. Un début de réaction apparaît à la quatrième heure de contact à 37°, la réaction devient très importante après 6 h de contact.

3. *Broyats d'organes de cobaye neuf, mélangés à la mélitine, injectés à des cobayes ne réagissant pas à la mélitine, ayant reçu, de 20 à 30 jours auparavant, par voie intradermique, des broyats ou filtrats de broyats d'organes de cobayes brucellisés.* — On obtient les mêmes résultats que précédemment : pas de réaction décelable par l'injection du mélange dès sa préparation

(¹) Raoul Kourilsky et Guy Decroix, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 20 et 1237.

(²) *Internation. Arch. Allerg. appl. Immunol.*, 1, n° 4, 1951, p. 325-332.

ou après 2 h de contact à 37°, réaction nette après contact de 4 h; réaction très importante après contact de 6 et 22 h.

4. *Broyats d'organes de cobaye neuf, mélangés à la mélitine, injectés à des cobayes neufs.* — Quels que soient les temps de contact, de 0 à 22 h, aucune réaction décelable n'a été obtenue.

Les caractères des réactions observées (délai d'apparition, au plus tôt après 5 ou 6 h; leur aspect, formation d'une escarre au deuxième jour) paraissent bien être les caractères des réactions d'allergie à la mélitine chez les cobayes brucellisés.

De ces expériences, il ressort que le transfert de l'allergie, par injection intradermique, d'un cobaye brucellisé à un cobaye neuf, n'est possible qu'à la condition d'injecter un mélange de broyats d'organes de cobaye brucellisé et de mélitine après un contact de plus de 2 h à 37°.

Un début d'allergie s'établit, cependant, chez des cobayes neufs, par l'injection intradermique de broyats ou de filtrats de broyats d'organes de cobaye brucellisé; cet état est « révélé » ou « extériorisé » par injection intradermique d'un mélange de mélitine et de broyats d'organes de cobaye neuf, après contact de plus de 2 h à 37°; la mélitine seule, comme le broyat d'organes de cobaye neuf seul, ne produisant aucune réaction décelable.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Irradiations totales uniques du Cobaye par rayons X. Principaux effets biologiques.* Note de MM. **Lucien Pigoury** et **Pierre Nizza**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

En vue d'établir des références de base pour des recherches ultérieures, nous avons étudié les « réactions biologiques moyennes » du cobaye mâle à des irradiations totales uniques par rayons X, en utilisant des doses de 100, 200, 400, 500, 800 et 1000 rœntgens. L'expérimentation a porté sur 147 cobayes et a comporté environ 12000 examens. Les résultats rapportés sont les moyennes arithmétiques des chiffres obtenus, dans les mêmes conditions, pour une dose déterminée de rœntgens.

La dose léthale seuil est d'environ 100 r, la dose léthale 50 de 200 r, la dose léthale 75 de 400 r et la dose léthale absolue est voisine de 500 r. Les durées moyennes de survie sont de 21,5 jours pour 200 r, de 13,1 jours pour 400 r et de 12,7 jours pour 500 r.

Les phénomènes biologiques observés sont de types comparables pour les diverses doses de rœntgens, mais leurs délais d'apparition et leur intensité varient suivant la dose. On peut distinguer trois phases :

(1) Une étude détaillée sera publiée dans la *Revue Vétérinaire Militaire* de 1952.

1. *De l'irradiation au 7e jour.* — Au cours de la première heure, on note de la dyspnée et de l'agitation, puis, pendant 24 à 72 h, une hyperthermie de 1° environ, de l'abattement et de l'anorexie.

Après 24 h, apparaît une lymphopénie intense : baisse de l'index de 75 % pour 200 et 400 r et de 90 % pour 500 r. Simultanément, le nombre des réticulocytes fléchit de 50 à 60 % pour 200 r et de 50 à 70 % pour 400 r. La granulopénie est nette seulement à partir du 3e jour. Les plaquettes sanguines disparaissent presque complètement vers cette date. La lymphopénie, la granulopénie et la réticulopénie s'accentuent; les taux minima s'observent du 5e au 7e jour avec des baisses considérables : lymphocytes 82 et 94 %, granulocytes 66 et 94 %, réticulocytes 80 à 95 % et 90 à 97 % respectivement pour 200 et 400 r.

2. *Du 8e jour à la fin de la 2e semaine.* — La chute de poids devient sensible et se poursuit jusqu'à la mort : 15 à 22 % pour 200 r et 10 à 30 % pour 400 r, ou jusqu'au 20e jour chez les survivants : 5 % pour 200 r, 20 % pour 400 r.

L'abaissement du taux des hématies s'accuse au début de la 2e semaine, avec un minimum de 3 à 4 millions pour 200 r et de 1 à 2,5 millions pour 400 r vers le 14e jour. Chez les cobayes qui succombent, le taux des réticulocytes, tombé à la fin de la première phase entre 2 et 5 pour 10 000 hématies, demeure presque nul jusqu'à la mort : l'index normal est de 100 pour 10 000. Chez les survivants, ce taux, qui n'est pas descendu au-dessous de 10 à 20, s'accroît dès le 7e jour et s'élève au delà de sa valeur initiale avant le 15e jour. A partir du 10e jour, la lymphopénie s'atténue lentement et la granulopénie plus rapidement. Les thrombocytes réapparaissent, puis dépassent largement la normale.

C'est au cours de la 2e semaine que la plupart des animaux succombent, pour des doses de 400 à 1000 r; pour 200 r, le maximum de mortalité se situe au 19e jour. La mort, précédée de 3 à 5 jours par de l'anorexie et une hyperthermie de 1 à 2°,3 survient en hypothermie vers 36°. On observe essentiellement des lésions congestives et hémorragiques : peau, estomac, intestin, foie, poumon.

3. *A partir de la 3e semaine.* — L'index érythrocytaire s'améliore. Des érythroblastes sont décelés dans le sang; leur taux augmente, puis régresse à mesure que le nombre des hématies redevient normal. L'accroissement de l'index réticulocytaire s'amplifie : 900 pour 200 r et 1700 pour 400 r, le 20e jour. Il existe à la même date une granulocytose marquée, avec de nombreux myélocytes dans le sang circulant, tandis que la lymphopénie est encore très accusée : 50 à 76 % au-dessous du taux initial. L'image sanguine ne retrouve son aspect à peu près normal qu'après 5 à 6 semaines et encore subit-elle des perturbations pendant plusieurs mois : instabilité des index leucocytaires, éosinophilie notable.

L'ensemble de nos observations appelle quelques conclusions :

1° L'irradiation totale détermine, chez le Cobaye, un syndrome caractérisé par l'apparition des signes suivants :

— le 1er jour : hyperthermie, lymphopénie, réticulopénie;

— du 2e au 5e jour : granulopénie, thrombopénie;

— du 5e au 7e jour : index minima des éléments figurés du sang, autres que les hématies;

— après le 8e jour : baisse de poids, anémie aplastique.

2° Une poussée thermique de 1°5 à 2°, se dessinant plusieurs jours après l'élévation thermique initiale, est un signe de pronostic fatal.

3° La disparition quasi totale des réticulocytes entre le 5e et le 7e jour indique une mort probable. Par contre, à la même date, un index supérieur à 20 ou un accroissement numérique rapide sont en faveur de la survie.

4° Le 5e jour, un taux leucocytaire global inférieur à 1000 constitue un indice d'issue fatale. Un taux supérieur à 2 000 est favorable.

MÉDECINE. — *Prévention du choc hémorragique par l'hypothermie associée à la stabilisation neuro-végétative.* Note de MM. **Charles Jaulmes, Henri Laborit** et **André Bénitte**, présentée par M. Léon Binet.

Nous avons tenté d'associer à l'hypothermie, l'action de la stabilisation neuro-végétative par des agents pharmacodynamiques. Nous rapportons les premiers résultats de nos essais, entrepris depuis un an, qui semblent montrer l'efficacité de la méthode, chez le Chien soumis au choc hémorragique, et laissent espérer son extension à la thérapeutique d'autres agressions physiques, toxiques ou toxi-infectieuses.

Il est possible, au moyen d'agents pharmacodynamiques à action neurovégétative, d'atténuer les répercussions biologiques du syndrome d'irritation nerveuse décrit par Reilly et consécutif aux agressions les plus diverses. D'autre part, l'hypothermie locale ou générale peut avoir des effets heureux sur l'organisme soumis à certaines agressions. Il est logique d'attribuer cette action favorable principalement au fait que le froid ralentit toutes les activités biologiques. Mais il constitue, pour l'organisme de l'homéotherme, une agression sévère et des effets favorables ne peuvent être obtenus qu'en freinant la régulation thermique, elle-même sous la dépendance directe ou indirecte du système neurovégétatif.

Nous avons utilisé, sur le Chien chloralosé et hépariné, une technique de choc hémorragique dérivée de celles de Wiggers et de Delorme qui permet de maintenir l'animal à une pression artérielle basse : une canule en T placée dans une artère fémorale est reliée à un flacon, de façon que le niveau supérieur du sang contenu dans ce flacon soit maintenu à 48 cm au-dessus du plan du cœur. La pression artérielle se stabilise alors entre 35

et 40 mm de Hg. L'étude du volume du sang contenu dans le flacon permet de suivre les variations du tonus vasculaire dont l'augmentation accroît l'hémorragie et dont la diminution entraîne la réabsorption du sang.

Résultats. — A. *Témoins* (20 *chiens*). — L'hémorragie suivie du maintien prolongé à une pression artérielle basse provoque l'apparition, dans un délai variable, d'un état de choc irréversible. Le sang, après avoir atteint dans le flacon son niveau maximum et s'y être maintenu un certain temps, est progressivement réabsorbé, puis la pression artérielle baisse et l'animal meurt, bien qu'il ait, à ce moment, retrouvé apparemment sa masse sanguine primitive. Le temps de survie après une hémorragie unique étant assez long et variable (de 3 h 20 à 8 h 30 sur 4 chiens), nous avons, au bout de 2 h, réinjecté le sang par voie intra-artérielle. Une seconde hémorragie pratiquée une demi-heure après, environ, a des conséquences plus sévères : la réabsorption débute, en général, aussitôt après et évolue rapidement. Dans ces conditions, la survie moyenne (16 chiens) a été de 3 h 50, après le début de l'hémorragie (2 h 35 à 5 h 45), à l'exception d'un seul qui a survécu plus de 8 h 45. Le maximum de l'hémorragie a été en moyenne de 38 cm^3 : kg (19 à 49) pour la première saignée et de 18,7 cm^3 (9 à 29) pour la seconde. Il ne nous a pas paru exister de rapport net entre le volume de l'hémorragie et le temps de survie, ce qui semble confirmer que l'état de choc est provoqué, moins par l'importance de l'hémorragie que par la durée de l'hypotension.

A côté des phénomènes classiques d'accélération des rythmes cardiaque (de 156 à 197) et respiratoire (de 17 à 24), et d'augmentation du débit respiratoire (de 258 à 456 cm^3 : m : kg), nous avons constaté : une hémoconcentration terminale dans 84 % des cas (sur 13 chiens); une chute brutale après l'hémorragie de la saturation en oxygène du sang veineux qui tombe à 16 %, alors que celle du sang artériel ne subit que des variations légères; une consommation d'oxygène qui, partant de 6,5 cm^3 : m : kg, s'abaisse après l'hémorragie (de 38 %) et oscille ensuite au cours de l'expérience.

B. *Animaux traités* (14 *chiens*). — La technique est la même, mais l'animal, préalablement tondu, ne reçoit que la moitié de la dose de chloralose. Comme stabilisateur neurovégétatif, nous avons utilisé surtout le chlorhydrate de diméthylaminopropyl-N-chlorophénothiazine (4 560 R. P.) dont les propriétés dominantes sont d'être ganglioplégique, sympatholytique et qui a une action centrale encore à l'étude. Il a été injecté par voie intraveineuse (le plus souvent 50 mg avant l'anesthésique, puis à doses fractionnées). La température centrale des animaux, abaissée à l'aide de vessies de glace, a été maintenue en général entre 28 et 30°. Dans deux cas les chiens, traités seulement 1 h 25 et 2 h après le début de l'hémorragie, se sont comportés au début comme les témoins puis ont

évolué comme les animaux traités. Après une période de stabilisation (1 h 26 en moyenne), la réabsorption est lente et dans 10 cas sur 14, nous avons dû interrompre l'expérience en sacrifiant l'animal dans des délais variant de 6 h 30 à 7 h 30. Dans 4 cas, les animaux sont morts (délai moyen de 3 h 45) par syncope cardiaque, l'un, refroidi à 24° au moment de la réinjection faite exceptionnellement par voie veineuse, et les trois autres sous l'action dépressive cardiaque de l'amide procaïnique,

Le volume de l'hémorragie a été, pour la première, de 27,6 cm^3 : kg (18,5 à 38), moyenne inférieure à celle des témoins explicable par la vasoplégie médicamenteuse : la pression artérielle moyenne au départ était de 107 mm de Hg contre 142 pour les témoins. La deuxième hémorragie a été de 18 cm^3 : kg (19 à 26). Le rythme cardiaque, moins rapide au départ (125) se ralentit (moyenne de 105) et reste stable. Le rythme respiratoire (12 à 15) et le débit respiratoire (204 à 290 cm^3 : m : kg) sont peu modifiés. La saturation en oxygène du sang veineux ne s'abaisse, après l'hémorragie, qu'à 32 % et nous n'avons pas constaté d'hémoconcentration. La consommation d'oxygène inférieure au départ (moyenne : 4,9 cm^3 : m : kg) s'abaisse moins (28 %) après l'hémorragie et reste, ensuite, plus stable, à des taux plus bas que chez les témoins. Il est à noter que, aussi bien chez les témoins que chez les animaux traités, la durée de survie paraît en relation directe avec la réduction de la consommation d'oxygène.

Conclusions. — Nos résultats semblent montrer l'efficacité, chez le Chien, de la méthode dans la prévention et probablement aussi dans la thérapeutique du choc hémorragique, à côté des thérapeutiques correctrices mises au point particulièrement par Léon Binet et son École. On ne peut encore préciser son mode d'action, qui paraît lié à deux éléments principaux : la réduction du métabolisme et l'établissement d'un régime circulatoire au niveau des organes, différent de ce qu'il est chez les témoins, ainsi qu'il semble ressortir d'explorations du fonctionnement et de la circulation du rein que nous avons effectuées dans quelques expériences. Cette méthode qui a été appliquée chez l'homme avec succès dans la prophylaxie du choc opératoire, semble susceptible d'être étendue à d'autres agressions, en particulier au traitement du choc traumatique, des brûlures graves, de l'intoxication oxycarbonée. C'est dans ce sens que nous poursuivons nos recherches.

A 16 h 20 mn l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 h 45 mn.

R. C.

ERRATA.

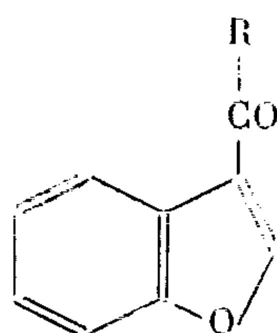
(*Comptes rendus* du 19 décembre 1951.)

Note présentée le même jour, de M[lle] *Pierrette Lamardelle*, Phénomènes nucléaires observés dans l'embryon de blé soumis à l'action des basses températures, dans des conditions analogues à celles de la vernalisation :

Page 1664, 22e ligne, *au lieu de* autres divisions, *lire* autres stades de la division.

Note présentée le même jour, de M[me] *Pauline Ramart-Lucas* et M. *Modeste Martynoff*, Influence d'un effet stérique sur l'absorption des dérivés β-substitués du benzofurane :

Page 1619, formule (*a*), *lire*



BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE DÉCEMBRE 1951 (*suite et fin*).

Sur quelques traits de la végétation des plateaux calcaires dans l'ouest de Madagascar, par J. LEANDRI. Da Webbia, Vol. VIII, 1951. Firenze, Istituto botanico dell' Universitá, 1951; 1 fasc. 24,5 cm.

Sveriges geologiska indersökning. Ser. Aa : n° 193. *Beskrivning till Kartbladet gränna*, av PER GEIJER, BENGT COLLINI, H. MUNTHE et R. SANDEGREN. Stockholm, Kungl. Boktryckeriet, 1951; 1 fasc. 24 cm, et 1 carte 80 cm × 59 cm.

National physical Laboratory. *Notes on Applied Sciènce* n° 1. *Gauging and measuring screw threads.* London, His Majesty's stationery office, 1951; 1 fasc. 24 cm.

Id. — *Units of Standards of measurement employed at the National physical Laboratory.* I. *Length, Mass, Time, Volume, Density and Specific gravity, Gravity, Force and Presure.* London, Department of scientific and industrial Research, 1951; 1 fasc. 24 cm.

Lalouveres quadratura circuli. Eine Studie zur geschichte der Integralrechnung, von GEHRARD KROPP. Extrait de *Journal für die reine und angewandte Mathematik*, Band 189. Heft 1-2. Berlin, 1951; 1 fasc 28,5 cm.

Troisième supplément à la première édition du catalogue international d'étoiles variables, par B. V. KOUKARKIN et P. P. PARENAGO. Moscou, Académie des sciences de l'U.R.S.S., 1951; 1 fasc. 26 cm (en langue russe).

Protectorat de la République française au Maroc. Direction de la production industrielle et des mines. Division des mines et de la géologie. Service géologique. Notes et mémoires. N° 72 *bis*. *Carte géologique provisoire des environs de Casablanca*, au 1/200 000ᵉ. *Notice explicative*, par G. LECOINTRE et M. GIGOUT. Rabat, Imprimerie officielle, 1950; 1 fasc. 24,5 cm. et 1 carte 79 cm × 50 cm.

Carte géologique d'exploration du territoire autonome du Tadla, par JACQUES BOURCART, au 1/200 000ᵉ, 1942; 1 planche 79,5 cm × 56 cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 JANVIER 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PALÉONTOLOGIE. — *Australopithèques, Pithécanthropes et structure phylétique des Hominiens.* Note de M. **Pierre Teilhard de Chardin.**

Au cours d'un récent voyage en Afrique du Sud ([1]), j'ai pu, aidé par les chercheurs de là-bas, mesurer sur place l'importance croissante que les Australopithèques (surtout si on les rapproche des Pithécanthropes) sont appelés à prendre dans le développement de nos idées concernant la structure passée et présente du phylum humain.

1. Individualité évolutive des Australopithèques. — A plusieurs titres, les Australopithèques (*Australopithécinés*) sont en train, surtout depuis six ans, d'émerger à nos yeux, du passé, sous les traits d'un groupe animal puissant et fortement individualisé.

a. Géographiquement d'abord (on pourrait même dire « démographiquement »), leurs restes fossiles trahissent la présence en Afrique du Sud, à un moment donné, d'une population anthropoïde relativement dense, dont on peut dire qu'elle occupait *au moins* ([2]), sur 500 km du Nord au Sud, le pays aujourd'hui compris entre le Vaal et le Limpopo.

b. Chronologiquement ensuite, et quoique son âge exact soit encore discuté, on ne saurait plus guère douter que cette population n'ait eu *son heure à elle* dans l'histoire des grands Primates africains, une heure juste avant celle des Hominiens : comme si les deux groupes (Hommes et Australopithèques) s'étaient remplacés (sinon supplantés) sur le même terrain. Bien qu'associés approximativement à une même faune, os d'Aus-

---

([1]) Voyage exécuté sous les auspices de la Wenner-Gren Foundation de New-York.

([2]) Deux prémolaires supérieures d'Australopithèques (?) viennent d'être décrites (sous le nom de *Meganthropus africanus*) du Sud du Lac Victoria, au Tanganyka, par Adolf Remane, *Zeitschrift f. Morphologie u. Anthropologie*, 1951, p. 311-325.

tralopithèques et outils humains semblent décidément exclusifs les uns des autres dans les gisements.

c. Morphologiquement, en troisième lieu, les Australopithèques sont hautement polymorphes, ce qui explique le nombre, sans doute exagéré, des genres en lesquels on les a subdivisés. Reste que ce polymorphisme joue sur un fond commun bien déterminé : prémolaire antérieure, à la mandibule, non tranchante (molarisée); canines et incisives réduites; pelvis dénotant une station debout, etc. Par ces diverses particularités anatomiques et aussi peut-être par un psychisme exceptionnellement développé (³), les Australopithèques diffèrent de tous les Singes anthropomorphes connus et ils se rapprochent de l'Homme, tout en différant de celui-ci :

— par une capacité crânienne nettement plus faible et un prognathisme facial nettement plus fort (caractères infra-humains);

— et par une exagération sensible de la dimension et de la complication des molaires (caractères para-humains).

En somme, il s'agit d'un groupe à part, autonome, bien tranché zoologiquement.

d. Phylétiquement, enfin, il paraît clair que les Australopithèques représentent, non pas un simple bouquet de formes diversifiées au hasard, mais un vrai petit « phylum complet » (un « segment d'orthogénèse » en miniature) : court rameau commençant sur des formes relativement petites (*A. africanus*), pour aboutir, soit à des formes mégalodontes (*Paranthropus*), soit à des types (*Telanthropus*) remarquablement humanoïdes par la forme de leur mandibule (bien que toujours nettement « australopithèques » par la largeur caractéristique de leurs molaires).

2. Analogies de composition et de position entre Australopithèques et Pithécantropes; et conséquences intéressantes de cette symétrie pour la structure phylétique du groupe humain. — Étudiés dans la composition de leurs groupes respectifs, Australopithécinés et Pithécanthropinés présentent, à deux extrémités de l'Ancien Monde (Asie orientale et Afrique australe), de singulières analogies. Chez les uns comme chez les autres, un fourmillement de formes voisines entre elles, et donc difficilement classifiables, se laisse entrevoir, culminant en l'apparition de types :

— ou bien pachyostosés (sinon géants) : *Paranthropus-Meganthropus* ;

— ou bien fortement cérébralisés : *Telanthropus* (?)-*Homo soloensis*.

Ceci avec la différence essentielle (et symptomatique) que les uns (Australopithèques), un peu plus anciens, ne sont *pas encore* des Hommes; tandis

(³) Condition apparemment requise pour expliquer qu'un animal aussi « inerme » ait pu prospérer dans un milieu écologique particulièrement disputé.

que les autres (Pithécanthropes), un peu plus récents, sont *déjà* ([4]), ne serait-ce que *tout juste*, hominisés.

En somme, deux courtes « écailles » imbriquées, encadrant (par le haut et par le bas) la zone présumée des origines humaines.

Observé assez près de ses origines, le groupe humain, réputé si homogène, présente donc la même structure verticillaire que celle reconnue peu à peu chez tous les grands phyla animaux par la Paléontologie ([5]).

La persistance inévitable (bien que plus ou moins voilée) de cette fondamentale *divergence de Spéciation* sous le jeu des *forces convergentes de Socialisation* qui totalisent si remarquablement sur soi l'*Homo sapiens* depuis quelque vingt mille ans, ne doit pas être oubliée par ceux que préoccupe le soin de pousser, jusqu'au bout non encore atteint de son évolution, le phylum auquel nous appartenons.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Réaction des insectes décapités aux substances odorantes.* Note de MM. **Paul Portier** et **René-Guy Busnel.**

Les ganglions de la chaîne ventrale des insectes contiennent des centres excitables par les substances odorantes.

Le présent travail a pour origine la tentative de vérification d'un phénomène décrit en 1919 par Étienne Rabaud ([1]) : l'immobilisation réflexe des Arthropodes.

Nous avons pu, en effet, dans un certain nombre de cas, en suivant la manière d'opérer de Rabaud, obtenir une immobilisation des papillons dans le décubitus dorsal; cette immobilisation, à condition d'éviter toute excitation, a pu durer pendant 4 h 22 mn pour le *Epinephele Janira* L.

Ce ne sont pas ces faits que nous exposerons ou discuterons aujourd'hui. Mais, ayant réalisé l'immobilisation, nous avons cherché quelles excitations pourraient la faire cesser. Nous avons utilisé successivement les agents lumineux, sonores ou odorants sur les Lépidoptères. Nous ne nous occuperons aujourd'hui que des substances odorantes.

Un papillon est immobilisé dans le décubitus dorsal. On le recouvre avec précaution au moyen d'une cloche portant une tubulure à sa partie supérieure.

Au bout de quelques minutes, on introduit par cette tubulure un tampon de coton imprégné d'une substance odorante. Nous avons employé

([4]) Comme le prouvent leur capacité cérébrale, la réduction de leur face et leur outillage (Sinanthrope, *H. soloensis*).

([5]) *Cf.* P. Teilhard de Chardin, *Annales de Paléontologie*, 1951, p. 77-107.

([1]) *Bull. biol. France et Belgique*, 53, 1919.

successivement : l'alcool éthylique, l'acide acétique, l'acétone, l'acétate d'amyle, l'eau de lavande, diverses essences florales à doses non agressives. Au bout de quelques secondes ou de quelques minutes, suivant la substance employée, le papillon saute brusquement sur ses pattes, puis se met à battre des ailes plus ou moins violemment à l'intérieur de la cloche.

Si l'on éloigne la substance odorante, il se calme bientôt et reste immobile sur ses pattes. Un nouvel apport de substance odorante provoquera une nouvelle réaction.

Ayant obtenu ces résultats, on cherche alors à préciser l'organe sur lequel agit la substance odorante. On attribue classiquement ce rôle à l'antenne et aux palpes labiaux. On sectionne les antennes à leur insertion sur la tête de manière à n'en laisser subsister aucune trace. On constate que sur ces papillons privés d'antennes et immobilisés dans le décubitus dorsal, la réaction aux odeurs ne semble nullement modifiée. Elle persiste encore après l'ablation des pattes.

On tente alors une expérience qu'on juge assez ridicule (expérience « pour voir » de Cl. Bernard); elle consiste à couper la tête de l'insecte au ras du thorax.

On sait qu'un papillon décapité se tient immobile et correctement placé sur ses pattes; il vit même plus longtemps qu'un papillon intact et privé de nourriture placé dans les mêmes conditions. Or, à notre profonde stupéfaction, nous constatons que le papillon décapité réagit aux substances odorantes de la même manière et dans le même espace de temps que le papillon intact. Nous avons vérifié ce résultat sur un grand nombre de lepidoptères appartenant aux genres : *Papilio*, *Pieris*, *Vanessa*, *Rhodocera*, *Colias*, *Argynnis*, *Zygœna*, etc.

A la réflexion, ce phénomène n'est pas aussi paradoxal qu'il semble à première vue. Le thorax et l'abdomen possèdent des stigmates d'où partent des trachées qui, s'enfonçant dans le corps, gagnent tous les organes et en particulier la chaîne nerveuse ventrale. Une simple dissection permet de voir un lacis de trachées très fines qui enserrent chaque ganglion de cette chaîne. Comme le papillon décapité continue à respirer, les substances odorantes véhiculées par l'air inspiré peuvent arriver aux ganglions. Mais ce qui est particulier, c'est que les ganglions de la chaîne ventrale contiennent des centres excitables par les substances odorantes ([2]).

Nous avons d'ailleurs constaté que les choses se passent de la même manière chez les autres ordres d'insectes : Coléoptères, Orthoptères, Névroptères, etc. Nous y reviendrons dans un autre travail.

([2]) Nous cherchons actuellement à voir s'il y a des liaisons nerveuses entre la trachée et le ganglion.

M. **Louis Emberger** s'exprime de la manière suivante [1] :

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie la première feuille, dans sa dimension normale, de la *Carte des Groupements Végétaux* de la France. Elle est due à mon excellent collaborateur, M. René Molinier, secondé de MM. Abibon, G. Clauzade et G. Deleuil.

La *Carte des Groupements Végétaux* est une œuvre de longue haleine poursuivie par le C. N. R. S. Elle a pris corps, en décembre 1944, lorsque M. Ch. Jacob était Directeur du Centre. Je suis heureux de remercier l'éminent Géologue du soutien constant qu'il nous a accordé et de lui dire que l'œuvre se développe beaucoup. Nous avons déjà beaucoup cartographié en France méridionale, travaillé en Auvergne et dans le Jura; nos travaux sont, de plus, activement poussés en Afrique du Nord, où les trois Gouvernements, reconnaissant le haut intérêt de nos Cartes, ont mis des moyens importants à notre disposition.

Le but de ces Cartes est d'être *utile*, de contribuer à l'effort général de production; il s'insère parfaitement dans les préoccupations actuelles du Monde, lesquelles, en ce qui concerne la France, sont concrétisées dans le programme connu sous le nom de « Plan Monnet ». La situation économique mérite de retenir toute notre attention. Je ne citerai qu'un exemple : la cadence de l'accroissement de la population en Afrique du Nord est telle, que les trois pays qui la constituent ont besoin, tous les ans, de 50 000 tonnes de plus de céréales, masse calculée sur une ration journalière de 300 g ! Il faut trouver les terres nécessaires à ces cultures. En Afrique du Nord, où nos échecs sont si facilement exploités par la politique, il est encore moins permis de se tromper qu'en France dans les projets qui engagent profondément l'avenir économique. Nous ne pouvons, non plus, nous contenter de tâtonnements et d'empirisme.

Nos cartes sont dressées au 20 000ᵉ et, parfois, à une échelle plus grande encore.

Quels sont les principes qui sont à la base de l'établissement des Cartes ?

On sait aujourd'hui que les espèces ne sont pas dispersées au hasard dans la nature, mais qu'elles sont réunies en *groupements naturels* ou *Associations* organisés et hiérarchisés. Une science nouvelle, la phytosociologie, est née de l'étude de ces associations. Leur grand intérêt pratique, comme l'a montré Ch. Flahault, réside en ce fait qu'à chaque association correspondent des conditions déterminées de milieu; chacune en est l'expression biologique ou le *miroir*. Étant donné cette interdépendance précise entre groupements végétaux et milieux, nos Cartes sont *ipso facto*, des Cartes écologiques, par conséquent, de la *vocation économique de nos terres ;* en d'autres termes, elles sont le *cadastre naturel* du pays, tel que la nature l'a inscrit sur notre sol,

---

[1] Séance du 19 décembre 1951.

un véritable inventaire scientifique des aptitudes économiques. Nos cartes sont donc, dans le domaine de la Botanique et de l'Économie agricole, ce que la carte géologique est pour le Géologue, l'Ingénieur, le Mineur ou le Prospecteur. Au fur et à mesure que nos travaux progressent, nous constatons que les secteurs de l'activité nationale pour lesquels nos cartes ont une utilité, sont de plus en plus nombreux. L'Agriculture et les Forestiers y sont, bien entendu, les principaux intéressés, mais nos Cartes rendent aussi des services à l'Ingénieur, à l'Urbaniste, aux départements de la Santé et de l'Hygiène publiques, de la Guerre, etc. Il se confirme, de plus en plus clairement, qu'elles constituent pour le pays un document d'une importance fondamentale. Je rappelle que son absence a été vivement ressentie par le Gouvernement, lorsqu'il a voulu dresser un plan rationnel de mise en valeur de la France, au moment de l'établissement du « Plan MONNET ». Nous avons l'ambition de combler cette lacune, afin que les générations futures aient, pour les guider, ce qui nous a manqué.

21 cartes au 20 000e sont déjà dressées et prêtes pour l'impression; 13 autres sont en cours, et nous avons aussi 3 cartes au 5 000e et au 2 000e. Elles sont dues à MM. BRAUN-BLANQUET, GUINOCHET, LEMÉE, mais surtout au zèle infatigable de M. RENÉ MOLINIER, Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille, et de ses élèves.

Au nom du *Service de la Carte des Groupements Végétaux* du C. N. R. S., que j'ai l'honneur de diriger, je suis heureux d'offrir à l'Académie, la première feuille *imprimée;* une deuxième est en cours d'impression, et nous espérons faire paraître bientôt une troisième.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **MAURICE CAULLERY** :

Recherches sur la structure génétique des populations naturelles de Cepaea nemoralis (*L.*), par MAXIME LAMOTTE.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire d'Histophysiologie du Collège de France, pour la première ligne, M. *Jacques Benoit* obtient 56 suffrages; il y a un bulletin blanc.

Pour la seconde ligne, M. *Jean Clavert* obtient 45 suffrages; il y a un bulletin blanc.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne .... M. **JACQUES BENOIT**.
En seconde ligne .... M. **JEAN CLAVERT**.

CORRESPONDANCE.

Le R. P. **Charles Tisserant** adresse des remercîments pour la distinction accordée à ses travaux.

La **Deutsche Akademie der Naturforscher** (**Academia Caesarea Leopoldina**) invite l'Académie à se faire représenter aux fêtes qui auront lieu à Halle (Saale), les 16 et 17 février 1952, à l'occasion du trois-centième anniversaire de sa fondation.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *La carrière scientifique de Chevreul* (1786-1889), par Émile André, in *Oléagineux, Revue générale des corps gras et dérivés.*

2° Institut des Parcs Nationaux du Congo belge. *Exploration des Parcs Nationaux du Congo belge.* Mission H. Hediger-J. Verschuren (1948). Fascicule 1.

3° Id. *Exploration du Parc National Albert.* Mission G. F. de Witte (1933-1935). Fascicules 75 et 76.

4° Id. *Exploration du Parc National de l'Upemba.* Mission G. F. de Witte, en collaboration avec W. Adam, A. Janssens, L. Van Meel et R. Verheyen (1946-1949). Fascicule 4.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Extension et restriction d'une capacité.* Note (*) de M. **Gustave Choquet**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Lorsque $\mathcal{E}_1$ et $\mathcal{E}_2$ sont deux ensembles de parties d'un espace E, avec $\mathcal{E}_1 \subset \mathcal{E}_2$, on définit l'extension à $\mathcal{E}_2$ d'une capacité (1) définie sur $\mathcal{E}_1$ et la restriction à $\mathcal{E}_1$ d'une capacité définie sur $\mathcal{E}_2$. Propriétés et applications de ces opérations.

Soient $\mathcal{E}_1$ et $\mathcal{E}_2$ deux ensembles de parties de l'espace E, avec $\mathcal{E}_1 \subset \mathcal{E}_2$.

1. Extension d'une capacité. — Si f est une capacité sur $\mathcal{E}_1$, désignons par g la fonction sur $\mathcal{E}_2$ définie par $g(X) = f^*(X)$ pour tout $X \in \mathcal{E}_2$.

On dira que g est l'extension de f à $\mathcal{E}_2$. Il est immédiat que g est une capacité et que, pour tout $X \subset E$, on a

$$g^*(X) = f^*(X); \qquad g_*(X) \geqq f_*(X).$$

Donc, si X est f-capacitable, il est aussi g-capacitable et $f(X) = g(X)$.

---

(1) *Voir*, pour les définitions, la Note précédente : Choquet, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 35.

(*Exemples.* — On peut prendre pour $\mathcal{E}_2$ l'ensemble de toutes les parties de E ou, si tout élément de $\mathcal{E}_1$ est fermé, l'ensemble de toutes les parties fermées de E.)

Plus généralement, si X est tel que tout élément de $\mathcal{E}_2$ inclus dans X soit f-capacitable, ou soit contenu dans un sous-ensemble f-capacitable de X, on a $g_*(X) = f_*(X)$; donc si un tel X est g-capacitable, il est aussi f-capacitable et $f(X) = g(X)$.

Exemples. — 1° Tout élément de $\mathcal{E}_2$ est f-capacitable; il y a alors identité entre les capacitabilités pour f et g.

α. C'est le cas si $\mathcal{E}_2$ est l'ensemble des parties f-capacitables de E.

β. Supposons qu'il existe un ensemble fermé $N \subset E$ qui contienne tout élément de $\mathcal{E}_1$ et que pour tout élément $X \in \mathcal{E}_2$, l'ensemble $X \cap N$ soit f-capacitable. Alors tout élément de $\mathcal{E}_2$ est f-capacitable (Exemple : $\mathcal{E}_1$ est l'ensemble des parties fermées d'un fermé N de E, et $\mathcal{E}_2$ est l'ensemble des parties fermées de E).

2° $\mathcal{E}_2$ est tel que tout élément de $\mathcal{E}_2$ inclus dans un élément de $\mathcal{E}_1$ soit un élément de $\mathcal{E}_1$; la remarque ci-dessus s'applique alors à tout X qui soit une partie d'un élément de $\mathcal{E}_1$ (Exemple : $\mathcal{E}_1$ et $\mathcal{E}_2$ sont des ensembles héréditaires de parties fermées de E); mais cette même remarque peut donner plus : Exemple : Si $\mathcal{E}_1$ est l'ensemble de tous les compacts d'une partie N quelconque de E séparé, et $\mathcal{E}_2$ l'ensemble des compacts de E, tout $X \subset N$ satisfait aux conditions énoncées ci-dessus.

Remarque. — Si $\mathcal{E}_1 \subset \mathcal{E}_2 \subset \mathcal{E}_3$, et si une capacité f définie sur $\mathcal{E}_1$ a pour extensions à $\mathcal{E}_2$ et $\mathcal{E}_3$ les capacités g et h, il est immédiat que h est identique à l'extension de g à $\mathcal{E}_3$. Donc l'extension est une opération *transitive*.

Conservation des ordres. — *a. Cas général.* — Si une capacité f sur $\mathcal{E}$ est alternée d'ordre $\mathfrak{A}_{1,a}$ il en est de même de toute extension g de f, puisque $g^*(X) = f^*(X)$ pour tout X. Remarquons qu'on n'a pas d'énoncé analogue pour les capacités d'ordre $\mathfrak{M}_{1,a}$ à cause du rôle joué dans la définition de l'extension par la capacité extérieure.

b. Cas d'une famille $\mathcal{E}$ additive et riche. — Une famille additive $\mathcal{E}$ de parties de E est *riche* si, pour tout couple d'ouverts ω_1, ω_2 de E, et tout élément A de $\mathcal{E}$ tel que $A \subset (\omega_1 \cup \omega_2)$, il existe deux éléments A_1 et A_2 de $\mathcal{E}$ tels que :

$$A_1 \subset \omega_1; \qquad A_2 \subset \omega_2; \qquad A \subset A_1 \cup A_2.$$

Exemple. — E étant séparé, soit $\mathcal{E}$ une famille additive de compacts de E telle que, pour tout $K \in \mathcal{E}$, tout compact $k \subset K$, et tout voisinage V de k, il existe un élément x de $\mathcal{E}$ tel que $k \subset x \subset V$ (c'est le cas si $\mathcal{E}$ est héréditaire, c'est-à-dire contient, avec tout K, tout sous-compact de K). Une telle famille E est riche.

THÉORÈME 1. — *Si f est une capacité alternée d'ordre $\mathfrak{A}_\alpha$ sur une famille $\mathcal{E}$* additive et riche, *toute extension g de f à une famille additive est aussi d'ordre $\mathfrak{A}_\alpha$.*

En particulier, l'extension de f à la famille de toutes les parties de E est d'ordre $\mathcal{A}_\alpha$, ce qui signifie que les inégalités valables pour les capacités des éléments de $\mathcal{E}$ peuvent s'étendre aux capacités extérieures des sous-ensembles quelconques de E.

THÉORÈME 2. — *Si f est une capacité monotone d'ordre $\mathcal{M}_\alpha(\alpha \geqq 1, b)$ sur un ensemble $\mathcal{E}_1$ multiplicatif et additif, l'extension de f à $\mathcal{E}_2$ est aussi d'ordre $\mathcal{M}_\alpha$ lorsque tout élément de $\mathcal{E}_2$ est compact ou lorsque tout élément de $\mathcal{E}_2$ est fermé dans* E *normal.*

THÉORÈME 3. — *Soit $\mathcal{E}_1$ un ensemble multiplicatif de compact et soit $\mathcal{E}_2$ l'ensemble des intersections quelconques d'éléments de $\mathcal{E}_1$; si g est l'extension d'une capacité f sur $\mathcal{E}_1$, on a pour tout $b \in \mathcal{E}_2$ la relation $g(b) = \inf f(a)(b \subset a,\ a \in \mathcal{E}_1)$ et si f est monotone d'ordre $\mathcal{M}_\alpha(\alpha \geqq 1,\ b)$, g l'est aussi.*

2. RESTRICTION D'UNE CAPACITÉ. — Si g est une capacité sur $\mathcal{E}_2$, on appelle *restriction* de g à $\mathcal{E}_1$ la fonction f sur $\mathcal{E}_1$ définie par $g(X) = f(X)$ pour tout $X \in \mathcal{E}_1$.

Il est immédiat que f est une capacité et que si g est d'ordre $\mathcal{A}_\alpha$ (resp. $\mathcal{M}_\alpha$), il en est de même de f.

Pour tout $X \subset E$, on a $g^*(X) \geqq f^*(X)$ et $g_*(X) \geqq f_*(X)$.

Cas particulier. — Soit N une partie de X telle que, pour tout ouvert $\omega \subset E$, l'ensemble $N \cap \omega$ soit g-capacitable (par exemple si N est ouvert). Si l'on prend pour $\mathcal{E}_1$ l'ensemble des éléments de $\mathcal{E}_2$ inclus dans N, on a pour tout $X \subset N$ les égalités $g^*(X) = f^*(X)$ et $g_*(X) = f_*(X)$.

Remarquons que si $\mathcal{E}_1 \subset \mathcal{E}_2 \subset \mathcal{E}_3$, où $\mathcal{E}_3$ est l'ensemble de toutes les parties de E, l'extension à $\mathcal{E}_2$ d'une capacité f sur $\mathcal{E}_1$ est identique à la restriction à $\mathcal{E}_2$ de l'extension de f à $\mathcal{E}_3$.

3. APPLICATIONS DE CES DEUX OPÉRATIONS. — Pour démontrer la capacitabilité d'un ensemble pour une capacité donnée, il est souvent commode de supposer l'espace E et l'ensemble $\mathcal{E}$ doués d'une certaine régularité. Les opérations étudiées plus haut permettront de régulariser E et $\mathcal{E}$.

Exemple. — Dans E séparé, soit $\mathcal{E}_1$ un ensemble additif et héréditaire de compacts de E; et soit f une capacité alternée d'ordre $\mathcal{A}_\alpha$ sur $\mathcal{E}_1$.

Soit X un sous-ensemble d'un élément de $\mathcal{E}_1$; on suppose qu'il existe N *complètement régulier* tel que $X \subset N \subset E$, tout sous-ensemble relativement ouvert de N étant f-capacitable (N existe si X possède un voisinage complètement régulier).

On peut alors trouver un espace compact F, un sous-ensemble Y de F-homéomorphe à X, et une capacité h d'ordre $\mathcal{A}_\alpha$ définie sur l'ensemble de tous les compacts de F, tels que la h-capacitabilité de Y soit équivalente à la f-capacitabilité de X.

ALGÈBRE. — *Sur la théorie des idéaux dans les demi-groupes.*
Note de M[lle] **Marianne Teissier**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Dans les parties I et II, nous considérons certaines propriétés des demi-groupes pouvant contenir des idéaux nilpotents; ces propriétés sont utilisées dans la partie III, dans le cas où la condition minimale est vérifiée *pour les idéaux à gauche.*

I. *Idéaux minimaux.* — 1. Si $\mathcal{G}$ est un idéal minimal à gauche du demi-groupe D, pour tout $a \in \mathrm{D}$, $\mathcal{G}a$ est soit l'idéal zéro, soit un idéal minimal à gauche (même démonstration que pour les demi-groupes sans idéaux nilpotents, le cas $\mathrm{D}a = 0$ n'étant alors pas exclu) ([1]).

2. Si $\mathcal{G}$ est un idéal minimal, on a soit $\mathcal{G}^2 = 0$, soit $\mathcal{G}^2 = \mathcal{G}$. Soient $\mathcal{G}_1$, $\mathcal{G}_2$, $\mathcal{G}_3$ des idéaux minimaux à gauche *idempotents*; on a $\mathcal{G}_1\mathcal{G}_2 = 0$ ou $\mathcal{G}_1\mathcal{G}_2 = \mathcal{G}_2$.

$\mathcal{G}_1\mathcal{G}_2 \neq 0 \rightarrow \mathcal{G}_2\mathcal{G}_1 \neq 0$; en effet $\mathcal{G}_1\mathcal{G}_2 = \mathcal{G}_2 \rightarrow \mathcal{G}_2\mathcal{G}_1\mathcal{G}_2 = \mathcal{G}_2^2 \neq 0$, donc $\mathcal{G}_2\mathcal{G}_1 \neq 0$,
$\mathcal{G}_1\mathcal{G}_2 \neq 0$ et $\mathcal{G}_2\mathcal{G}_3 \neq 0 \rightarrow \mathcal{G}_1\mathcal{G}_3 \neq 0$; en effet $\mathcal{G}_1\mathcal{G}_3 = \mathcal{G}_1\mathcal{G}_2\mathcal{G}_3 = \mathcal{G}_2\mathcal{G}_3 \neq 0$.

Les idéaux minimaux à gauche idempotents sont donc répartis en *classes disjointes*, deux idéaux $\mathcal{G}_1$ et $\mathcal{G}_2$ appartenant à la même classe si et seulement si $\mathcal{G}_1\mathcal{G}_2 \neq 0$.

3. Il résulte de 1 que si $\mathcal{G}$ est un idéal minimal à gauche, l'idéal bilatère $\mathcal{G}\mathrm{D}$ est une réunion d'idéaux minimaux à gauche. Si $\mathcal{G}$ est idempotent et si $\mathcal{G}a \neq 0$, on a $\mathcal{G}\mathcal{G}a = \mathcal{G}a \neq 0$; si $\mathcal{G}a$ est idempotent, il résulte de 2 que $\mathcal{G}a\mathcal{G} \neq 0$, donc il existe b tel que $\mathcal{G}ab = \mathcal{G}$. Parmi les idéaux idempotents de D, $\mathcal{G}\mathrm{D}$ contient tous ceux, et seulement ceux qui appartiennent à la même classe que $\mathcal{G}$ dans la partition définie dans 2.

II. *Idéaux nilpotents.* — La réunion $\mathcal{R}$ de tous les idéaux à gauche nilpotents d'un demi-groupe D est un idéal bilatère. $\mathcal{R}$ est également la réunion de tous les idéaux á droite nilpotents de D; nous appellerons $\mathcal{R}$ le *radical* de D. Soit, en effet, $\mathcal{G}$ un idéal à gauche nilpotent, $\mathcal{G}^\rho = 0$; pour tout $x \in \mathrm{D}$, $\mathcal{G}x$ est ou l'idéal zéro, ou un idéal à gauche nilpotent, puisque $(\mathcal{G}x)^\rho \subseteq \mathcal{G}^\rho x = 0$. Donc $\mathcal{R}$ est un idéal bilatère. D'autre part, si $\mathcal{D}$ est un idéal à droite nilpotent, $(\mathcal{D} \cup \mathrm{D}\mathcal{D})$ est un idéal bilatère (donc un idéal à gauche) nilpotent, qui contient $\mathcal{D}$, et appartient à $\mathcal{R}$, c.q.f.d. Considérons le demi-groupe $\mathrm{D}^\star \simeq \mathrm{D} - \mathcal{R} + \{0\}$, homomorphe à D, l'application d'homomorphisme étant celle que définit Rees ([2]); tout élément de $\mathcal{R}$ a pour image zéro, tout élément de D n'appartenant pas à $\mathcal{R}$ s'applique sur lui-même. On a les propriétés suivantes :

Tout idéal de D *a pour image dans* $\mathrm{D}^\star$ *un idéal de* $\mathrm{D}^\star$, *et réciproquement tout idéal de* $\mathrm{D}^\star$ *est l'image d'au moins un idéal de* D. *Un idéal minimal et non nilpo-*

([1]) A. H. Clifford, *Am. Journ. of Math.*, 71, 1949, p. 835.
([2]) *Proc. Cambridge Philos. Society*, 36, 1940, p. 389.

tent de D *a pour image dans* D^* *un idéal minimal dans* D^* (ces propriétés se démontrent aisément à l'aide du lemme 1.321 de Rees, *loc. cit.*, p. 389).

III. Dans tout ce qui suit, nous supposons que la *condition minimale est vérifiée dans* D *pour les idéaux à gauche*. Nous avons alors :

1. *Tout idéal contenu dans* $\mathcal{R}$ *est nilpotent*. C'est *le théorème d'Hopkins*, dont la démonstration est identique à celle de Brauer et Jacobson pour les anneaux ([3]). Il en résulte que *le demi-groupe* D^* *n'a pas d'idéaux nilpotents*. Un idéal de D^*, $\gamma^* \neq 0$, est l'image de l'idéal de D, $\gamma \nsubseteq \mathcal{R}$. Supposons $(\gamma^*)^p = 0$. On a donc $\gamma^p \subseteq \mathcal{R}$; γ^p est donc nilpotent et il existe un entier q tel que $\gamma^{pq} = 0$. Par conséquent γ est nilpotent et $\gamma \subseteq \mathcal{R}$, ce qui est contraire à l'hypothèse.

2. Tout idéal à gauche de D contient au moins un idéal minimal $\mathcal{G}$. Il en résulte que D possède un idéal bilatère $\mathcal{I} = \mathcal{G}D$, qui est une réunion d'idéaux à gauche minimaux dans D. Soit $\mathcal{J}$ la réunion de *tous* les idéaux à gauche minimaux de D; $\mathcal{J}$ est un idéal bilatère. *Si* D *est sans zéro*, $\mathcal{J} = \mathcal{I}$ *et* $\mathcal{I}$ *est un idéal minimum* ([4]).

Considérons le demi-groupe $\overline{D} \simeq D - \mathcal{J} + \{0\}$, homomorphe à D, défini de la même façon que le demi-groupe D, mais en remplaçant $\mathcal{R}$ par $\mathcal{J}$. On obtient : *Tout idéal de* D *a pour image dans* $\overline{D}$ *un idéal de* $\overline{D}$, *et réciproquement, tout idéal de* $\overline{D}$ *est l'image d'au moins un idéal de* D. *La condition minimale pour les idéaux à gauche est vérifiée dans* $\overline{D}$.

Considérons un idéal à gauche de D qui n'est pas une réunion d'idéaux minimaux et dont tout sous-idéal à gauche propre est une réunion d'idéaux minimaux. Cet idéal a pour image dans $\overline{D}$ un idéal minimal à gauche de $\overline{D}$, et réciproquement tout idéal qui est l'image inverse d'un idéal minimal à gauche de $\overline{D}$ a ces propriétés. Nous appellerons *idéal mineur de* D associé à $\overline{\mathcal{G}}$ le plus petit idéal de D qui a pour image un idéal à gauche $\overline{\mathcal{G}}$ minimal dans $\overline{D}$, c'est-à-dire l'idéal à gauche engendré par les éléments de D qui s'appliquent biunivoquement sur les éléments de $\overline{\mathcal{G}}$. La définition des idéaux mineurs et les propriétés des idéaux minimaux énoncées dans la partie I. montrent que :

Si $\mathcal{G}'$ est un idéal mineur, on a $\mathcal{G}'^2 = \mathcal{G}'$ ou $\mathcal{G}'^2 \subseteq \mathcal{J}$.

Si $\mathcal{G}'$ est un idéal mineur à gauche, pour tout $a \in D$, $\mathcal{G}'a$ est soit un idéal mineur, soit une réunion d'idéaux minimaux à gauche, soit l'idéal zéro. L'idéal bilatère $\mathcal{G}'D$ est une réunion d'idéaux mineurs et d'idéaux minimaux à gauche.

Dans ce qui suit, D *est supposé sans zéro*. D'après la condition minimale, un idéal mineur à gauche $\mathcal{G}'$ contient un nombre *fini* d'idéaux minimaux distincts $\mathcal{G}_i$. Posons $\mathcal{G}' = \hat{\mathcal{G}} + \Sigma \mathcal{G}_i$. Soit $a \in D$; *si* $\mathcal{G}'a$ *est un idéal mineur,*

([3]) JACOBSON, *Theory of rings*, p. 63-64.

([4]) A. H. CLIFFORD, *Am. Journ. of Math.*, 70, 1948, p. 522.

$\mathcal{G}'a = \hat{\mathcal{G}}a + \Sigma\mathcal{G}_i a$, les $\mathcal{G}_i a$ sont les idéaux minimaux de $\mathcal{G}'a$ et $\hat{\mathcal{G}}a$ n'est pas vide. De plus, *si* $\mathcal{G}'$ *et* $\mathcal{G}'a$ *sont idempotents*, il existe $b \in D$ tel que $\mathcal{G}'ab = \mathcal{G}'$. Il en résulte que $\mathcal{G}'$ et $\mathcal{G}'a$ contiennent nécessairement le même nombre d'idéaux minimaux. D'où :

Si $\mathcal{G}'$ *est un idéal mineur à gauche idempotent d'un demi-groupe* D *sans zéro vérifiant la condition minimale pour les idéaux à gauche, tous les idéaux mineurs à gauche idempotents contenus dans l'idéal bilatère* $\mathcal{I}' = \mathcal{G}'D$ *contiennent le même nombre d'idéaux minimaux à gauche.*

Remarques. — 1. Dans la partie III.1, on obtiendrait les mêmes résultats en remplaçant la condition minimale par la *condition maximale pour les idéaux;* parmi les idéaux nilpotents, il existe un idéal maximal qui contient nécessairement tous les autres; c'est donc la réunion $\mathcal{R}$.

2. Si la condition minimale est vérifiée, on peut, envisageant la réunion $\overline{\mathcal{J}}$ des idéaux minimaux de $\overline{D}$ et construisant le demi-groupe $\overline{\overline{D}} \simeq \overline{D} - \overline{\mathcal{J}} + \{0\}$, et ainsi de suite, poursuivre l'étude du demi-groupe D [5].

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur quelques ensembles d'entiers.* Note (*) de M. **Klaus Roth**, présentée par M. Jacques Hadamard.

J'appelle *ensemble* $\mathcal{A}$ un ensemble d'entiers dont trois quelconques ne se trouvent jamais en progression arithmétique, c'est-à-dire un ensemble u_1, u_2, ... tel que $u_h + u_k = 2u_l$ entraîne $h = k = l$. Soit $A(x)$ le plus grand nombre d'entiers qu'on puisse choisir parmi $1, 2, \ldots, x$, de sorte qu'ils forment un ensemble $\mathcal{A}$. Je démontre que $A = \lim_{x=\infty} x^{-1} A(x) = 0$, résultat tenu pour vraisemblable depuis plusieurs années [1]. L'existence de la limite A s'établit facilement au moyen de l'inégalité $A(x+y) \leqq A(x) + A(y)$.

Il faut remarquer que $A(x)$ est aussi le plus grand nombre de termes formant un ensemble $\mathcal{A}$ qu'on puisse choisir parmi x termes consécutifs d'une progression arithmétique quelconque.

Soit $u_1, u_2, \ldots, u_U$ un ensemble $\mathcal{A}$ dans $(1, N)$. Nous étudions la somme

$$S = \sum_{k=1}^{U} e(\alpha u_k) \qquad [e(t) = e^{2\pi i t}],$$

où α désigne un nombre réel. Pour chaque α, il existe des entiers h, q $(q > 0)$

---

(5) J. A. Green a également appliqué, mais d'un point de vue différent, l'homomorphisme de Rees à des demi-groupes vérifiant la condition minimale (*Ann. Math.*, 1951, p. 163-172).

(*) Séance du 14 janvier 1952.

(1) Pour un aperçu historique du problème, *voir* une Note de R. Salem et D. C. Spencer, *Nieuw Archief voor Wiskunde*, 23, 1950, p. 133-143.

sans diviseur commun, tels que

(1) $$\alpha = \frac{h}{q} + \beta, \qquad q \leqq N^{\frac{1}{2}}, \qquad q\,|\beta| < N^{-\frac{1}{2}}.$$

Supposons $m < N$ et posons

$$S' = \frac{A(m)}{mq}\left[\sum_{\nu=1}^{q} e\left(\frac{h}{q}\nu\right)\right]\left[\sum_{n=1}^{N} e(\beta n)\right].$$

Nous démontrons que

(2) $$|S - S'| < Nm^{-1}A(m) - U + O\left(mN^{\frac{1}{2}}\right).$$

La démonstration se base sur la relation évidente

$$S = \frac{1}{mq}\sum_{\nu=1}^{q}\sum_{n=1}^{N}\sum_{\substack{n \leq u_k < n+mq \\ u_k \equiv \nu \,(\mathrm{mod}\, q)}} e(\alpha u_k) + O(mq).$$

Pour chaque terme de la somme intérieure, on a

$$e(\alpha u_k) = e\left(\frac{h}{q}\nu\right)e(\beta n) + O(mq\,|\beta|).$$

Le nombre de ces termes est au plus $A(m)$, selon une remarque antérieure, et s'exprime donc par $A(m) - D(n, m, q, \nu)$, où $D \geqq 0$. Alors

$$S = S' - \frac{1}{mq}\sum_{\nu=1}^{q} e\left(\frac{h}{q}\nu\right)\sum_{n=1}^{N} e(\beta n)\,D(n, m, q, \nu) + O(mq) + O(Nmq\,|\beta|).$$

Pour $\beta = 0$, $h = 0$, il résulte de là

$$U = \frac{N}{m}A(m) - \frac{1}{mq}\sum_{\nu=1}^{q}\sum_{n=1}^{N} D(n, m, q, \nu) + O(mq),$$

relation qui donne une borne supérieure pour la somme des D. En utilisant cette borne supérieure, on obtient (2).

Soit maintenant $\varepsilon > 0$ et m un entier tel que $|x^{-1}A(x) - A| < \varepsilon$ pour $x \geqq m$. Soit N arbitrairement grand et soit $u_1, \ldots, u_U$ un ensemble $\mathfrak{A}$ maximal dans $(1, 2N)$. Soit $2v_1, \ldots, 2v_V$ les entiers pairs parmi $u_1, \ldots, u_U$. Alors $U = A(2N)$ et $V \geqq A(2N) - A(N)$, d'où

(3) $$2Nm^{-1}A(m) - U < 4\varepsilon N, \qquad Nm^{-1}A(m) - V < 4\varepsilon N.$$

Soit

$$f(\alpha) = \sum_{k=1}^{U} e(\alpha u_k), \qquad g(\alpha) = \sum_{k=1}^{V} e(\alpha v_k),$$

$$F(\alpha) = \frac{A(m)}{m}\sum_{n=1}^{2N} e(\alpha n), \qquad G(\alpha) = \frac{A(m)}{m}\sum_{n=1}^{N} e(\alpha n).$$

Soit $\eta=\varepsilon^{-\frac{1}{2}}N^{-1}$. Si $|\alpha|<\eta$ on a $q=1$ et $h=0$ dans (1), et il s'ensuit de (2) et (3) que

(4) $$f(\alpha)-F(\alpha)=O\left(\varepsilon N+mN^{\frac{1}{2}}\right),\qquad g(\alpha)-G(\alpha)=O\left(\varepsilon N+mN^{\frac{1}{2}}\right).$$

Si $\eta<\alpha<1-\eta$ on déduit de (2) et (3) (en tenant compte des deux cas $q=1$ et $q>1$) que

(5) $$f(\alpha)=O\left(\varepsilon^{\frac{1}{2}}N+mN^{\frac{1}{2}}\right).$$

Le fait que $u_1, \ldots, u_{\text{Q}}$ forment un ensemble $\mathcal{A}$ peut s'exprimer (suivant la méthode de Hardy et Littlewood) par la relation

(6) $$\int_{-\eta}^{1-\eta} f(\alpha)g^2(-\alpha)\,d\alpha=V\leqq N.$$

D'après (5),

(7) $$\int_{\eta}^{1-\eta} f(\alpha)g^2(-\alpha)\,d\alpha=O\left[\left(\varepsilon^{\frac{1}{2}}N+mN^{\frac{1}{2}}\right)\int_0^1|g(\alpha)|^2\,d\alpha\right]=O\left(\varepsilon^{\frac{1}{2}}N^2+mN^{\frac{3}{2}}\right).$$

D'après (4),

(8) $$\begin{aligned}\int_{-\eta}^{\eta} f(\alpha)g^2(-\alpha)\,d\alpha&=\int_{-\eta}^{\eta} F(\alpha)G^2(-\alpha)\,d\alpha+O\left[\eta N^2\left(\varepsilon N+mN^{\frac{1}{2}}\right)\right]\\&=\int_{-\frac{1}{2}}^{\frac{1}{2}} F(\alpha)G^2(-\alpha)\,d\alpha+O\left[\eta^{-2}+\eta N^2\left(\varepsilon N+mN^{\frac{1}{2}}\right)\right].\end{aligned}$$

La dernière intégrale est facile à calculer, et sa valeur est tout simplement $[m^{-1}A(m)]^3N^2$. Utilisant (6), (7), (8), on obtient

$$[m^{-1}A(m)]^3N^2=O\left(\varepsilon^{\frac{1}{2}}N^2+\varepsilon^{-\frac{1}{2}}mN^{\frac{3}{2}}\right).$$

En faisant $N=\infty$ il s'ensuit que $A^3=O\left(\varepsilon^{\frac{1}{2}}\right)$, d'où $A=0$.

TOPOLOGIE. — *La topologie approximative de Denjoy envisagée comme vraie topologie*. Note (*) de MM. **Otto Haupt** et **Christian Pauc**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

A partir d'une base faible de dérivation est définie une vraie topologie vis-à-vis de laquelle les fonctions approximativement continues de Denjoy s'interprètent comme fonctions continues et les théories de Lebesgue et de Baire sont identiques.

1. Cadre de l'étude. — *a. Cas abstrait.* — R désigne un ensemble pourvu d'une mesure μ complète, finie ou dénombrablement infinie et d'une *base de*

(*) Séance du 19 décembre 1951.

dérivation $\mathfrak{B}$ *selon de Possel* (1), le *domaine* E de $\mathfrak{B}$, c'est-à-dire l'ensemble des points de R admettant des suites contractantes étant $=$ R.

b. Cas concret. — R est le plan euclidien cartésien, μ la mesure de Lebesgue. Les constituants de la base sont les intervalles ouverts J : $\alpha' < \xi < \alpha''$, $\beta' < \eta < \beta''$. Une suite d'intervalles J_ι contracte sur x si x appartient à tous les J_ι et le diamètre des J_ι tend vers zéro.

2. Définitions. — X représentant un sous-ensemble quelconque de R, un point x est dit *approximativement intérieur* à X ou D-*intérieur* à X s'il appartient à $E.X = X$ et si la $\mathfrak{B}$-épaisseur ($\mathfrak{B}$-densité) intérieure de X en x existe et est $= 1$, c'est-à-dire si, quels que soient $\varepsilon > 0$ et la suite M_ι contractant sur x, il existe un index ι' tel que $(\iota > \iota') \to [\mu\text{-int}(X M_\iota) > (1 - \varepsilon)\,\mu(M_\iota)]$. L'ensemble des points D-intérieurs à X est désigné par I(X). Par D-voisinage (de Fréchet) de x, nous entendons tout sous-ensemble de R auquel x est D-intérieur.

3. Propositions dans le cas abstrait. — I (ens. vide) $=$ ens. vide, $I(X) \subseteq X$, $(X \subseteq Y) \to [I(X) \subseteq I(Y)]$, $I(X.Y) = I(X).I(Y)$. L'opération I n'est pas altérée si, à toute suite contractant sur x, nous adjoignons des suites M^0_ι avec les mêmes indices, vérifiant $\liminf[\mu(M^0_\iota)/\mu(M_\iota)] > 0$, $\limsup[\mu(M^0_\iota - M^0_\iota M_\iota)/\mu(M_\iota)] = 0$, que nous regardons comme contractant sur x (2). Si $\mu\text{-ext}[x] = 0$, une condition nécessaire et suffisante pour que x soit point de D-accumulation de X, est que l'épaisseur extérieure supérieure de X en x soit > 0. Les fonctions approximativement semi-continues (continues) (3) sont identiques aux fonctions D-semi-continues (continues). Si f est une fonction μ-mesurable, bornée sur les constituants de $\mathfrak{B}$ et D-continue en x, l'intégrale lebesguienne de f admet en x un $\mathfrak{B}$-dérivé $= f(x)$ (4).

La *Propriété Faible de Vitali* (5), en abrégé (Vf), pour $\mathfrak{B}$ équivaut à : pour tout X, I(X) est un μ-noyau de X (6). Si (Vf) est vérifiée, $I^2 = I$, l'opérateur I définit une structure topologique (7); mais cette propriété d'idempotence n'implique pas (Vf). $I^2 = I$ quand $\mathfrak{B}$ est un réseau euclidien incomplet du type considéré par Chr. Pauc (8).

---

(1) C. Pauc, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1406.

(2) de Possel, *J. Math. p. et app.* 9e série, 15, 1936, p. 406; Haupt, Aumann, Pauc, *Differential-und Integralrechnung*, Berlin, 3, 2e édit. (en préparation), Chap. IX, § 7.

(3) Hahn, Rosenthal, *Set Functions*, Albuquerque, 1948, p. 287.

(4) *Loc. cit.* en (3), p. 291.

(5) Haupt et Pauc, *Sitz.-Ber. Bayer Akad. Wiss., math.-naturw. Kl.*, 1950, p. 189.

(6) *Loc. cit.* en (3), p. 68.

(7) N. Bourbaki, *Actualités scientifiques et industrielles*, 858, 1940.

(8) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1387. Ces réseaux sont des familles régulières de Denjoy (*Amer. J. Math.*, 73, 1951, p. 314-356) possédant comme celles-ci la Propriété Forte de Vitali Réduite, entendant par là la Propriété Forte de Vitali privée de la condition d'approximation ou de débordement.

Nous postulons désormais (Vf). Les ensembles D-ouverts sont μ-mesurables. Les notions d'ensemble de μ-mesure nulle, d'ensemble nulle part dense et d'ensemble de première catégorie coïncident; $\mathfrak{N}$ désignant leur famille, tout ensemble μ-mesurable M est $= I(M) \pmod{\mathfrak{N}}$. La D-fermeture de X est une enveloppe mesurable de X [6], ainsi les ensembles mesurables s'identifient aux ensembles D-quarrables ou D-mesurables Jordan [9]. Les fonctions D-semi-continues, en particulier les fonctions D-continues sont μ-mesurables. Toute fonction μ-mesurable devient une fonction D-continue si l'on retire de son domaine de définition un ensemble convenable de $\mathfrak{N}$. L'intégrale de Lebesgue est équivalente à une intégrale de D-partition dénombrable jordanienne [10], « dénombrable » pouvant être remplacée par « finie » si l'intégrant est essentiellement borné et la mesure du domaine de définition finie.

Alors que l'union d'une famille quelconque d'ensembles μ-mesurables n'est pas nécessairement μ-mesurable, la même union est μ-mesurable dans le cas d'ensembles D-ouverts. A toute classe d'équivalence mod $\mathfrak{N}$ formée d'ensembles μ-mesurables M. soit $\mathcal{C}$, nous pouvons faire correspondre un représentant distingué $G(\mathcal{C})$, à savoir l'ensemble D-ouvert maximal de ($\mathcal{C}$) constitué par les points d'épaisseur pleine (densité $=1$) d'un ensemble quelconque de $\mathcal{C}$. Si $\mathcal{C}$ est l'union (dans l'algèbre de mesure de μ d'une famille quelconque de classes $\mathcal{C}_\upsilon$, $G(\mathcal{C}) = \cup\, G(\mathcal{C}_\upsilon)$.

4. Complément dans le cas concret. — La famille des ensembles D-ouverts étant plus riche que la famille des ensembles ouverts au sens euclidien, la D-topologie est strictement plus fine que la topologie euclidienne et par conséquent séparée [7]. L'ensemble des points d'épaisseur pleine d'un discontinu de Cantor de mesure positive fournit un exemple d'ensemble D-ouvert nulle part dense au sens euclidien. Vis-à-vis de la D-topologie, le plan n'est pas localement (bi) compact. Par la D-topologie se trouvent identifiés les points de vue de Baire et de Lebesgue, la mesurabilité Lebesgue et la mesurabilité Jordan, l'intégrale de Lebesgue et l'intégrale de partition jordanienne. Un renforcement de $\mathfrak{B}$, par exemple en n'acceptant que des carrés ou en imposant aux suites contractantes une condition de régularité, enrichit I(X), étend la famille des ensembles ouverts et substitue donc à la D-topologie initiale une D-topologie plus fine.

---

(9) Haupt et Pauc, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 711.

(10) C. Pauc, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 810.

TOPOLOGIE. — *Espaces fibrés et groupes d'homotopie*. II. *Applications*. Note de MM. **Henri Cartan** et **Jean-Pierre Serre**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Applications de la méthode générale exposée dans une Note précédente [1]. On retrouve la plupart des relations connues entre homologie et homotopie; les résultats nouveaux concernent notamment les groupes d'homotopie des groupes de Lie et des sphères.

Dans toute la suite X désignera un espace *connexe par arcs*.

Considérons la fibration (II) de la Note [1], pour $n \geq 2$; en lui appliquant la Proposition 5 du Chapitre III de [S], on obtient :

Proposition 1. — *Pour tout espace* X *et tout* $n \geq 2$ [2], *on a une suite exacte :*

$$(1) \begin{cases} H_{2n}(X, n+1) \to H_{2n}(X, n) \to H_{2n}(\pi_n(X); n) \to H_{2n-1}(X, n+1) \to H_{2n-1}(X, n) \to \ldots \\ \ldots \to H_{n+2}(X, n+1) \to H_{n+2}(X, n) \to H_{n+2}(\pi_n(X); n) \to \pi_{n+1}(X) \to H_{n+1}(X, n) \to 0. \end{cases}$$

Compte tenu de ce que $H_{n+2}(\pi; n) = \pi/2\pi\,(n \geq 2)$ et $H_{n+3}(\pi; n) = {}_2\pi\,(n \geq 3)$, on retrouve des résultats de G. W. Whitehead [3].

Corollaire 1. — *Les groupes d'homologie relatifs* $H_i[\mathcal{S}(X; x, n), \mathcal{S}(X; x, n+1)]$ (*où* x *est un point de* X) *sont isomorphes aux groupes d'Eilenberg-MacLane* $H_i(\pi_n(X); n)$ *pour* $1 \leq i \leq 2n$.

Ce résultat semble en rapport étroit avec une suite spectrale annoncée récemment par W. Massey et G. W. Whitehead (lorsque X est une sphère) [4].

Corollaire 2. — *Si* $\pi_i(X) = 0$ *pour* $i < n$ *et* $H_j(X) = 0$ *pour* $n < j \leq 2n$ (*en particulier si* X *est une sphère* S_n), *on a des isomorphismes :*

$$H_j(X, n+1) \approx H_{j+1}(\pi_n(X); n) \quad \text{pour} \quad n \leq j \leq 2n-1 \quad (n \geq 2).$$

On notera que, si $j < 2n-1$, les groupes $H_{j+1}(\pi; n)$ sont « stables » et isomorphes aux groupes $A_{j-n+2}(\pi)$ introduits par Eilenberg-MacLane [5], ce qui fournit une interprétation géométrique de ces derniers groupes.

Proposition 2. — *Si* $\pi_i(X) = 0$ *pour* $i < n$ *et* $n < i < m$ (*n et m étant deux entiers tels que* $0 < n < m$), *on a une suite exacte :*

$$H_{m+1}(X) \to H_{m+1}(\pi_n(X); n) \to \pi_m(X) \to H_m(X) \to H_m(\pi_n(X); n) \to 0.$$

Ceci se démontre au moyen de la fibration (II) et complète des résultats

[1] *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 288. Nous renvoyons à cette Note dont nous conservons la terminologie et les notations.

[2] Le cas $n = 1$ est spécial et n'apporte d'ailleurs rien de nouveau.

[3] *Proc. Nat. Acad. Sc. USA*, 34, 1948, p. 207-211.

[4] *Bull. Amer. Math. Soc.*, 57, 1951, Abstracts 544 et 545.

[5] *Proc. Nat. Acad. Sc. USA*, 36, 1950, p. 657-663.

d'Eilenberg-MacLane [6] (à l'exception, toutefois, de ceux relatifs à l'invariant $\mathbf{k}$).

PROPOSITION 3. — *Supposons que* $\pi_1(X)=0$, *que les nombres de Betti de* X *soient finis en toute dimension et que l'algèbre de cohomologie* $H^*(X, Q)$ (Q *désignant le corps des rationnels*) *soit le produit tensoriel d'une algèbre extérieure engendrée par des éléments de degrés impairs et d'une algèbre de polynomes engendrée par des éléments de degrés pairs; si* d_n *désigne le nombre des générateurs de degré n, on a*

$$\text{rang } ({}^{7}) \text{ de } \pi_n(X) = d_n \qquad \text{pour tout } n.$$

On utilise la fibration (I), et le calcul des algèbres de cohomologie d'Eilenberg-MacLane à coefficients dans Q; on montre par récurrence sur n que $H^*(X;\, n,\, Q)$ est l'algèbre quotient de $H^*(X, Q)$ par l'idéal engendré par les générateurs de degrés $< n$.

Remarques. — 1. La démonstration montre aussi que le noyau de l'homomorphisme $\pi_n(X) \to H_n(X)$ est un groupe de torsion.

2. La proposition subsiste même si $\pi_1(X) \neq 0$, pourvu que $\pi_1(X)$ soit abélien et opère trivialement dans $H^*(X;\, 2,\, Q)$.

3. La proposition 3 s'applique notamment : *a.* à une sphère de dimension impaire; *b.* à un espace de lacets sur un espace simplement connexe dont les nombres de Betti sont finis; *c.* à un groupe de Lie. En particulier, *les groupes d'homotopie d'un groupe de Lie sont finis en toute dimension où il n'y a pas d'élément « primitif »* (donc en toute dimension *paire*).

PROPOSITION 4. — *Soit* X *tel que* $\pi_1(X)=0$, *et q un entier. Si* $H_i(X)$ *est un groupe de torsion pour* $1 < i < q$, *il en est de même du noyau et du conoyau* [8] *de l'homomorphisme* $\varphi_j : H_j(X, q) \to H_j(X)$ *pour tout j. Si en outre la composante p-primaire (p premier) de* $H_i(X)$ *est nulle pour* $1 < i < q$, *il en est de même du noyau et du conoyau de* φ_j. *Ceci vaut notamment pour* $\varphi_q : \pi_q(X) \to H_q(X)$.

PROPOSITION 5. — *Les groupes d'homologie de la sphère* $\mathbf{S}_3$ *dont on a tué le troisième groupe d'homotopie sont les suivants :*

$$H_i(\mathbf{S}_3, 4) = 0 \quad \text{pour } i \text{ impair} \qquad \text{et} \qquad H_{2q}(\mathbf{S}_3, 4) = Z/qZ$$

(Les premiers groupes d'homologie sont donc : Z, 0, 0, 0, Z_2, 0, Z_3, 0, Z_4, ...).

COROLLAIRE. — *La composante p-primaire de* $\pi_{2p}(\mathbf{S}_3)$ *est* Z_p [9].

La proposition 5 permet de retrouver aisément les résultats connus sur les $\pi_i(\mathbf{S}_3)$, $i=4, 5, 6$: pour $i=4$, c'est évident; appliquant la suite (1)

---

(6) *Ann. of Math.*, 51, 1950, p. 514-533.

(7) Le *rang* d'un groupe G est la dimension du Q-espace vectoriel $Q \otimes G$.

(8) Le *conoyau* d'un homomorphisme $A \to B$ est le quotient de B par l'image de A.

(9) Notre méthode montre également que l'homomorphisme $f_p : \pi_{2p}(\mathbf{S}_3) \to Z_p$ introduit par N. E. Steenrod est *sur*.

pour $n=4$, et utilisant le fait que $H_7(Z_2; 4)=Z_2$, on obtient $\pi_5(\mathbf{S}_3)=Z_2$ et $H_6(\mathbf{S}_3, 5)=Z_6$; en appliquant la suite (1) pour $n=5$ on obtient une suite exacte : $\pi_5(\mathbf{S}_3)\to\pi_6(\mathbf{S}_3)\to Z_6\to 0$, qui montre que $\pi_6(\mathbf{S}_3)$ a 6 ou 12 éléments (4).

PROPOSITION 6. — *Les groupes* $\pi_7(\mathbf{S}_3)$ *et* $\pi_8(\mathbf{S}_3)$ *sont des groupes 2-primaires;* $\pi_9(\mathbf{S}_3)$ *est somme directe de* Z_3 *et d'un groupe 2-primaire.*

On utilise le fait que $H_i(Z_3; 5)=0$ pour $i=7$, 8, et $H_9(Z_3; 5)=Z_3$ (5).

Enfin, si l'on admet les résultats sur les groupes d'Eilenberg-MacLane obtenus par H. Cartan au moyen de calculs dont le fondement théorique n'a pas encore reçu de justification complète, on obtient les résultats suivants (que nous donnons donc comme *conjecturaux*) : *pour n impair* ≥ 3, *et p premier, la composante p-primaire de* $\pi_i(\mathbf{S}_n)$ *est* Z_p *si* $i=n+2p-3$, *nulle si* $n+2p-3<i<n+4p-6$; *celle de* $\pi_{4p-3}(\mathbf{S}_3)$ *est* Z_p, *de même (si* $p\neq 2$) *que celle de* $\pi_{4p-2}(\mathbf{S}_3)$. *Par exemple,* $\pi_{10}(\mathbf{S}_3)$ *est somme directe de* Z_{15} *et d'un groupe 2-primaire.*

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Formes différentielles sur une variété symplectique.* Note (*) de M[lle] **PAULETTE LIBERMANN**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Cette Note qui fait suite à une Note antérieure (1) résume un exposé polycopié du Colloque de Topologie de Strasbourg (2). Certains résultats de Guggenheimer y sont retrouvés et complétés (3). Relation entre l'adjointe d'une forme différentielle extérieure par rapport à une forme différentielle extérieure Ω de degré 2 et par rapport à une métrique riemannienne F.

1. Dans l'espace numérique R^{2n}, soit Ω une forme extérieure quadratique de rang $2n$. L'adjointe φ_p^* par rapport à Ω d'une forme extérieure φ_p de degré p est définie par $\varphi_p^*=\alpha^{-1}(\varphi_p)\rfloor\,\Omega^n/n!$ [α étant le prolongement aux p-vecteurs de l'isomorphisme défini par $\alpha(X)=X\rfloor\,\Omega$, où $X\in R^{2n}$] (1). Soit F une forme quadratique échangeable (4) avec Ω et soient $2n$ formes linéaires ω_β linéairement indépendantes telles que $\Omega=\Sigma\omega_j\wedge\omega_{j+n}$, $F=\Sigma(\omega_\beta)^2$, où $j=1, \ldots, n$ et $\beta=1, \ldots, 2n$. Le produit des dualités par rapport à Ω et F est un automorphisme I de R^{2n} définissant sur R^{2n} une structure d'espace vectoriel complexe. L'automorphisme C, contragrédient de I dans le dual de R^{2n}, se prolonge aux p-formes. On a $C\omega_j=\omega_{j+n}$, $C\omega_{j+n}=-\omega_j$ et en

(*) Séance du 14 janvier 1952.

(1) CH. EHRESMANN et P. LIBERMANN, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 697.

(2) P. LIBERMANN, *Formes différentielles extérieures* (*Coll. Top.*, Strasbourg, 1951).

(3) *Variétés symplectiques* (*Coll. Top.*, Strasbourg, 1951).

(4) CH. EHRESMANN, *Sur la théorie des espaces fibrés* (*Coll. Top. Alg.*, Paris, 1947); *Sur les variétés presque complexes* (*Séminaire Bourbaki*, 1950) et (*Proc. Int. Cong. Math.*, 1950, à paraître).

posant $\theta_j = \omega_j + i\omega_{j+n}$, on a $C\theta_j = -i\theta_j$, $C\bar{\theta}_j = i\bar{\theta}_j$. *Cet opérateur* C, *utilisé par Guggenheimer, est, au signe près, l'opérateur* C *introduit par A. Weil* ([5]).

Soit $\varphi_p = \Sigma A_{\beta_1\ldots\beta_p}\omega_{\beta_1}\wedge\ldots\wedge\omega_{\beta_p}$ une p-forme. L'adjointe de φ_p par rapport à F est par définition ([6]) : $\star\varphi_p = \Sigma\delta^{1\ldots 2n}_{\beta_1\ldots\beta_n}A_{\beta_1\ldots\beta_p}\omega_{\beta_{p+1}}\wedge\ldots\wedge\omega_{\beta_{2n}}$. On a

$$\varphi_p^* = (-1)^{\frac{n(n-1)}{2}+p}\star C\varphi_p.$$

Introduisons les opérateurs

$$L\varphi_p = \varphi_p\wedge\Omega,\qquad \dot{\Lambda}\varphi_p = (\varphi_p^*\wedge\Omega)^*\qquad \text{et}\qquad \Lambda\varphi_p = (-1)^p\star L\star\varphi_p.$$

On a

$$\dot{\Lambda}\varphi_p = \star C(\star C\varphi_p\wedge\Omega) = \star(C^2\star\varphi_p\wedge\Omega) = (-1)^p\star L\star\varphi_p \qquad \text{car}\quad \star C = C\star.$$

Donc $\dot{\Lambda}\varphi_p = \Lambda\varphi_p$. *L'opérateur* Λ, *identique à* $\dot{\Lambda}$, *ne dépend que de* Ω et non de la forme quadratique échangeable avec Ω.

On supposera désormais $p \leqq n$. Une forme φ_p est dite *effective* ou de *classe* o si $\Lambda\varphi_p = 0$. Une forme φ_p est dite de *classe* k si $\varphi_p = \psi_{p-2k}\wedge\Omega^k/k!$ où ψ_{p-2k} est effective. Une forme de classe déterminée est dite *simple*.

Théorème 1. — *L'adjointe par rapport à* Ω *d'une forme effective* ψ_p *est*

$$\psi_p^* = \varepsilon_p\psi_p\wedge\frac{\Omega^{n-p}}{(n-p)!}\qquad \text{où}\qquad \varepsilon_p = (-1)^{\frac{p(p-1)}{2}}.$$

Corollaire. — *Si* φ_p, *de classe* k, *est égale à* $\psi_{p-2k}\wedge\Omega^k/k!$, *on a pour son adjointe*

$$\varphi_p^* = \varepsilon_{p-2k}\psi_{p-2k}\wedge\frac{\Omega^{n-p+k}}{(n-p+k)!} = (-1)^k k!\,\varepsilon_p\varphi_p\wedge\frac{\Omega^{n-p}}{(n-p+k)!}.$$

D'où pour une forme effective ψ_r : $\Lambda L^k\psi_r = k(n-r+k+1)L^{k-1}\psi_r$; on en déduit ([7]) le *théorème de décomposition : toute forme* φ_p *de degré p se décompose d'une manière unique en la somme*

$$\varphi_p = \psi_p + \psi_{p-2}\wedge\Omega + \ldots + \psi_{p-2q}\wedge\frac{\Omega^q}{q!}\qquad \text{avec}\qquad q = \left[\frac{p}{2}\right],$$

les ψ_{p-2k} étant effectives. On en déduit la décomposition de φ_p^*.

Théorème 2. — *L'opérateur f tel que* $f(\varphi_p) = (L^{n-p}\varphi_p)^*$ *est un automorphisme de l'espace vectoriel des p-formes aux valeurs propres duquel correspondent les formes simples.*

Pour toute forme φ_{n+p}, on a donc $\varphi_{n+p} = f^{-1}(\varphi_{n+p}^*)\wedge\Omega^p$, ce qui exprime le *théorème de Lepage* ([8]).

([5]) *Comm. Helv.*, 20, 1947, p. 110.

([6]) G. de Rham et Bidal, *Comm. Helv.*, 19, 1946, p. 1.

([7]) B. Eckmann et H. Guggenheimer, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 489.

([8]) *Bull. Acad. Roy. Belgique*, 1949, p. 325.

CONSÉQUENCE. — *Pour qu'une forme* ψ_p *soit effective, il faut et il suffit que* : $\psi_p \wedge \Omega^{n-p+1} = 0$. *Donc la décomposition en formes simples est identique à la décomposition de Lepage.*

2. Sur une variété V_{2n} deux fois différentiable soient : Ω une forme différentielle extérieure quadratique de rang $2n$, F une métrique riemannienne échangeable avec Ω. Le champ des automorphismes I de l'espace tangent R_x^{2n} à V_{2n} en $x \in V_{2n}$ définit sur V_{2n} une structure presque complexe. Soit φ_p une forme différentielle extérieure; on définit φ_p^*, $\star\, \varphi_p$, $\Lambda\varphi_p$. On définit les *codifférentielles* (⁹) de φ_p relativement à Ω et F respectivement par : $\mathring{\delta}\varphi_p = (d\varphi_p^*)^*$ et $\delta\varphi_p = -\star d \star \varphi_p$ (³). On démontre : $\mathring{\delta}\varphi_p = (-1)^p C^{-1}\,\delta C\varphi_p$. Nous supposerons désormais V_{2n} *symplectique* c'est-à-dire $d\Omega = 0$. On a alors $\delta\Omega = 0$, $\mathring{\delta}\Omega = 0$, $dL = Ld$, $\Lambda\delta = \delta\Lambda$, $\Lambda\mathring{\delta} = \mathring{\delta}\Lambda$.

Si ψ_p *est effective*, on a : $\psi_p^* \wedge \Omega = 0$, $d\psi_p^* \wedge \Omega = 0$, soit $(\mathring{\delta}\psi_p)^* \wedge \Omega = 0$, *et* $\mathring{\delta}\psi_p$ *est effective;* d'où : $d\psi_p^* = \varepsilon_{p-1}\, \mathring{\delta}\psi_p^* \wedge [\Omega^{n-p+1}/(n-p+1)!]$; on en déduit $d\psi_p = \psi_{p+1} + (-1)^p \mathring{\delta}\psi_p \wedge [\Omega/(n-p+1)]$, où ψ_{p+1} est effective. D'où :

THÉORÈME 3. — *Si* ψ_p *est effective,* $d\psi_p$ *est la somme directe d'une forme effective et d'une forme de classe* 1. *Pour que* $d\psi_p$ *soit effective, il faut et il suffit que* : $\mathring{\delta}\psi_p = 0$ (on a alors $\mathring{\delta}\, d\psi_p = 0$).

COROLLAIRE. — *Si* φ_p *est de classe* k *et si* $d\varphi_p$ *est simple,* $d\varphi_p$ *est de classe* k *ou* $k+1$; $\mathring{\delta}\varphi_p$ *est alors simple, de classe* $k-1$ *ou* k. [Si $\varphi_p = \psi_{p-2k} \wedge \Omega^k/k!$, $d\varphi_p = d\psi_{p-2k} \wedge \Omega^k/k!$ et $d\varphi_p^* = \varepsilon_{p-2k}\, d\psi_{p-2k} \wedge \Omega^{n-p+k}/(n-p+k)!$].

Une forme φ_p fermée et cofermée, c'est-à-dire telle que $d\varphi_p = 0$ et $\mathring{\delta}\varphi_p = 0$, sera dite *harmonique* par rapport à Ω. *Une forme simple fermée est harmonique par rapport à* Ω car $\varphi_p^* = \lambda\varphi_p \wedge \Omega^{n-p}$ où $\lambda = \text{const}$. Réciproquement si une forme de classe $k \geq 1$ est cofermée, elle est fermée. Pour $k = 0$, on déduit seulement que $d\varphi_p$ est effective. Par suite, si φ_p est effective et harmonique par rapport à F, $dC\varphi_p$ est effective.

THÉORÈME 4. — *Si une forme* φ_p *est harmonique par rapport à* Ω, *ses composantes simples sont harmoniques par rapport à* Ω.

La démonstration utilise la décomposition de φ_p et φ_p^* et le théorème de Lepage. On en déduit que *si* φ_p *est harmonique par rapport à* Ω, *il en est de même de* $\varphi_p \wedge \Omega^k$.

Si l'on suppose V_{2n} compacte, on démontre qu'une forme harmonique relativement à Ω peut être homologue ou cohomologue à 0 sans être nulle.

(⁹) L'opérateur désigné par δ dans (¹) est désigné ici par $\mathring{\delta}$; δ désigne ici la codifférentielle par rapport à une métrique riemannienne.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur la convexité d'un domaine, extérieur à la véritable double courbure*. Note (*) de M. **Jean Mirguet**, transmise par M. Georges Bouligand.

Sur une orthosurface à ptg supérieur fini (¹), un point M de l'extérieur de la véritable double courbure (²) est intérieur à un domaine convexe, si, en M, un plan échappe au biptg$_0$ (³). Je montre ici que cette même convexité demeure pour la dénombrabilité, ou pour des dispositifs géométriques, des points du voisinage de M, où le biptg$_0$ ne comprend pas tous les plans.

1. En désignant par (T) les points d'un ensemble où le biptg$_0$ contient toutes les directions de plans de l'espace, et par (A) l'extérieur, sur une orthosurface à ptg supérieur fini S, de l'ensemble des points où S possède la véritable double courbure, j'ai précédemment cherché à utiliser les propriétés des points de l'espèce (T) pour définir des domaines convexes de (A); j'ai conclu (⁴) que si un point M de (A) n'est pas un (T), M est intérieur à un domaine convexe de (A).

2. La considération de la puissance de l'ensemble $\mathcal{T}$ des points (T) qui tendent vers M, fournit une condition de convexité de (A), autour de M, plus générale.

En effet, un point quelconque de (A) est intérieur à un sous-domaine de (A) sur lequel le signe superficiel local est toujours le même (supposé négatif); si ce sous-domaine n'est pas convexe, il contient des points M′ où S n'a pas de plan d'appui, même au sens large, et ces M′, à leur tour, sont limites de points R, où une demi-tg de S est positive opposante. Si, en un de ces points R, le ctg de S n'est pas plan, ou bien, si R est limite de points où le ctg de S n'est pas plan, cet R est un (T). Si, au contraire, un R est intérieur à un nouveau sous-domaine où le ctg de S est toujours plan, les conclusions d'une précédente Note (³) sont applicables, et cet R est encore un (T). Donc, tous les non-appuis M′ de (A) sont des (T).

Or, en un point R, où le ctg admet une opposante positive Rt, soit Δ une direction de droite exclue du ptg$_1$; Γ, un cylindre circonscrit à S en R et dont la génératrice est exclue du ptg$_2$ en R; σ, la section de Γ par le demi-plan ΔRt.

Il existe sur σ, au voisinage de R, une suite de points H_i où la demi-tg opposée à R est positive et cette suite (H_i) correspond biunivoquement, d'une part aux points d'un segment fermé sur une droite, d'autre part aux points G_i

(*) Séance du 14 janvier 1952.

(¹) G. Bouligand, *Introduction à la Géométrie Inf. Directe*, Paris, 1932, § 82 et *Bull. l'Acad. Polonaise*, 1930, § 11, p. 418.

(²) J. Mirguet, *Revue scientifique*, 1947, § 9, p. 70.

(³) J. Mirguet, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1632.

(⁴) *Loc. cit.*, p. 1632, § 3.

de la courbe de contact ΓS, dont chacun est sur la même génératrice qu'un H_i, et ces G_i sont des non appuis, donc, des (T). Par suite, s'il existe une sphère centrée sur un point M de (A), dans laquelle $\mathfrak{T}$ n'a pas la puissance du continu, M est intérieur à un domaine convexe de (A).

3. Une autre condition de convexité d'un sous-domaine $(\mathcal{O})$ de (A), assez restreint pour qu'une même direction Δ de droite soit toujours exclue sur $(\mathcal{O})$ du ptg_1 de S, et pour qu'une même direction P de plan ne contienne nulle part de paratingente de rang > 1, s'obtient par la famille continue des courbes de contact C_i des cylindres Γ_i, circonscrits à $(\mathcal{O})$, et dont les génératrices sont parallèles à P. Chaque C_i rencontre chaque plan P_j parallèle à P en un seul point; les intersections α_j de S et des P_j sont absolument convexes; l'ordre de l'ensemble ponctuel des intersections d'une α_j et des C_i se conserve quand j varie.

Supposons que chaque point de $(\mathcal{O})$ soit limite de courbes de la famille (C_i) qui ne portent chacune aucun (T) sur toute l'étendue de $(\mathcal{O})$; alors $(\mathcal{O})$ est convexe : en effet, $(\mathcal{O})$ porterait, s'il n'était pas convexe, un point R à opposante Rt et sur l'intersection de S et du demi-plan ΔRt, issue de la Δ de R, il existerait un arc fermé RH, dont tous les points, sauf R, seraient au-dessus de Rt. Or, sur la α_j de R, on pourrait toujours choisir un point U_i, appartenant à une C_i sans (T) et la ctg de S en U_i serait un plan Q, assez voisin de R, pour que Q coupe la Δ de H, en dessous de H; or, le cylindre Γ_i circonscrit en U_i serait indéfiniment convexe négativement et son intersection avec ΔRt passerait en dessous de H, sur le Δ de H. Donc, la α_j de H ne serait pas convexe.

CALCUL MÉCANIQUE. — *Résolution numérique complète d'une équation algébrique quelconque.* Note de M. **Jean Peltier**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. On considère l'équation (1) $f(x) \equiv \sum_{i=0}^{n} a_i x^{n-i} = 0$, où l'on suppose $a_n \neq 0$. Si n est impair, on remplace l'équation (1) par l'équation $xf(x) = 0$. Pour résoudre cette équation, on identifie le premier membre à la forme $\prod_{j=1}^{m} (x^2 - S_j x + P_j)$ de degré pair $2m$. On résout ainsi un système de n équations à n inconnues S_j, P_j, toutes réelles, calculées de proche en proche par la méthode de Newton. Le calcul des fonctions et de leurs dérivées se fait rapidement par application de la formule de récurrence :

$$S^q_{2p+2} = S^q_{2p} + S_{p+1} S^{q-1}_{2p} + P_{p+1} S^{q-2}_{2p}, \tag{2}$$

où S^q_p désigne la somme des produits q à q de p nombres.

2. Cette méthode est rapidement convergente lorsque l'on connaît un sys-

tème de solutions approchées. On peut obtenir un tel système en effectuant les opérations suivantes.

On forme l'équation aux puissances d'ordre 2^p des racines de l'équation (1) :

$$A_0 X^n + A_1 X^{n-1} + \ldots + A_{n-1} X + A_n = 0 \qquad (X = x^{(2p)}), \tag{3}$$

puis l'équation en $(-X)$:

$$B_0 X^n + B_1 X^{n-1} + \ldots + B_{n-1} X + B_n = 0 \quad \text{où} \quad B_{2i} = A_{2i},\ B_{2i+1} = -A_{2i+1} \qquad (i = 0, 1, \ldots m).$$

On calcule les nombres $b = \varepsilon |B|^{1/2p}$, avec $\varepsilon = \pm 1$, ε étant du signe de B puis les quotients $r_i = b_i / |b_{i-1}|$, qui sont des valeurs très approchées des racines de (1) lorsque celles-ci sont réelles et distinctes. Dans ce cas, les nombres r_i varient en sens contraire de i. S'il n'en est pas ainsi, plusieurs racines ont des modules égaux ou très voisins. Tous les nombres r_{k_0-h} consécutifs inférieurs à r_{k_0} sont remplacés par $\sqrt{r_{k_0} r_{k_1}}$, r_{k_1} étant le nombre r_{k_0-h} dont l'indice est le plus faible.

On détermine une suite des valeurs approchées de nombres P_j, produits de couples de nombres r, en associant d'abord celles des couples de valeurs de r égaux.

3. Pour obtenir les vraies valeurs des racines dont on connaît une valeur approchée des modules, nous utilisons la méthode suivante, particulièrement avantageuse dans le cas de modules multiples et basée sur le calcul du résultant de deux polynomes selon Newton.

Soit P le produit de deux racines. L'équation donnée et l'équation en P/x

$$a_0 x^n + a_1 x^{n-1} + \ldots + a_{n-1} x + a_n = 0,$$
$$a_n x^n + a_{n-1} P x^{n-1} + \ldots + a_1 P^{n-1} x + a_0 P^n = 0$$

admettent en commun toutes les racines ayant pour produit 2 à 2 la valeur P. L'élimination des termes en x^n d'une part et des termes constants d'autre part conduit à un système de deux équations de degré $(n-1)$ sur lesquelles on effectue l'élimination des termes en x^{n-1} et des termes constants. En continuant l'opération, on arrive à deux équations équivalentes à une équation dont le premier coefficient est ramené à l'unité et que nous appellerons « équation résultante » (E); cette équation admet comme racines toutes les racines cherchées dont les produits 2 à 2 sont égaux à P. Quatre cas sont possibles :

a. L'équation résultante (E) est de degré impair. Son dernier terme est < 0.

1 racine $(-r) < 0$ au moins. On divise (E) par $(x + r)$.

b. L'équation résultante (E) est de degré impair. Son dernier terme est > 0.

1 racine $(r) > 0$ au moins. On divise (E) par $(x - r)$.

c. L'équation résultante (E) est de degré pair. Son dernier terme est < 0.

2 racines (r) et $(-r)$ opposées au moins. On divise (E) par $(x - r)(x + r)$.

d. L'équation résultante (E) est de degré pair. Son dernier terme est > 0.

Les trois premiers cas se ramènent à ce dernier.

Si σ_p désigne la somme des produits de p nombres S, sommes 2 à 2 des racines de module r, on peut écrire

$$\sigma_{2p} = \overline{A}_{2p} - C^1_{n-2p+2} P\sigma_{2p-2} - C^2_{n-2p+4} P^2\sigma_{2p-4} - \ldots - C^{p-1}_{n-2} P^{p-1}\sigma_2 - C^p_n P^p,$$
$$\sigma_{2p+1} = - \overline{A}_{2p+1} - C^1_{n-2p} P\sigma_{2p-1} - C^2_{n-2p+3} P^2\sigma_{2p-3}$$
$$- C^3_{n-2p+5} P^3\sigma_{2p-5} - \ldots - C^{p-1}_{n-3} P^{p-1}\sigma_3 - C^p_{n-1} P^p\sigma_1.$$

où $\overline{A}_p$ désigne les coefficients de l'équation (E)

On est ainsi ramené à résoudre une équation en S dont les racines sont toutes réelles. La méthode exposée au paragraphe 2 permet d'obtenir les modules de ces racines. On obtient les signes des racines de même modules ρ en cherchant la résultante de cette équation en S et de l'équation en $[-(\pi/S)]$, si l'on pose $\pi = \rho^2$. Cette résultante, de degré $2q$ nécessairement pair, admet q racines > 0 et q racines < 0. Toutes les autres racines de module ρ de l'équation en S sont égales et ont le signe du terme de degré $(\lambda - 1)$ de la résultante des équations en S et en (π/S), si λ désigne le degré de cette résultante.

La méthode de l'équation résultante s'applique même si le produit p (ou π) est exact à 10 % près.

4. La suite des calculs de la méthode proposée présente certaines analogies avec la méthode de Graeffe ([1]). Elle en diffère en ce qu'elle donne toutes les racines avec des calculs qui ne sont pas plus longs que ceux de la méthode de Graeffe et qui ne comportent pas les cas d'incertitude et d'échecs de cette dernière. Dans les exemples ci-après, le critérium de Graeffe fait apparaître deux couples de racines complexes alors qu'il n'en existe qu'une.

$$x^6 - 9{,}5x^5 + 34{,}84x^4 - 60{,}62x^3 + 36{,}84x^2 + 42{,}48x - 64{,}8 = 0,$$
$$x^5 - 2{,}6x^4 + 1{,}6x^3 + 1{,}6x^2 - 2{,}6x + 1{,}0.$$

CALCUL ANALOGIQUE. — *Tracé des trajectoires de corpuscules en suspension dans un fluide animé d'un mouvement permanent.* Note (*) de M. **Jacques Marvaud**, présentée par M. Joseph Pérès.

Nous nous plaçons dans les conditions suivantes :

1° La vitesse du fluide $\vec{U'}$ est suffisamment grande pour qu'il soit possible de négliger l'action de la pesanteur.

2° La masse spécifique du fluide est petite par rapport à celle des corpuscules.

3° L'écoulement est tel que les trajectoires sont planes.

([1]) C. H. Graeffe, *Auflösung der höheren numerischen Gleichungen*, Zürich, 1837.

(*) Séance du 19 décembre 1951.

D'après la théorie [1] le mouvement est déterminé par une équation vectorielle du type suivant :

$$(1) \qquad \frac{d\vec{U}}{dt} = F(u)\,\vec{u},$$

F(u) ayant une expression que l'on trouvera dans le mémoire cité ($\vec{U}$ est la vitesse du corpuscule et $\vec{u} = \vec{U} - \vec{U}'$ sa vitesse relative).

Soient A, B, C, ... les positions d'un corpuscule aux instants t, $t + \Delta t$, $t + 2\Delta t$, ... On aura

$$\overrightarrow{AB} = \Delta t\,\vec{U}_{AB}, \qquad \overrightarrow{BC} = \Delta t\,\vec{U}_{BC}, \qquad \ldots,$$

$\vec{U}_{AB}$, $\vec{U}_{AB}$, ... désignent des vitesses moyennes.

Le champ des vitesses U′ est obtenu au bassin électrique dans l'analogie qui assimile potentiels électriques et potentiels hydrodynamiques. Les vitesses moyennes $\vec{U}'_{AB}$ et $\vec{U}'_{BC}$ s'identifient donc à des gradients dans le bassin.

Posant

$$\vec{u}_{AB} = \vec{U}_{AB} - \vec{U}'_{AB} \qquad \text{et} \qquad \vec{u}'_{AB} = \vec{U}_{AB} - \vec{U}'_{BC},$$

nous avons évidemment

$$(2) \qquad \vec{U}_{BC} = \vec{U}_{AB} + \frac{F(u_B)\,\Delta t}{2 - F(u_B)\,\Delta t}\left(\vec{u}_{AB} + \vec{u}'_{AB}\right).$$

Si la vitesse $\vec{U}_{AB}$ est connue, il nous sera possible de calculer la vitesse $\vec{U}_{BC}$. En effet nous pouvons déterminer pour le point C une première position C_0 telle que

$$\overline{BC_0} = \Delta t\,\vec{U}_{AB}.$$

Pour des valeurs Δt petites, C_0 est suffisamment voisin de C pour qu'il soit possible de confondre la vitesse $\vec{U}'_{BC_0}$ avec $\vec{U}'_{BC}$. Nous calculons $\vec{u}_{AB}$ et $\vec{u}'_{AB}$ en prenant pour $F(u_B)$ la valeur connue de $F(u_A)$, nous déterminons ainsi une nouvelle position du point C.

Il nous est alors possible de calculer $\vec{u}_B$ et de connaître la valeur de $F(u_B)$. Si celle-ci est assez différente de $F(u_A)$ nous en tiendrons compte pour déterminer une nouvelle position plus exacte de C. Le choix de Δt permet de n'avoir à effectuer qu'une seule correction.

Application. — Les tracés se font à l'aide de notre traceur de trajectoires [2],[3]. Nous choisissons le point de départ de la trajectoire dans une région où la

---

(1) *Groupement Recherches Aéronautique*, Rapport technique n° 15.

(2) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 436.

(3) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 45.

vitesse du fluide est constante. La trajectoire du corpuscule est confondue dans cette région avec une ligne de courant que nous traçons par la méthode indiquée précédemment [3].

Dès que nous sortons de cette région le gradient hydrodynamique varie, il nous est possible de calculer comme nous l'avons indiqué plus haut une première valeur $\vec{u}_{AB}$ et $\vec{u}'_{AB}$; la valeur de $[F(u)\Delta t]/[2 - F(u)\Delta t]$ nous est donnée par un abaque que nous avons établi en fonction de u et de Δt.

Nous prenons pour $\vec{U}_{AB}$ la valeur $\vec{U}'_0$ de la vitesse du fluide dans la zone de champ constant.

Nous déterminons ainsi la vitesse $\vec{U}_{BC}$ et d'une façon analogue les vitesses $\vec{U}_{CD}$, $\vec{U}_{DE}$, ..., pour obtenir les points suivants.

Les tracés se font par déplacements successifs parallèlement à un axe Ox puis à un axe Oy; tout d'abord d'une valeur approchée

$$\Delta x_{BC_0} = \Delta t\, U_{x_{AB}}, \qquad \Delta y_{CB_0} = \Delta t\, U_{y_{AB}}$$

suivis de déplacement complémentaires :

$$\Delta x_{C_0C} = \Delta t \frac{F(u_A)\Delta t}{2 - F(u_A)\Delta t}(u_{x_{AB}} + u'_{x_{AB}}),$$

$$\Delta y_{C_0C} = \Delta t \frac{F(u_A)\Delta t}{2 - F(u_A)\Delta t}(u_{y_{AB}} + u'_{y_{AB}}).$$

Nous aurons parfois une correction à effectuer en tenant compte de la nouvelle valeur obtenue pour $F(u_B)$.

Ce procédé nous a permis de tracer assez rapidement des trajectoires de gouttelettes d'eau dans un courant d'air autour d'un cylindre et de trouver des résultats analogues à ceux obtenus par MM. Brun, Caron et Vasseur [4].

Un système potentiométrique permet d'obtenir automatiquement la valeur des u et u' et lorsque nous affichons $[F(u)\Delta t]/[2 - F(u)\Delta t]$ de connaître directement la valeur des déplacements à effectuer.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur une détermination expérimentale de la frontière transsonique dans un écoulement plan.* Note (*) de M. **Gérard Gontier**, présentée par M. Joseph Pérès.

Continuant les recherches décrites dans une Note précédente [1] sur le champ des vitesses dans la tuyère d'une soufflerie sonique à écoulement plan [2] au voisinage du col, nous avons cherché à déterminer expérimentale-

(*) Séance du 14 janvier 1952.

(1) A. Martinot-Lagarde et G. Gontier, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2288.

(2) *La Recherche Aéronautique*, 10, 1949, p. 3.

ment la frontière transsonique [3] d'un tel écoulement. A l'approximation du premier ordre en x, la frontière transsonique est représentée par l'équation

$$\frac{y^2}{k^2} = \frac{-4}{\gamma + 1}\,\frac{x}{k},$$

la vitesse longitudinale réduite sur l'axe Ox de la tuyère étant $1 + (x/k)$.

Il s'agissait de déceler le domaine où une petite perturbation créée en aval de la ligne sonique modifie l'écoulement dans le domaine subsonique. Si l'on produit une surpression avec un obstacle, on modifie tout l'écoulement de la tuyère, car l'obstacle crée un nouveau col où la ligne sonique se porte brusquement. Aussi avons-nous choisi comme perturbation une détente.

La détente a été d'abord réalisée en plaçant dans la veine d'expériences une tige longitudinale de section constante dans laquelle une encoche avait été taillée; mais la superposition de la détente produite et de la surpression qui suit est un phénomène trop complexe. Nous avons utilisé ensuite une tige carrée dans laquelle était taillé un chanfrein; mais la détente s'est trouvée précédée d'une petite compression. Nous avons obtenu une détente simple avec une tige de révolution dans laquelle était taillé un tronc de cône (*fig.* 1 *a*).

Soit P l'arête de base du tronc de cône. L'exploration se fait le long d'un axe AX, parallèle à Ox et d'ordonnée y; on maintient fixe une sonde de pression statique S et l'on déplace P longitudinalement : c'est ainsi que le gradient de pression est mesuré avec le plus de précision. Sur l'axe AX, soit A le point de la ligne sonique, B le point de la frontière transsonique, $\overline{AB} = b$, $\overline{AS} = s$, $\overline{AP} = X$. On détermine la différence $p - p_0$ entre la pression p correspondant à s et X donnés et la pression p_0 à même valeur de s, lorsque X est assez grand pour que P n'ait pas d'influence en S. On a représenté (*fig.* 1 *b*) la surface $p - p_0 = f(s, X - s)$ par ses lignes de niveau $s =$ const.

Déplaçons P à partir de l'aval : lorsque la sonde S est en aval de B, on prévoit une diminution rapide de pression quand P arrive au droit de S; lorsque S est à l'amont de B, la pression doit commencer à diminuer plus tôt, dès que P arrive en B, puis diminuer rapidement lorsque P est au droit de S. En fait, à cause de la viscosité, la pression commence à décroître dans les deux cas quand P est encore en aval de S. Pour $X - s$ assez petit, on constate qu'au-dessus d'une certaine valeur de s toutes les courbes sont presque confondues; notre interprétation est que ce faisceau partiel de courbes correspond au cas de S en aval de B, c'est-à-dire au domaine supersonique proprement dit.

Si l'on représente la surface $p - p_0$ par ses lignes de niveau $X - s =$ const., on devrait observer, pour $X - s$ assez petit, un genou à $s = b$. Chacune de nos

---

(3) P. Germain, *La Recherche Aéronautique*, 22, 1951, p. 12, 15 et 20.

courbes présente en effet un genou G_B à peu près à la même valeur de s : nous considérons cette valeur comme la mesure de b (*fig.* 1 *c*).

Pour avoir automatiquement $X - s$ constant, nous avons percé, dans la tige portant l'arête P, deux orifices S' et S_0 (*fig.* 2*b* : sonde transsométrique) pour mesurer respectivement p et p_0. Avec ce procédé plus précis on observe un

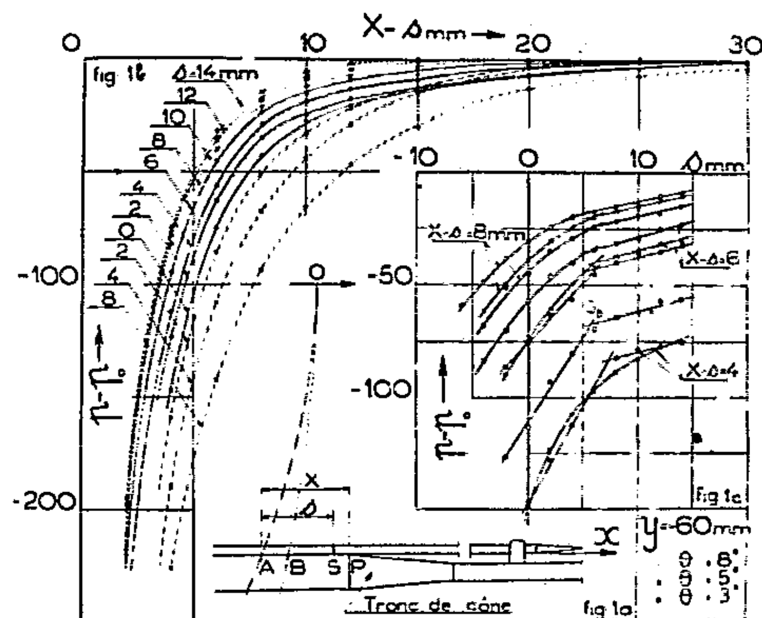


Fig. 1.

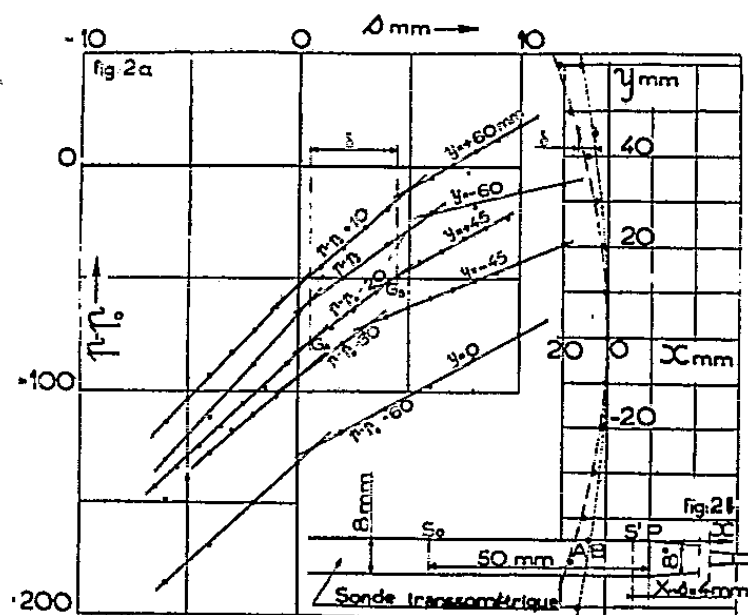


Fig. 2.

Fig. 1 et 2. — OA, ligne sonique calculée ([1]); OB, frontière transsonique calculée. Les différences de pression $p - p_0$ sont exprimées en millimètres d'alcool.

deuxième genou G_A qui doit correspondre à la ligne sonique (*fig.* 2*a*). Nous avons porté, à partir de la ligne sonique calculée ([1]), la différence δ entre les abscisses des deux genoux; les points obtenus coïncident à $\pm 0,5$ mm avec la frontière transsonique calculée (*fig.* 2*b*).

Nous avons cherché si, dans le domaine transsonique, on pouvait mettre en évidence des écoulements différents avec des conditions aux limites finales identiques et des conditions aux limites initiales différentes ([3]) : que le solide perturbant soit amené de l'amont ou de l'aval, ou qu'il soit mis en place avant le démarrage de la soufflerie, nous avons obtenu les mêmes résultats.

HYDRAULIQUE. — *Amplitude des oscillations entretenues dans les chambres d'équilibre à étranglement.* Note de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Détermination graphique de l'amplitude des oscillations entretenues du plan d'eau dans une chambre d'équilibre à étranglement ne satisfaisant pas à la condition de Thoma : expression approchée de cette amplitude.

Dans une Note récente ([1]), nous avons montré, par des considérations

([1]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 299.

analytiques, l'existence d'oscillations entretenues du plan d'eau dans les chambres d'équilibre à étranglement, de section inférieure à la valeur limite de Thoma.

1. Certaines hypothèses intervenant dans le calcul, en particulier pour la linéarisation de la perte de charge p dans le canal d'amenée, il importait de prouver que les résultats obtenus demeurent valables non seulement pour les petites, mais également pour les grandes oscillations.

Nous avons pu obtenir ce résultat au moyen d'une méthode graphique déduite des équations (1) de notre dernière Note [1] et affranchie des hypothèses précédentes : l'étude systématique de 44 exemples nous a permis de vérifier l'existence, dans tous les cas, d'un régime stable d'oscillations entretenues.

2. Celles-ci ne sont pas rigoureusement sinusoïdales, ce qui conduit à poser :

$$x_{1M} = -K_1 \frac{r_1}{r_0}, \qquad x_{2M} = K_2 \frac{r_1}{r_0}, \qquad K = \frac{K_1 + K_2}{2};$$

$$v_{1M} = -K'_1 \frac{r_1}{r_0}, \qquad v_{2M} = K'_2 \frac{r_1}{r_0}, \qquad K' = \frac{K'_1 + K'_2}{2};$$

v_{1M}, v_{2M}, x_{1M}, x_{2M} désignant les amplitudes maxima des alternances négatives ou positives de v et de x, grandeur relative de la cote du plan d'eau au-dessus du niveau dynamique du régime permanent considéré, correspondant au débit maximum Q_0.

La figure 1 donne les valeurs de K_1, K_2, K'_1, K'_2, la figure 2, celles de K et K'.

Dans les limites intéressant les applications industrielles, les valeurs obtenues sont toutes comprises entre 1 et 1,18, et se rapprochent, en général, beaucoup plus du second chiffre que du premier.

On peut en retenir l'expression approchée par excès

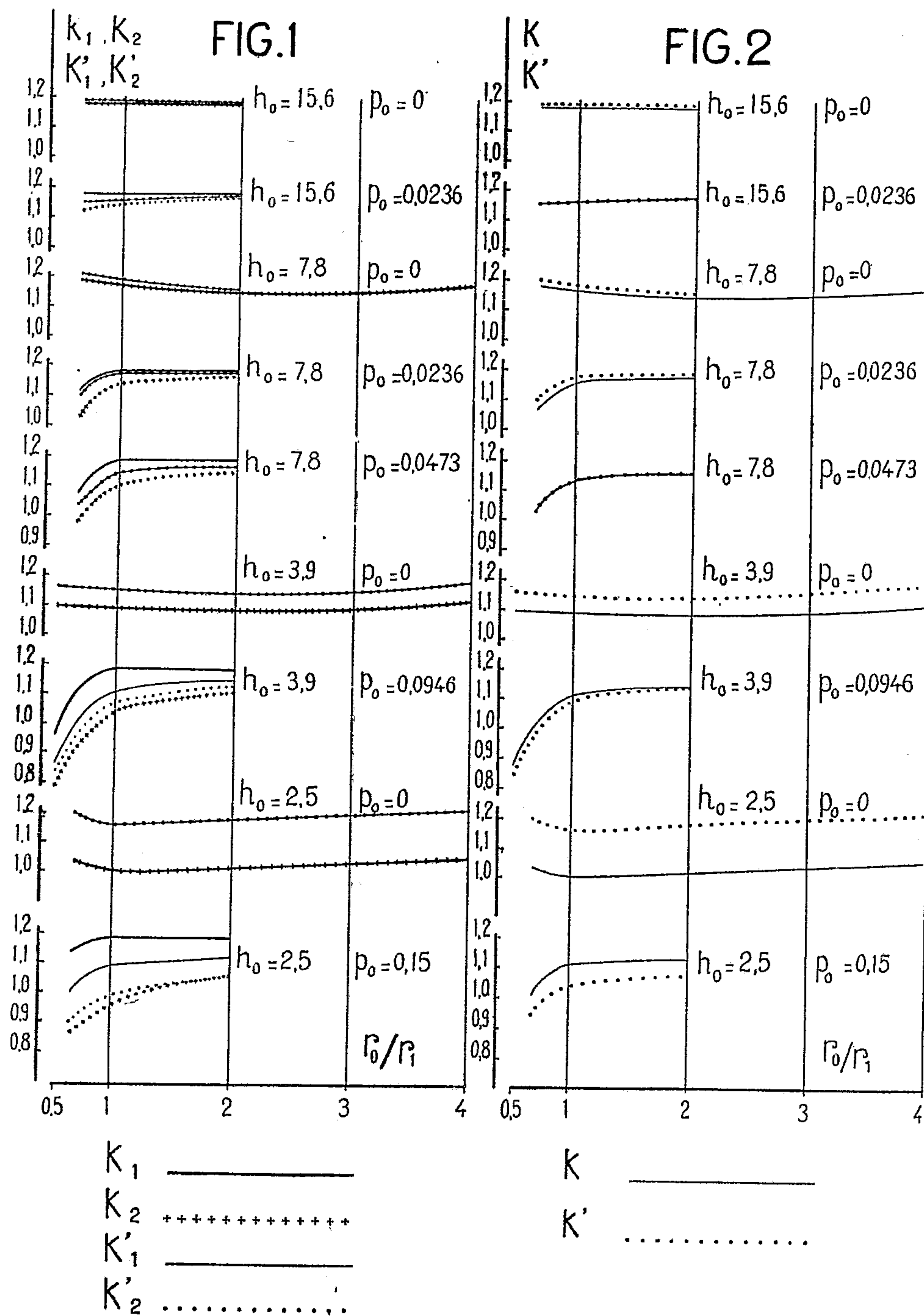
$$X_M = x_M Z_* = 1{,}18 \frac{r_1}{r_0} Z_* = \frac{1{,}18}{r_0} \frac{1 - 2 p_0 h_0}{h_0 - 2 p_0} Z_*$$

de l'amplitude des oscillations, l'erreur commise demeurant inférieure à 15 % et restant toujours dans le sens de la sécurité.

3. Nous avons étudié également le cas d'un régime permanent correspondant à une fraction Q_0/n (avec $n > 1$) du débit maximum Q_0. On obtient des oscillations entretenues dont l'amplitude est donnée par l'expression approchée

$$X''_M = \frac{1{,}18}{r_0} \frac{Z_*}{n} \frac{1 - 2 p_0 h_0 \left[1 + \frac{p_0}{h_0}\left(1 - \frac{1}{n^2}\right)\right]}{h_0 + p_0\left(1 - \frac{3}{n^2}\right)} < \frac{X_M}{n}.$$

Cette amplitude est plus faible, non seulement en valeur absolue, mais



encore proportionnellement, que celle des oscillations greffées sur le régime permanent de pleine charge.

Conséquences industrielles des résultats précédents. — Il devient possible d'adopter, en toute sécurité, pour les chambres d'équilibre à étranglement, une section inférieure à la valeur limite de Thoma, à condition d'utiliser un procédé d'asservissement temporaire de la puissance électrique à la pression hydraulique éliminant les oscillations : un non-fonctionnement de ce dispositif n'aurait aucun inconvénient majeur, puisque les oscillations, libérées, auraient une amplitude limitée, au lieu de croître indéfiniment, comme dans une chambre d'équilibre ordinaire.

ASTRONOMIE. — *Méthode photoélectrique de mesure des étoiles doubles.* Note de MM. **Pierre Lacroute** et **Pierre Bacchus**, présentée par M. André Danjon.

On propose une méthode de mesure des étoiles doubles par cellule photoélectrique, basée sur la modulation de la lumière par des grilles en mouvement.

Actuellement toutes les méthodes de mesure des étoiles doubles serrées en ρ, θ et Δm sont visuelles, et leur précision est surtout limitée par la qualité [1] des images stellaires. Elles ne sont pas affectées par la scintillation, et certaines d'entre elles (méthode de Muller et interféromètre) sont peu sensibles à l'agitation; mais elles sont toutes très gênées par la déformation des images. Enfin, même avec de bonnes images, la précision a une limite, qui est celle des estimations visuelles.

Or il a été accompli de grands progrès en photométrie par la substitution des mesures photoélectriques aux estimations visuelles. Il paraît intéressant d'appliquer les mêmes procédés photoélectriques à l'étude des étoiles doubles serrées, malgré les difficultés de ce problème.

Méthode proposée. — Si l'on déplace devant l'image focale d'une étoile simple une grille formée de bandes alternativement opaques et transparentes, le flux lumineux est haché; une cellule donne un courant photoélectrique où l'on sélectionne la composante sinusoïdale fondamentale. Si l'étoile est double, ses composantes A et B donnent deux courants déphasés, dont la résultante a pour amplitude

$$i = i_0 \frac{\sqrt{1 + K^2 + 2K\cos\frac{\pi l}{p}}}{1 + K},$$

l étant la distance des étoiles, projetée sur la perpendiculaire aux bandes de la grille, $2p$ le pas de la grille, K le rapport des éclats des étoiles, et i_0 le courant obtenu avec une étoile simple de même éclat que l'étoile double.

---

(1) Selon Gaviola (*Astr. J.*, 54, 1949, p. 155) la qualité (seeing) des images présente trois aspects : l'agitation (dancing), les déformations (pulsating), et la scintillation (scintillation).

Le courant i passe par des maxima et des minima pour les valeurs entières de l/p. On déduira l de l'enregistrement des variations de i en fonction de p. La distance ρ des composantes A et B est égale à l si AB est perpendiculaire aux bandes de la grille; sinon ρ se déduit de l d'après les angles de position de l'étoile et de la grille.

Le rapport des intensités extrêmes permet de calculer K, donc Δm.

L'angle de position se mesure en enregistrant les variations de i lorsqu'on fait tourner la grille dans son plan, p étant maintenu constant.

Ces considérations supposent que le courant i_0 que donnerait une étoile simple reste d'amplitude constante au cours des enregistrements. On ne peut l'admettre, à cause de la scintillation d'une part, mais surtout parce que, lorsque le pas $2p$ diminue et s'approche du pouvoir séparateur ρ_0 de l'instrument, les images ne peuvent plus être considérées comme ponctuelles. Les courants provenant des différents points de la tache de diffraction ne sont plus en phase, et i_0 diminue. On a calculé les variations de i_0 en fonction de p/ρ_0, connaissant la répartition théorique de la lumière dans la tache de diffraction. Mais la variation réelle sera fort différente, et très mal définie, car la répartition de la lumière est modifiée par les déformations d'origine atmosphérique. Il faut donc éliminer l'influence des variations inconnues du facteur i_0.

On utilise deux grilles orientées à angle droit; on leur donne le même pas, pour qu'elles aient des comportements comparables vis-à-vis de la tache de diffraction; on les fait circuler à des vitesses différentes, afin que les deux composantes fondamentales i_1 et i_2 du courant photoélectrique soient de fréquences différentes, et puissent être séparées par un amplificateur sélectif à deux canaux. On élimine le facteur i_0 en étudiant seulement le rapport i_1/i_2, dont les variations, en fonction de p ou de l'orientation des grilles, permettent de déterminer ρ, θ et Δm.

L'inconvénient essentiel de cette méthode, outre la complexité de l'appareillage, est qu'elle suppose équivalents les signaux i_1 et i_2 donnés, pour une étoile simple, par les deux grilles rectangulaires. Or l'atmosphère intervient de plusieurs façons pour détruire cette équivalence :

1° L'agitation de l'image se compose avec la vitesse de chaque grille, ce qui a pour effet de modifier la fréquence instantanée des signaux, donc leur taux d'amplification dans l'appareil. A un instant donné l'équivalence n'est généralement pas réalisée ,puisque l'agitation se fait dans une direction particulière. Mais on peut espérer que pour l'ensemble d'une mesure l'effet moyen de l'agitation est le même dans les deux directions. Dans ce cas la mesure n'est pas affectée, car on peut réaliser correctement des moyennes dans le temps de i_1 et de i_2, grâce à la constante de temps de l'amplificateur. Si au contraire l'observation révèle sur une étoile simple une certaine anisotropie permanente

de l'agitation, il sera nécessaire de faire des corrections, ou de répéter les mesures dans des soirées différentes.

2° La déformation des images joue le même rôle que l'agitation, et trouble les mesures lorsqu'elle présente une anisotropie permanente.

3° La dispersion atmosphérique déforme aussi les images, de façon non isotrope. Ce phénomène est stable, et peut être compensé.

Cette méthode photoélectrique promet certains avantages :

1° C'est une méthode objective, qui laissera des documents;

2° Elle sera limitée en sensibilité seulement par la cellule;

3° Elle paraît appliquable nettement en dessous du pouvoir séparateur de l'instrument, et l'on aura dans ce domaine de véritables mesures. De plus elle permet l'analyse des images données par la méthode interférentielle.

4° Enfin on pourra dépasser la précision des mesures visuelles lorsque les images seront bonnes. Seule l'observation indiquera dans quelle mesure la qualité des images interviendra; cependant on peut prévoir que le gain sera fréquent pour les Δm.

Ce dispositif a déjà été réalisé dans ses éléments essentiels. Il a été étudié de façon à présenter le minimum de sensibilité à l'agitation. Chaque enregistrement a une durée de 3 mn environ.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la répartition statistique des mouvements des particules en Mécanique quantique.* Note de MM. **André Régnier**, **Evry Schatzman** et **Jean-Pierre Vigier**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'introduction d'un champ quantique réel (onde-pilote) en Mécanique ondulatoire et des considérations simples sur l'équipartition de l'énergie entre ce champ et les particules qu'il pilote, conduisent à retrouver pour l'état moyen la répartition statistique de Schrödinger.

Dans l'interprétation de la Mécanique quantique, telle qu'elle découle des premiers travaux de M. L. de Broglie (1) et des travaux plus récents de M. Vigier (2) et de M. D. Bohm (3), on est amené aux conceptions suivantes :

1° La particule est une singularité du type de K. Schwarzschild d'un champ (champ quantique). Ce champ peut être représenté par une déformation infiniment petite de l'espace temps. Ce n'est que dans une région de très petites dimensions, inférieures au « rayon » de la particule que la déformation totale devient trop grande pour être traitée comme infiniment petite. C'est dans cette région que se trouve rassemblée pratiquement toute la masse de la

(1) *J. Phys. Rad.*, 7, 1927, p. 225.

(2) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1010.

(3) *A suggested new interpretation of the quantum theory in terms of hidden variables* (manuscrit communiqué avant publication aux auteurs).

particule. A l'approximation linéaire relativiste (équations dites de Dirac et de Klein-Cordon) ou à l'approximation non relativiste (équation dite de Schrödinger), l'ensemble déformation-singularité constitue l'onde avec singularité introduite par M. de Broglie dans la première interprétation qu'il a donnée de la théorie de l'onde-pilote ([4]).

2. L'introduction de la particule considérée dans un système fait apparaître ce champ quantique. Ce champ se propage instantanément à l'approximation non relativiste et ses propriétés sont fixées par les conditions aux limites. La partie régulière du champ est indépendante de la position de la particule qui, à l'approximation linéaire ne fait pas partie des conditions aux limites.

3. La particule, singularité du champ quantique, décrit une ligne de courant du champ (géodésique de l'espace-temps déformée par le champ électromagnétique et le champ quantique). L'étude macroscopique des propriétés de la matière revient pratiquement à effectuer une statistique sur un ensemble de particules identiques dont les positions initiales sont arbitraires, mais qui sont astreintes à suivre une famille de géodésiques. On peut faire la statistique indifféremment sur la répartition des particules dans l'espace ou sur les géodésiques.

4. Soit par exemple $g_{\mu\nu} = \delta_{\mu\nu} + (D_\mu u D_{\nu\mu} u)^* +$ conj., où u est le champ physique réel correspondant à la déformation. On peut toujours poser $u = \sqrt{k}\,\varphi$, où k est une constante universelle et la fonction φ est normée (k dépend de la constante de Planck). Soit ψ l'onde de probabilité, $\psi\psi^*$ étant la densité de probabilité, et posons $\varphi = a\, e^{(2\pi i/h)\theta}$ et $\psi = \rho\, e^{(2\pi i/h)\alpha}$. La vitesse de la particule est

$$\vec{v} = -\frac{1}{m}\,\mathrm{grad}\,\theta$$

Elle est nécessairement identique en tous points à la vitesse des éléments de probabilité et par conséquent $\theta = \alpha$. Dans ces conditions, ρ, racine carrée de la densité de probabilité obéit à la même équation de continuité que a, amplitude du champ quantique, mais ψ obéit à l'équation déjà obtenue par M. L. de Broglie ([1])

$$\Delta\psi - \frac{8\pi^2 m}{h^2} F\psi = \frac{4\pi i m}{h}\frac{\partial\psi}{\partial t} + \left(\frac{\Delta a}{a} - \frac{\Delta\rho}{\rho}\right)\psi$$

qui n'est identique à l'équation de Schrödinger que si $(\Delta a/a) - (\Delta\rho/\rho) = 0$. Comme $D(a/\rho)/Dt = 0$ le long d'une ligne de courant, il suffit de réaliser cette condition dans l'état initial pour qu'elle se conserve ultérieurement.

5. Nous allons montrer que $a = \rho$ dans le cas général, si l'on suppose l'existence d'un état moyen (distribution moyenne) résultant de la préparation initiale des systèmes à l'aide d'appareils macroscopiques. Les particules

---

([4]) *Mémorial des Sciences Physiques*, n° 1, Gauthier-Villars, Paris, 1928.

et le champ φ sont soumis de la part du milieu extérieur à de faibles perturbations stochastiques sous l'influence desquelles le champ φ subit des fluctuations très petites; les fluctuations de la phase θ ne sont pas nécessairement très petites. Les particules voient leur mouvement troublé surtout dans les régions où l'amplitude du champ est très petite. Compte tenu de l'interaction entre le champ et la particule, considérés comme des systèmes de même nature à une infinité de degrés thermodynamiques de liberté, il semble raisonnable d'admettre comme hypothèse stochastique de base l'équipartition en moyenne de l'énergie entre champ et particule.

Or l'énergie de la particule est $\partial\theta/\partial t$, l'énergie du champ est $-T_{44}$. Nous avons donc : $\int \rho^2(\partial\theta/\partial t)\,d\omega =$ valeur moyenne de $(-T_{44})$ dans l'espace (cette valeur étant prise au sens usuel de la valeur moyenne, sans intervention de probabilités). Or, $-T_{44}$ s'exprime à l'aide de $\sqrt{k}\varphi$ (défini au paragraphe 4) et de l'opérateur H. Dans le calcul de la moyenne, calculée à l'approximation non relativiste, on trouve bien $\int \rho^2(\partial\theta/\partial t)\,d\omega = \int \varphi^*\, H\varphi\, d\omega$. Cette dernière intégrale peut s'écrire $\int \varphi^*(\partial\vartheta/\partial t)\varphi\, d\omega$. Admettant alors la possibilité théorique de diviser l'espace en cellules de dimensions quelconques, en choisissant de telle façon les conditions aux limites que le champ φ soit inaltéré en moyenne, les deux intégrales sont les mêmes pour tout volume, on trouve donc bien $\rho^2 = a^2$ comme conséquence de notre hypothèse.

6. La préparation initiale d'un système en vue de la mesure se présente donc de la façon suivante : les échanges d'énergie entre le champ et la particule conduisent à une répartition initiale des probabilités, qui se conserve au cours du temps, identique à la répartition de Schrödinger. ψ obéit alors à l'équation de Schrödinger et s'assimile à la solution continue (décrivant une statistique) de l'interprétation précitée (dite de la double solution) de M. de Broglie.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Résolution des équations de perturbation. 1. Les amplitudes.* Note de M. **Michel Fabre de la Ripelle**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous utiliserons les équations et développement suivants :

$$i\frac{\partial\psi}{\partial t} = (H_0 - H)\psi, \qquad H_0(\vec{r})\,\psi_m(r) = \nu_m^{(0)}\,\psi_m(r),$$

$$\psi(\vec{r}, t) = e^{-i\nu_0 t}\,\psi_0(\vec{r}) + \sum_m a_m(t)\,\psi_m(\vec{r}),$$

$$a_m(t) = \int_0^t g_m(\tau)\, e^{-i\nu_m(t-\tau)}\, d\tau \qquad (\nu_m = \nu_m^{(0)} + \nu_m^{(1)} + \nu_m^{(2)}).$$

Nous obtiendrons alors les équations de perturbation

$$i g_0(t) + \nu_0^{(2)}[e^{-i\nu_0 t} + a_0(t)] = -\sum_{m\neq 0} H_{0m}(t)\, a_m(t),$$

$$i g_n(t) + \nu_n^{(2)} a_n(t) = -\left[e^{-i\nu_0 t} H_{n0}(t) + \sum_{m\neq n} H_{nm}(t)\, a_m(t)\right],$$

avec

$$H_{nm}(t) = \int_{(\vec{r})} \psi_n^*(\vec{r})\, H(\vec{r}, t)\, \psi_m(\vec{r})\, d\vec{r},$$

$$\nu_n^{(1)} = -H_{nn}(t),$$

$H_{nm}(t)$ étant l'élément de matrice permettant le passage direct d'un état (m) à un état (n).

Nous étudierons ici uniquement le cas où l'hamiltonien de perturbation $H(\vec{r}, t)$ ne dépend pas explicitement du temps ($\partial H/\partial t = 0$); utilisant alors le calcul symbolique avec la correspondance $\gamma_m(s) \subset g_m(t)$ nous obtiendrons

$$\gamma_0(s) - \frac{\nu_0^{(2)}}{\nu_0 - is}[1 + \gamma_0(s)] = \sum_{m\neq 0} \frac{H_{0m}}{\nu_m - is}\gamma_m(s),$$

$$\left(1 - \frac{\nu_n^{(2)}}{\nu_n - is}\right)\gamma_n(s) = \frac{H_{n0}}{\nu_0 - is} + \sum_{m\neq n} \frac{H_{nm}}{\nu_m - is}\gamma_m(s).$$

Pour résoudre ce système d'équations, nous considérerons successivement les quantités $a_{01}(m_1;\, t)$, $a_{02}(m_2;\, t)$, ..., $a_{0p}(m_p;\, t)$, ..., représentant les amplitudes de probabilité des états m_1, m_2, ..., m_p après passage par 0, 1, ..., $p-1$, ... états intermédiaires.

Les paramètres indépendants m caractérisant les états, se composant de l'énergie ν, et d'un certain nombre d'autres paramètres q. Les images

$$\gamma_{00}(m_0;\, s) \subset g_{00}(m_0;\, t), \quad \gamma_{01}(m_1;\, s) \subset g_{01}(m_1;\, t), \quad \ldots, \quad \gamma_{0p}(m_p;\, s) \subset g_{0p}(m_p;\, t),$$

devront alors satisfaire au système d'équations :

$$\gamma_{00}(m_0;\, s) - \frac{\nu_0^{(2)}}{\nu_0 - is}[1 + \gamma_{00}(m_0;\, s)] = \sum_{1\neq m_0} \frac{H_{10}(m_1,\, m_0)}{\nu_1 - is}\gamma_{01}(m_1;\, s),$$

$$\left[1 - \frac{\nu_1^{(2)}}{\nu_1 - is}\right]\gamma_{01}(m_1;\, s) = \frac{H_{01}(m_0,\, m_1)}{\nu_0 - is}[1 + \gamma_{00}(m_0;\, s)] + \sum_{2\neq m_1} \frac{H_{21}(m_2,\, m_1)}{\nu_2 - is}\gamma_{02}(m_2;\, s),$$

$$\left[1 - \frac{\nu_2^{(2)}}{\nu_2 - is}\right]\gamma_{02}(m_2;\, s) = \sum_{1\neq m_2} \frac{H_{12}(m_1,\, m_2)}{\nu_1 - is}\gamma_{01}(m_1;\, s) + \sum_{3\neq m_2} \frac{H_{32}(m_3,\, m_2)}{\nu_3 - is}\gamma_{03}(m_3;\, s),$$

....

$$\left[1-\frac{\nu_p^{(2)}}{\nu_p-is}\right]\gamma_{0p}(m_p;\,s)=\sum_{p-1\neq m_p}\frac{\mathrm{H}_{p-1p}(m_{p-1},\,m_p)}{\nu_{p-1}-is}\gamma_{0p-1}(m_{p-1};\,s)$$
$$+\sum_{p+1\neq m_p}\frac{\mathrm{H}_{p+1p}(m_{p+1},\,m_p)}{\nu_{p+1}-is}\gamma_{0p+1}(m_{p+1};\,s),$$

....

où $\sum\limits_{p\neq m_{p-1}}$ désigne une somme sur tous les états m_p différents de l'état m_{p-1} ; et où

$$\mathrm{H}_{p-1\,p}(m_{p-1},\,m_p)=\int_{(r)}\psi^*_{m_p}(\vec{r})\,\mathrm{H}(\vec{r})\,\psi_{m_{p-1}}(\vec{r})\,d\vec{r},$$
$$\mathrm{H}_{p\,p-1}(m_p,\,m_{p-1})=\int_{(\vec{r})}\psi^*_{m_{p-1}}(\vec{r})\,\mathrm{H}(\vec{r})\,\psi_{m_p}(\vec{r})\,d\vec{r}.$$

Les $\mathrm{H}_{p-1\,p}$ (indices croissants) seront responsables de la croissance des états m_p à partir des états m_{p-1}, tandis que les $\mathrm{H}_{p+1\,p}$ (indices décroissants) seront responsables de la décroissance des états m_p vers les états m_{p+1}. On obtiendra la solution en posant

$$\gamma_{0p}(m_p;\,s)=\frac{\nu_p-is}{\nu_p-i[s+\omega_p(m_p;\,s)]}\sum_{p-1\neq m_p}\frac{\mathcal{H}_{p-1p}(m_{p-1},\,m_p;\,s)}{\nu_{p-1}-is}\gamma_{0p-1}(m_{p-1};\,s),$$
$$\gamma_{01}(m_1;\,s)=\frac{\nu_1-is}{\nu_1-i[s+\omega_1(m_1;\,s)]}\,\frac{\mathcal{H}_{01}(m_0,\,m_1;\,s)}{\nu_0-is}[1+\gamma_{00}(m_0;\,s)],$$

ce qui nous conduira à prendre

$$\nu_p^{(2)}(m_p;\,s)=-\mathcal{R}\left\{\sum_{p+1\neq m_p}\frac{\mathcal{H}_{pp+1}(m_p,\,m_{p+1};\,s)\,\mathrm{H}_{p+1p}(m_{p+1},\,m_p)}{\nu_{p+1}-i[s+\omega_{p+1}(m_{p+1};\,s)]}\right\},$$
$$\omega_p(m_p;\,s)=\mathcal{I}\left\{\sum_{p+1\neq m_p}\frac{\mathcal{H}_{pp+1}(m_p,\,m_{p+1};\,s)\,\mathrm{H}_{p+1p}(m_{p+1},\,m_p)}{\nu_{p+1}-i[s+\omega_{p+1}(m_{p+1};\,s)]}\right\};$$

où $\mathcal{H}_{p-1\,p}(m_{p-1},\,m_p;\,s)$ sera solution de

$$\begin{aligned}&\mathcal{H}_{p-1p}(m_{p-1},\,m_p;\,s)\\&\quad=\mathrm{H}_{p-1p}(m_{p-1},\,m_p)\\&\qquad+\sum_{p+1\neq\left\{\substack{m_p\\ m_{p'}}\right.}\ \sum_{p'\neq\left\{\substack{m_{p+1}\\ m_p\\ m_{p-1}}\right.}\frac{\mathrm{H}_{p+1p}(m_{p+1},\,m_p)\,\mathcal{H}_{p'p+1}(m_{p'},\,m_{p+1};\,s)\,\mathcal{H}_{p-1p'}(m_{p-1},\,m_{p'};\,s)}{\{\nu_{p+1}-i[s+\omega_{p+1}(m_{p+1};\,s)]\}\{\nu_{p'}-i[s+\omega_{p'}(m_{p'};\,s)]\}}\end{aligned}$$

on montre alors que l'on aura

$$\gamma_{00}(m_0;\,s)=\frac{i\omega_0(m_0;\,s)}{\nu_0-i[s+\omega_0(m_0;\,s)]},$$

ce qui nous permet la détermination des $\gamma_{0p}(m_p;\,s)$ par récurrence.

MAGNÉTISME. — *Étude de la constante de traînage dans tout le domaine d'hystérésis*. Note (*) de M. **Jean-Claude Barbier**, présentée par M. Gustave Ribaud.

L'étude *dans les champs faibles* ([1]), ([2]), ([3]), du traînage irréversible ou traînage de fluctuations thermiques permet de le caractériser par une constante S_ν donnée approximativement par

$$S_\nu = \frac{\Delta J}{c(\log t_1 - \log t_2)},$$

où ΔJ représente la variation de l'aimantation entre deux instants t_1 et t_2 postérieurs au processus de variation du champ magnétique appliqué et c la *susceptibilité différentielle irréversible* au point où l'on étudie le traînage : c dépend non seulement des coordonnées mais aussi de la manière selon laquelle le point a été atteint.

Nous avons poursuivi l'étude du traînage en d'autres points du domaine d'hystérésis. En chaque point nous avons mesuré c et la variation d'aimantation en fonction du temps et nous en avons déduit S_ν.

Sur un même alnico ($H_c = 500$) nous avons effectué par exemple les séries de mesures suivantes :

1° Traînage au point B d'aimantation rémanente dans le domaine de Rayleigh (parcours OAB). Lorsque H varie de 20 Oe à 100 Oe, c varie de 0,004 à 0,02, mais S_ν reste égal à 1,65 Oe.

2° Traînage au même point B obtenu par un processus différent (parcours OA'B'D'B). En faisant varier H et par suite H'' pour revenir au même point B, on fait varier c. Les résultats ont été les suivants :

c	0,055	0,10	0,13	0,19
S_ν	1,60	1,60	1,75	1,80

On constate que S_ν augmente légèrement avec c.

3° Traînage dans le champ — H', au point C' d'aimantation voisine de zéro, après le parcours OA'B'C'. Les résultats sont rasssemblés dans le tableau ci-dessous :

c	0,05	0,08	0,095	0,12	0,15	0,16	0,25	0,36	0,55
S_ν	1,70	1,60	1,60	1,65	1,70	1,75	1,60	1,60	1,55

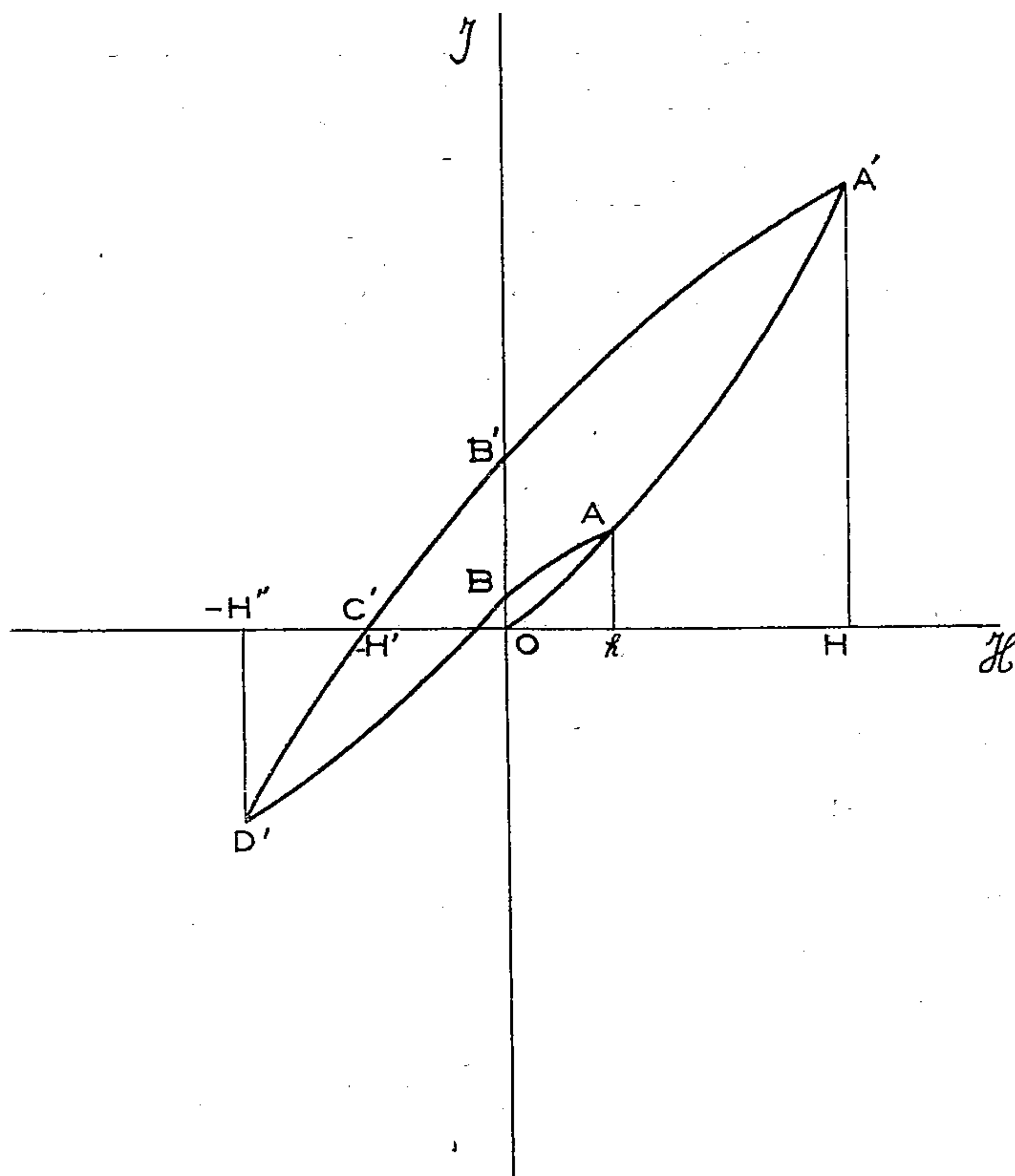
(*) Séance du 7 janvier 1952.

([1]) L. Néel, *J. Phys. Rad.*, **11**, 1950, p. 49.

([2]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1040.

([3]) L. Néel, *J. Phys. Rad.*, **12**, 1951, p. 191.

Les valeurs de S_v s'écartent peu de la valeur moyenne 1,65. Les mesures sont délicates car il est difficile de conserver un champ rigoureusement constant pendant l'étude du traînage et de mesurer c avec précision à cause de l'existence même du traînage. Les écarts entre les valeurs de S_v trouvées peuvent être attribués aux erreurs possibles des mesures.



Sur des échantillons d'œrstite (Oe 400, Oe 120), prêtés par K. Kronenberg, nous avons pu comparer les valeurs de S_v obtenues pour des aimantations très différentes. Cet auteur a trouvé (⁴) que l'aimantation rémanente *après saturation* diminuait proportionnellement à log*t* dans un intervalle de temps allant de quelques minutes à un an environ.

De ses résultats, après avoir mesuré c, nous avons déduit S_v. Sur les mêmes échantillons, nous avons aussi déterminé S_v dans le domaine de Rayleigh, pour des aimantations rémanentes mille fois plus faibles et des valeurs de c de 20 à 40 fois plus faibles. S_v variait de 20 à 30 % environ.

Ainsi pour une substance donnée, S_v reste sensiblement constant quelles que soient les variations d'aimantation, de champ et de susceptibilité

(⁴) Résultats inédits.

différentielle irréversible. Ces résultats sont en accord avec la théorie du traînage irréversible développée par L. Néel. Leur simplicité est en faveur de l'hypothèse fondamentale qui en est à la base : l'existence d'un *champ magnétique interne* fluctuant, s'ajoutant au champ appliqué, ou champ de traînage irréversible, d'amplitude égale à $S_v \log t$.

Selon L. Néel, ce champ serait proportionnel à la racine carrée du volume des discontinuités Barkhausen. Les résultats obtenus ici semblent montrer que pour les substances étudiées, *magnétiquement dures*, le volume de ces discontinuités varie peu, de 40 à 60 %, dans tout le domaine du cycle d'hystérésis.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Sur certaines méthodes de détermination du champ sur l'axe en optique électronique.* Note de M. **François Bertein**, présentée par M. Louis de Broglie.

La détermination des trajectoires électroniques dans les champs électriques ou magnétiques statiques (lentilles de révolution, etc.) nécessite une connaissance suffisamment approchée de la loi de potentiel $\varphi(x, y, z)$ sur l'axe Oz, soit $\varphi(O, z)$. Il revient au même de connaître un nombre limite de paramètres définissant la structure de $\varphi(O, z)$, par exemple les premiers coefficients de son développement en série de fonctions orthogonales : fonctions trigonométriques, polynomes de Legendre. Ce dernier cas sera pris pour fixer les idées, les coefficients du développement correspondant de $\varphi(O; z)$ se ramènent alors aux intégrales

$$(1) \qquad V_{K0} = \int_a^b z^K \varphi(O, z)\, dz \qquad \text{(K entier)}$$

prises sur l'intervalle (a, b) du champ considéré, c'est-à-dire le cas échéant $(-\infty, +\infty)$. Les expressions (1) s'obtiennent aisément pour les lentilles électrostatiques usuelles constituées par un certain nombre d'électrodes perforées A_i, minces et parallèles (exemple : lentilles de microscope, sources d'ions); on peut faire appel dans ce but à un *procédé de superposition* suivant lequel la loi de potentiel φ est égale à une combinaison linéaire des lois partielles φ_i propres à chaque électrode A_i *supposée seule*. Il est facile de voir que cette propriété utilisée par Regenstreif dans une lentille de révolution [1] se fonde sur l'observation suivante : étant donnée la loi φ_1 crée par A_1, chacune des autres électrodes se trouve située sensiblement sur une surface équipotentielle de φ_1 ; de même en ce qui concerne φ_2....

Il en résulte que la propriété de superposition est valable moyennant des conditions assez larges (distances entre les plaques au moins égales, en principe, aux petites dimensions des ouvertures correspondantes). Elle s'applique-

(1) *Annales de Radioélectricité*, 6, 1951, p. 51.

rait à des systèmes d'électrodes minces mais non planes : cylindriques coaxiales par exemple. Nous en déduirons ici une expression très simple du potentiel cherché $\varphi(O, z)$; $\varphi_i(O, z)$ désignera la loi partielle de A_i créant un champ unité de part et d'autre de cette électrode, soit :

$$(2) \qquad \varphi_i(O, z) = -\frac{2(z-z_i)}{\pi} \operatorname{arc\,tg} \frac{z-z_i}{c_i}, \qquad -\sqrt{c_i^2 + (z-z_i)^2}$$

dans les cas respectifs de l'ouverture circulaire et de la fente à bords parallèles (z_i = abscisse de A_i; c_i = rayon ou demi-largeur d'ouverture). Si la distribution $\varphi(O, z)$ fournit les valeurs $E_1, E_2 \ldots E_{n-1}$ aux champs des divers intervalles des n électrodes (mesurés loin des ouvertures), les champs extrêmes étant nuls, on peut montrer que :

$$(3) \qquad \varphi(O, z) = \sum_i \frac{E_i - E_{i-1}}{2} \varphi_i(O, z) \qquad (E_0 = E_n = O).$$

D'où les valeurs de V_{K0} à l'aide de quadratures classiques.

On ramènera au précédent, le cas de lentilles d'immersion formées à partir d'une cathode C émissive plane en $z = O$; il suffit à cet effet de faire intervenir au lieu de C les images électriques des électrodes par rapport à son plan $z = O$; une Note ultérieure montrera dans ces conditions l'intérêt des V_K pour des valeurs demi-entières de K, expressions encore calculables.

Considérons encore le cas de lentilles électriques ou magnétiques constituées par des surfaces cylindriques équipotentielles tracées sur un même cylindre Γ de génératrices parallèles à Oz (les champs extrêmes étant nuls : lentille à deux cylindres) ([2]). Nous envisagerons tout d'abord la fonction $V_K(x, y)$ définie par l'intégrale (1) appliquée maintenant à $\varphi(xyz)$, de sorte que $V_{K0} = V_K(0, 0)$ On établit aisément la loi de récurrence

$$(4) \qquad \begin{cases} \Delta V_K = -K(K-1)V_{K-2} + q_K, \\ q_K = K[b^{K-1}\varphi(b) - a^{K-1}\varphi(a)] \end{cases}$$

(Δ : laplacien à deux variables xy).

La première de ces équations : $\Delta V_0 = 0$ a servi de base à l'étude des lentilles faibles ([3]).

Dans le cas de symétrie de révolution par exemple, nous pourrons alors calculer les divers $V_K(r)$ de proche en proche (r coordonnée radiale) :

$$(5) \qquad \begin{cases} V_0(r) = V_{00}, \qquad V_1(r) = \frac{q_1}{4} r^2 + V_{10}, \\ V_2(r) = \frac{q_2 - 2V_{00}}{4} r^2 + V_{20}, \\ V_3(r) = -\frac{3}{32} q_1 r^4 + \frac{q_3 - 6V_{10}}{4} r^2 + V_{30}. \end{cases}$$

([2]) P. Grivet et M. Bernard, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 788.

([3]) *J. de Phys.*, **12**, 1951, p. 595; *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 491.

Une approximation due à Bertram ([4]) permet de déterminer les valeurs de ces fonctions sur le cylindre Γ des électrodes; les relations (5) achèvent par suite de les déterminer d'où résultent les valeurs des V_{K0} cherchées.

Une précédente publication ([5]) envisage enfin les expressions (1) pour des potentiels créés par des défauts de lentilles.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Effet du bruit de fond sur la fréquence des auto-oscillateurs à lampes. Précision ultime des horloges radioélectriques.* Note de M. **Augustin Blaquière**, présentée par M. Louis de Broglie.

On étudie l'influence de l'effet Johnson et de l'effet Schottky sur l'oscillation propre d'un auto-oscillateur à lampe, stabilisé en amplitude. L'action d'une impulsion élémentaire est décrite en tenant compte de la non-linéarité des équations. On en déduit la forme de l'oscillation obtenue et les fluctuations de la fréquence du signal.

1. *Principe de l'étude.* — Un auto-oscillateur stabilisé en amplitude ne suit jamais une loi rigoureusement sinusoïdale. L'effet de la courbure des caractéristiques mène en première approximation à représenter son spectre de puissance par une succession de raies. A chacune des raies, représentant les harmoniques, se superpose un spectre continu dû à des perturbations aléatoires de natures diverses qui prennent naissance en certaines régions du système. Les sources de fluctuations envisagées ici seront : l'effet de grenaille de la lampe oscillatrice et la résistance ohmique du circuit L, C, r. Nous limiterons notre étude au spectre continu qui se superpose au fondamental.

L'oscillateur pris comme exemple renferme une seule lampe, avec C. O. branché entre grille et cathode. Les méthodes de calcul classiques permettent d'établir aisément la relation qui lie la f. é. m. E de bruit due à la résistance-série r du C. O., la f. é. m. E_L équivalente au bruit de la lampe, et le potentiel de grille V. La caractéristique de la lampe étant représentée, au voisinage du point de repos choisi par le développement

$$i_p = SV + aV^2 + bV^3$$

(i_p, courant de plaque; S, pente de la lampe; a, b, coefficients caractéristiques de sa courbure), on trouve

$$LC\frac{d^2}{dt^2}(V-E_L) + (rC + MS)\frac{d}{dt}(V-E_L) + (V-E_L) + Ma\frac{d}{dt}(V-E_L)^2 + Mb\frac{d}{dt}(V-E_L)^3$$
$$= -\frac{d}{dt}(MSE_L + 2MaVE_L + 3MbV^2E_L) + E.$$

([4]) *Proc. Inst. Radio Engrs*, 28, 1940, p. 418.
([5]) *J. Phys.*, 9, 1948, p. 104.

Une étude de cette équation générale nous a montré que le bruit de la lampe peut être négligé à côté de celui du C. O. Nous allégerons donc la suite du calcul en posant $E_L = 0$.

2. *Méthode de calcul.* — Nous examinerons le cas où $E(t)$ est une impulsion au temps t_j, produite par un choc électronique, et nous sommerons ensuite sur les t_j pour exprimer l'effet statistique du bruit. Suivant une méthode commode, préconisée en particulier par Rice, nous rechercherons une solution de l'équation précédente (simplifiée en faisant $E_L = 0$) de la forme

$$V = V_0 + V_1 + V_2 = A_0 \sin\omega_0 t + X(t)\sin\omega_0 t + Y(t)\cos\omega_0 t,$$

V_0 étant le signal idéal non perturbé ($V_0 = A_0 \sin\omega_0 t$), V_1 et V_2, deux oscillations en quadrature modulées par des fonctions $X(t)$ et $Y(t)$ que nous supposerons lentement variables. Cette dernière hypothèse est légitime car le spectre cherché a une faible largeur. Dans ces conditions, l'équation de départ est équivalente (si l'on ne tient pas compte des termes de pulsations $2\omega_0$, $3\omega_0$, ...) au système

$$\omega_0^2 V_0 - 2\varepsilon\omega_0(1 - \beta V_0^2)V'_0 + V''_0 = 0,$$

$$V''_1 + 4\varepsilon\omega_0\left[1 + \beta V_0(V_1 + V_2) + \frac{\beta}{2}(V_1 + V_2)^2\right]V'_1 + [\omega_0^2 + 2\varepsilon\omega_0\beta V'_0(V_1 + V_2)]V_1$$
$$+ V''_2 + 4\varepsilon\omega_0\left[\beta V_0(V_1 + V_2) + \frac{\beta}{2}(V_1 + V_2)^2\right]V'_2 + [\omega_0^2 + 2\varepsilon\omega_0\beta V'_0(V_1 + V_2)]V_2 = \omega_0^2 E(t).$$

3. *Fluctuations de la fréquence.* — Nous pouvons décomposer le choc $E(t)$ suivant la même méthode en deux parties E_1 et E_2, la première en phase avec le signal, la deuxième en quadrature; moyennant quoi, la deuxième équation est équivalente au système :

$$\left.\begin{array}{l} V''_1 + 4\varepsilon\omega_0 V'_1 + \omega_0^2 V_1 = \omega_0^2 E_2(t) \\ V''_1 + \omega_0^2 V_2 = \omega_0^2 E_1(t) \end{array}\right\} \text{approximation du premier ordre pour un bruit faible.}$$

La partie V_1, qui se superpose au signal, en phase avec lui, traduit la modulation de l'amplitude apportée à ce dernier par la partie E_2 du choc. La partie V_2, en quadrature et de faible amplitude, permet de calculer le déphasage produit par la petite perturbation $E_1(t)$. L'équation en V_2 nous montre que le système garde indéfiniment la mémoire de chaque déphasage élémentaire.

Ces déphasages, tantôt positifs, tantôt négatifs, ont une espérance mathématique nulle. Leur moyenne quadratique croît proportionnellement au temps. La méthode suivie permet le calcul de la moyenne quadratique du déphasage au bout du temps τ, on trouve

$$\overline{\Delta\Phi^2} = \frac{kTr\omega_0^2\tau}{A_0^2}$$

(k, constante de Boltzmann; T, température absolue de la résistance r). Il

est facile d'en déduire le carré moyen $\overline{\Delta\tau^2}$ de l'erreur commise sur la mesure de τ si l'on utilise l'oscillateur précédent comme horloge radioélectrique :

$$\sqrt{\overline{\Delta\tau^2}} = \frac{\sqrt{kTr\tau}}{A_0}.$$

Le quartz utilisé dans un oscillateur de Pierce ayant les constantes suivantes : $r = 184\,\Omega$ dans le vide, $C = 0{,}0475\,\mu f$, $L = 175{,}5\,h$, $f = 5.10^4$ Hz, on trouve pour erreur commise sur la mesure d'un jour sidéral :

$$\sqrt{\overline{\Delta\tau^2}} = 1{,}43.10^{-7}\,s.$$

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Application des phénomènes de résonance à la réalisation d'un fréquencemètre à haute sensibilité.* Note (*) de MM. **Jean Lagasse** et **Robert Lacoste**, transmise par M. Charles Camichel.

Les auteurs exposent le principe de la réalisation d'un fréquencemètre basé sur un phénomène de résonance électrique.

La connaissance précise de la fréquence d'une tension alternative constitue un problème de première importance dans un grand nombre d'études de Laboratoire, soit que l'on ait besoin d'une valeur instantanée, soit au contraire qu'il faille suivre ses variations par enregistrement pendant un temps donné.

C'est sous cette dernière forme que la question se pose aux services de transport d'énergie électrique qui doivent être à même de remédier rapidement à une baisse ou une hausse de fréquence du réseau général, suivant l'amplitude des charges qui lui sont imposées, et il est intéressant de souligner l'importance que présente, pour le service des mouvements d'énergie, la connaissance de la valeur précise de la fréquence.

Nous avons essayé de résoudre le problème de façon aussi complète que possible en construisant un fréquencemètre satisfaisant aux conditions de précision, de fidélité et de rapidité de réponse, susceptible d'en recommander l'emploi, aussi bien sous la forme d'enregistreur que d'appareil à lecture directe.

L'appareil, dans sa réalisation définitive se présente sous la forme suivante :

Un moteur synchrone triphasé, dont le rotor de construction spéciale permet d'assurer une mise en route facile, d'atteindre rapidement la vitesse de synchronisme et de s'y maintenir, entraîne un alternateur 400 Hz dont le circuit inducteur est constitué par des pôles à aimants permanents.

(*) Séance du 14 janvier 1952.

Le circuit de l'induit de cette dernière machine débite sur un circuit résonnant, constitué par une self et un condensateur, circuit accordé sur une fréquence voisine de la fréquence nominale de l'alternateur (*fig.* 1).

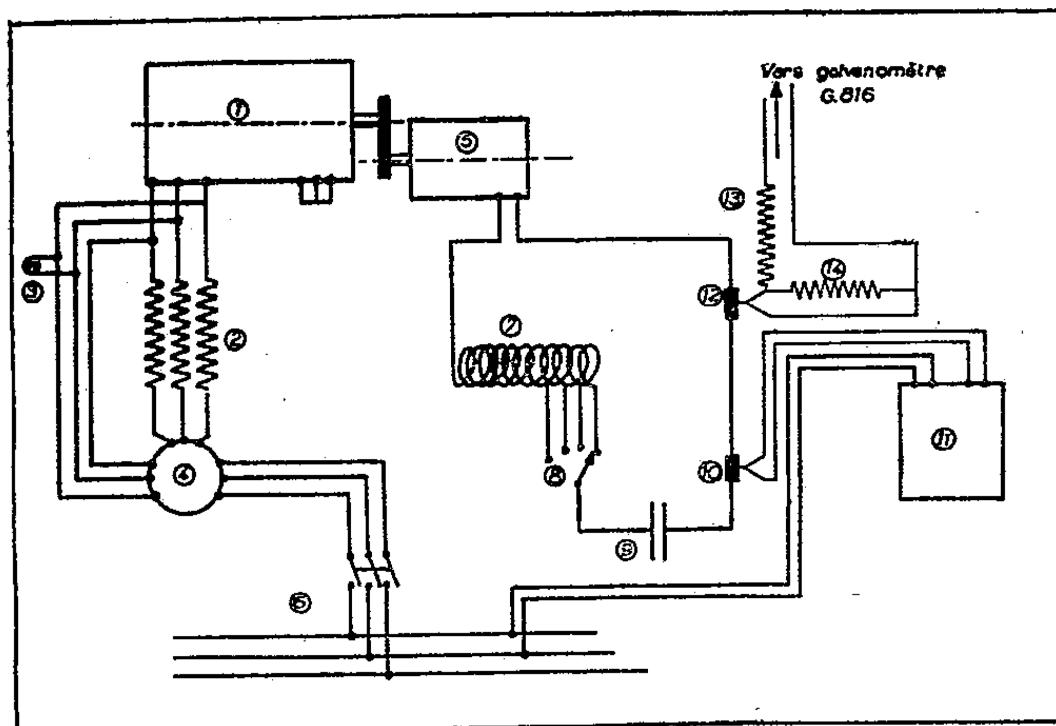


Fig. 1.

Le courant I mesuré dans le circuit ci-dessus, par l'intermédiaire d'un appareil à thermo-couple, varie en fonction de la fréquence de l'alternateur et ainsi de la fréquence du réseau. Sur une partie importante de l'étendue de la graduation, la loi de cette dernière est pratiquement linéaire. L'appareil enregistreur à thermo-couple peut donc être gradué directement en hertz, après étalonnage préalable.

L'appareil que nous avons réalisé possède quatre sensibilités étalées de 46 à 51 Hz.

La figure 2 représente l'échelle de l'appareil pour les quatre sensibilités.

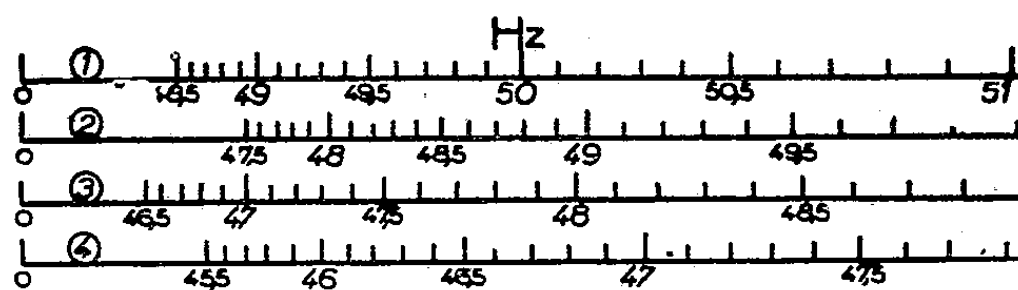


Fig. 2. — Échelle du fréquencemètre à quatre sensibilités (l'échelle réelle est une fois et demie plus étendue).

Considéré sous sa forme actuelle, cet appareil permet d'étaler 1 Hz sur un peu moins de 6 cm, équipé avec un second thermo-couple, alimentant un galvanomètre à enregistrement par cellule photoélectrique, la longueur d'échelle correspondante sera d'environ 15 cm pour 1 Hz.

OPTIQUE. — *Interféromètre par double réfraction en lumière blanche et sans dédoublement pour la microscopie.* Note (*) de M. **Maurice Françon**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons indiqué une nouvelle méthode d'observation des objets transparents. L'objet, éclairé en faisceau parallèle, est observé à travers un polariscope de Savart. Celui-ci comme nous l'avons montré, peut être placé avant l'objectif du microscope ou dans l'oculaire. Dans les deux cas il y a dédoublement dû à la biréfringence du polariscope, de sorte que si l'objet est petit il interfère avec une autre région du champ d'observation dans laquelle il n'y a pas de détails. L'objet apparaît ainsi grâce à un fond cohérent pris à côté de l'objet lui-même et dans une région où il n'y a pas d'autres objets. Lorsque les objets sont larges, il y a recouvrement de parties différentes, ce qui complique l'interprétation sans changer la netteté des images. Nous avons alors proposé une méthode différentielle évitant ce dernier inconvénient mais donnant une précision moindre.

La présente Note ne change rien au principe précédemment donné, elle précise seulement un nouveau mode d'utilisation donnant dans certains cas de grands avantages.

Au lieu d'interposer le polariscope tout entier entre la préparation et l'objectif, plaçons une lame du polariscope sous la préparation et l'autre par dessus. L'objet est encore dédoublé en deux images, l'une ordinaire et l'autre extraordinaire. C'est la seule différence avec les montages indiqués dans la première Note où l'on avait une image ordinaire-extraordinaire et une image extraordinaire-ordinaire. Ces deux images étaient douées de deux astigmatisme égaux et de signes contraires. Maintenant nous avons une image ordinaire théoriquement parfaite et une image extraordinaire entachée d'astigmatisme. On observera évidemment l'image ordinaire en utilisant comme fond cohérent le fond de l'image extraordinaire. L'intérêt principal de ce nouveau procédé est le suivant :

A cause de la différence des indices, l'image ordinaire n'est plus dans le même plan que l'image extraordinaire. Dans le cas du quartz l'image extraordinaire est un peu plus près de l'objectif que l'autre. On a l'effet inverse avec du spath. Pour des lames d'épaisseur suffisante, la distance des images ordinaire et extraordinaire peut être assez grande pour que la mise au point étant faite sur l'une de ces images, l'autre disparaisse complètement. Prenons le cas d'un objectif d'ouverture numérique $n \sin u = 1$. La condition précédente est

(*) Séance du 7 janvier 1952.

([1]) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1176.

réalisée si la distance de l'image ordinaire à l'image extraordinaire est de l'ordre de 0,1 mm.

Soient n_0 et n_e les indices ordinaire et extraordinaire des lames du polariscope, e leur épaisseur. On est ainsi conduit à la valeur

$$e = 0,1 \frac{n_0 n_e}{n(n_e - n_0)},$$

soit $e = 1$ mm avec du spath et en opérant avec un liquide d'immersion $n = 1,52$. Il existe dans l'industrie des objectifs de grande ouverture numérique et de grande frontale comme l'objectif Koristka X 30, $n \sin u = 1,05$ de 3 mm de frontale qui convient parfaitement. Le quartz ne peut être employé car il donne des épaisseurs beaucoup trop grandes pour ce procédé.

Cette méthode a la même sensibilité que celle indiquée dans la Note citée plus haut sans que le dédoublement soit visible.

FLUORESCENCE. — *Sur la polarisation fondamentale de la luminescence des matières colorantes. Fluorescence et phosphorescence* α. Note de Mlle **Élisabeth Laffitte**, présentée par M. Jean Cabannes.

On a montré dans une précédente publication (1) l'intérêt de l'étude de la luminescence des matières colorantes en solution solide dans le plexiglass; en particulier, la mesure du taux de polarisation donne directement la polarisation fondamentale p_0.

Le montage décrit a été modifié en vue d'une élimination plus complète de la lumière diffusée.

On adopte l'orientation du polariscope de Savart qui donne des franges horizontales; on projette ces franges sur la fente verticale d'un spectrographe de grande ouverture ($f/2$). Les franges se détachent alors sur tout le spectre continu de luminescence; on sait que l'inclinaison du compensateur à pile de glaces qui provoque leur disparition est liée au taux de polarisation que l'on peut ainsi déterminer dans les différentes régions spectrales.

1° *Étude de la fluorescence.* — Dans les mesures précédentes (1), où l'on ne dispersait pas les radiations émises par l'échantillon, on avait utilisé comme source lumineuse la lampe à vapeur de mercure SP 500 à refroidissement par eau, dont le grand éclat permet des temps de pose de quelques secondes. Mais comme aux raies du mercure se superpose un fond continu très intense, malgré l'interposition d'écrans colorés sur les deux faisceaux, on pouvait craindre dans certains cas qu'une diffusion parasite polarisée d'intensité non négligeable, s'ajoute à la luminescence.

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 812.

Nous utilisons maintenant pour l'étude des fluorescences une lampe à vapeur de mercure HP 125, moins intense que la SP 500 (les temps de pose atteignent quelques minutes), mais dont le fond continu est tout à fait négligeable devant l'intensité des raies. Un écran placé sur le faisceau incident isole les radiations excitatrices; l'écran sur le faisceau diffusé devient inutile, car le spectrographe sépare la luminescence et la diffusion parasite de fréquences différentes; de même, la fluorescence bleu pâle du plexiglass excitée par les radiations ultraviolettes apparaît dans une région du spectre différente de la fluorescence de nos colorants.

Grâce au spectrographe, nous avons pu vérifier après d'autres auteurs (2) que le taux de polarisation ne variait pas dans les différentes régions d'un même spectre de fluorescence. Voici les valeurs de la polarisation fondamentale p_0 obtenues avec le nouveau montage : fluorescéine, 0,43; jaune d'acridine (3), 0,42; rhodamine B, 0,43; euchrysine, 0,43; trypaflavine, 0,43; acriflavine, 0,42; pinacyanol, 0,47.

Pour le pinacyanol, en adoptant la configuration électronique du modèle métallique, Nikitine (4) a pu calculer les moments de transition pour les différentes formes isomériques. Dans l'hypothèse de l'oscillateur spatial de Jablonski (5), unique pour l'absorption et l'émission, en attribuant aux trois oscillateurs composants des amplitudes égales aux moments de transition calculés par Nikitine pour l'isomère trans-trans, nous calculons une valeur de p_0 en bon accord avec la valeur expérimentale.

Le calcul de p_0 pour les autres colorants, à l'aide du modèle métallique, fera l'objet d'une prochaine publication.

2° *Étude de la phosphorescence à température ordinaire* (phosphorescence α). — On élimine la fluorescence et la diffusion, dont les émissions sont pratiquement instantanées, à l'aide du phosphoroscope constitué par deux disques identiques percés de secteurs équidistants, disposés, l'un sur le faisceau incident, l'autre sur le faisceau de luminescence et entraînés par deux moteurs synchrones.

Le flux incident, modulé au double de la fréquence du secteur, traverse le premier disque quand la lampe atteint son éclat maximum; il n'est donc que très faiblement diminué par la rotation de ce premier disque. La durée d'un éclair est 1/400 de seconde. Le décalage entre les disques étant de 1/200 de seconde, le spectrographe n'est éclairé que lorsque le faisceau

(2) P. PRINGSHEIM et S. J. WAWILOW, *Z. Phys.*, 37, 1926, p. 705.

(3) La valeur relative au jaune d'acridine diffère de celle publiée antérieurement (1) (0,46) et obtenue sans spectrographe. On peut expliquer ce résultat par l'importance relative de la diffusion et de la fluorescence.

(4) *J. Chim. phys.*, 47, 1950, p. 614.

(5) *Z. Phys.*, 96, 1935, p. 238 et *Act. phys. polonica*, 5, 1936, p. 271.

incident est obturé; on élimine ainsi sûrement toute fluorescence ou diffusion. On ne peut déceler que des phosphorescences dont la durée de vie est supérieure à 1/200 de seconde; les corps que nous avons étudiés satisfont à cette condition.

Le rendement de la phosphorescence α étant très faible par rapport à celui de la fluorescence [jusqu'à 10^9 fois moindre ([6])] il faut augmenter l'éclat de la source; nous avons pu reprendre la lampe SP 500, puisque, avec le phosphoroscope, on élimine complètement la diffusion parasite, raies et fond continu.

La bande de phosphorescence α, observée à température ordinaire, a même composition spectrale que la fluorescence. Théoriquement, on devrait aussi obtenir le même taux de polarisation ([6]). Comme Jablonski ([7]), nous trouvons des valeurs du taux de polarisation nettement inférieures à celles que nous avons données plus haut (0,43 en moyenne) pour la fluorescence : trypaflavine, 0,32; euchrysine, 0,32; acriflavine, 0,25.

Comme d'autres auteurs l'ont déjà signalé ([2]) et conformément aux prévisions théoriques, nous avons observé que dans les spectres de phosphorescence le taux de polarisation diminue légèrement (quelques centièmes) vers les grandes longueurs d'onde.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Multiplicateur d'électrons pour l'ultraviolet jusqu'à 1450 Å.* Note de M. **Vladimir Schwetzoff**, Mme **Simone Robin** et M. **Boris Vodar**, présentée par M. Eugène Darmois.

Dans une de nos précédentes Notes ([1]) nous donnions les caractéristiques d'un multiplicateur d'électrons destiné à l'ultraviolet lointain. Sa fenêtre, en silice fondue de qualité ordinaire de 1 mm d'épaisseur, limitait sa réponse vers 1700 Å, mais nous annoncions la mise au point de multiplicateurs munis de fenêtres plus transparentes, comme celles dont sont pourvues les cellules photoélectriques ayant fait l'objet de notre dernière publication ([2]).

Les seules données parvenues à notre connaissance sur des appareils conçus dans le même but et construits spécialement par la R. C. A. sur la demande du « Naval Research Laboratory » sont celles tout récemment publiées par Dunkelman et Lock ([3]). Nous croyons donc utile de publier les résultats que nous avons obtenus avec un appareil entièrement construit et sensibilisé par l'un de nous, car ses performances peuvent se comparer très favorablement

([6]) A. Jablonski, *Z. Phys.*, 94, 1935, p. 38.
([7]) *Act. phys. polonica*, 3, 1934, p. 421.

([1]) V. Schwetzoff et Mme S. Robin, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1759.
([2]) V. Schwetzoff et Mme S. Robin, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 316.
([3]) *J. Opt. Soc. Amer.*, 41, 1951, p. 802.

non seulement avec celles de ces nouveaux multiplicateurs R. C. A. à enveloppe de quartz (encore inconnus sur le marché français), mais aussi, sous certains rapports, avec les résultats obtenus par la méthode du dépôt fluorescent sur des multiplicateurs en verre de différentes origines ([4]), ([5]). En effet, les résultats acquis jusqu'ici ont montré que la photoémission directe était supérieure à la méthode des écrans fluorescents, dans la limite de transparence des fenêtres ([3]). Or, d'une part, notre fenêtre en forme de bulle mince soufflée dans du quartz de qualité « homosil » fait gagner une centaine d'angströms par rapport au quartz épais de la R. C. A. (coupure vers 1450 Å au lieu de 1550 Å) et d'autre part, la caractéristique spectrale de notre photocathode la rend moins sensible à l'effet nuisible de la lumière diffuse du monochromateur comparativement aux photocathodes Sb-Cs habituelles, ainsi que l'ont montré des mesures qui feront l'objet d'une publication ultérieure.

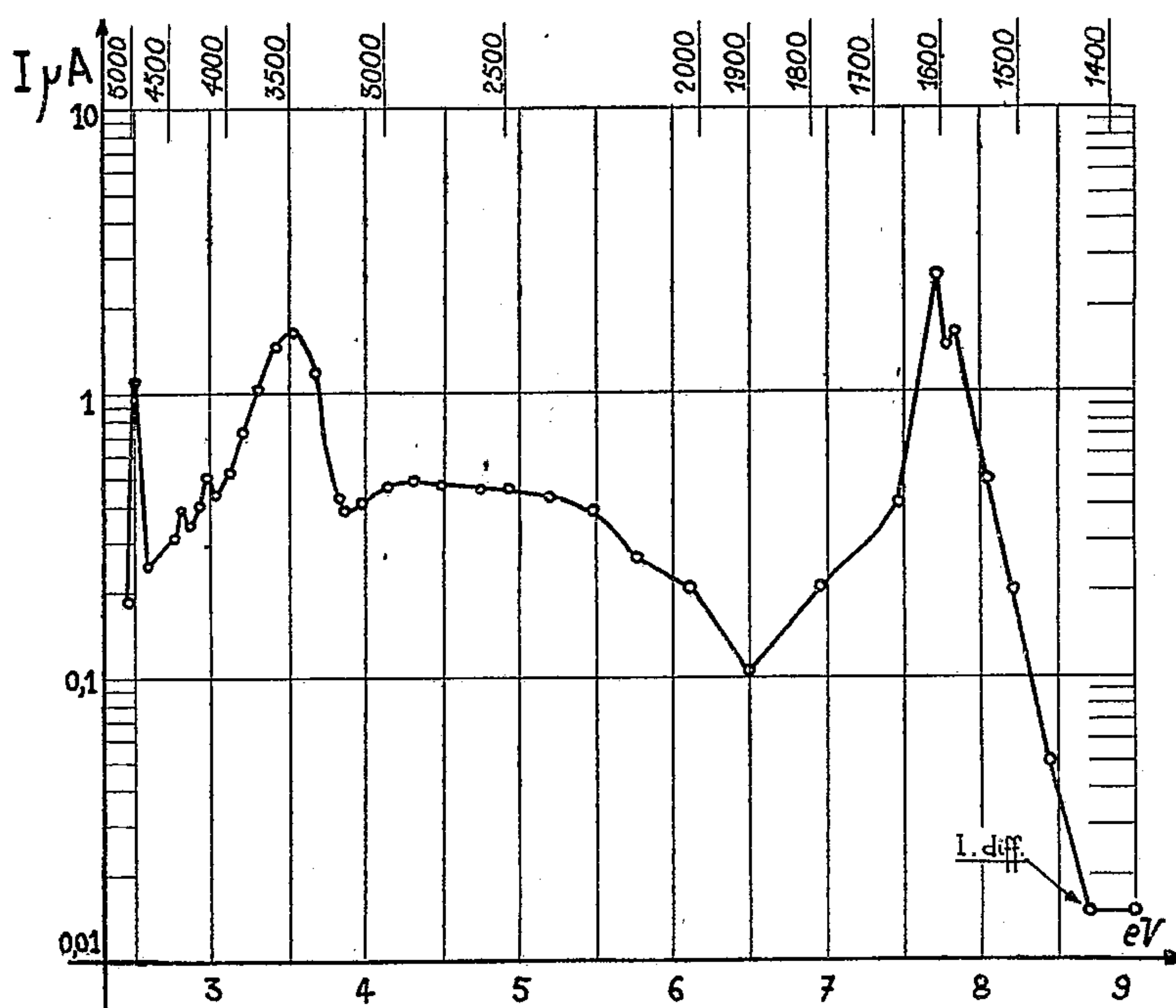
Cette photocathode ainsi que les 12 étages multiplicateurs, sont en argent oxydé sensibilisé au césium conformément à une technique mise au point à la suite d'une étude systématique, indépendamment de deux tentatives ([6]), ([7]) et d'une réussite ([8]) qui semblent être restées sans suite. Cette technique consiste essentiellement en un étuvage *prolongé* sur pompe, contrôlé photoélectriquement, qui a pour effet de réduire considérablement l'émission thermique, à tel point que le courant d'obscurité sous 2080 V (160 V : étage) n'est que de 5.10^{-8} A (alors que la multiplication est de l'ordre de 3.10^{6}) soit dans notre cas 10^{-14} A : cm² de cathode (la valeur généralement admise pour Ag—O—Cs est de 10^{-12} A : cm²). Sous 180 V : étage, la multiplication dépasse 5.10^{6} mais le courant d'obscurité est moins stable. [On connaît des multiplicateurs ayant un rapport signal (visible)/obscurité nettement meilleur ([9]), ([10]), mais leur grande sensibilité autour de 4000 Å les rend trop sensibles à la lumière diffuse, même avec une couche fluorescente épaisse.] La sensibilité au visible est de l'ordre de 24 μA : lm à la cathode (T. de couleur 2550° K) soit 72 A : lm à la sortie. Quant à la sensibilité de cette cathode à l'ultraviolet, le résultat important est que l'étuvage prolongé n'a pas d'effet nuisible, bien au contraire [*cf.* ([2])]. (La forme de la caractéristique spectrale de ce multiplicateur comparée à celles des cellules fait d'ailleurs penser qu'un étuvage plus poussé aurait accru la sensibilité à l'ultraviolet.)

La figure représente la courbe spectrale brute du multiplicateur répondant à une lampe à H_2(0,8 A) dans les mêmes conditions que les cellules de notre

([4]) Mme S. Robin et B. Vodar, *J. Phys.*, (5), 12, 1951, p. 634-635.
([5]) F. S. Johnson, K. Watanabe et R. Tousey, *J. Opt. Soc. Amer*,. 41, 1951, p. 702.
([6]) A. Dobrolubski, *Phys. Zeitsch. Sowjet.*, 10, 1936, p. 242.
([7]) Timofeew et Pianitzki, *Phys. Zeitsch. Sowjet.*, 10, 1936, p. 518.
([8]) P. Abadie, Mme A. Vassy et E. Vassy, *Ann. Géophys.*, (3), 1, 1945, p. 189.
([9]) A. Lallemand, *Le Vide*, 4, 1949, p. 618.
([10]) N. Schaetti et W. Baumgartner, *Le Vide*, 6, 1951, p. 1041.

précédente publication (largeur de bande : 10 Å) [2]. (Le courant d'obscurité a été compensé, mais la lumière diffuse donne un courant de $1,5.10^{-8}$ A.)

La valeur du courant photoélectrique I_d dû à la lumière diffusée dans le monochromateur par rapport au courant utile I_u dans la région de Schumann



(1608 Å) est une caractéristique essentielle de l'ensemble source-appareil dispersif-récepteur. Dans le cas présent $I_d/I_u = 0,01$ environ; d'après les courbes de Dunkelman et Lock, il semble qu'ils obtiennent une valeur du même ordre, mais des mesures faites par la méthode de la fluorescence indiquent que notre réseau est plus diffusant; la comparaison est donc en faveur de notre multiplicateur.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Tensions superficielles et rayons covalents.* Note (*) de M. **Jean-François Joliet**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Dans une Note précédente nous avons montré que les tensions superficielles γ_t des monohalogénures alcooliques normaux $C_nH_{2n+1}X$ pouvaient être calculées à partir de la relation

$$A - \gamma_t = (A - a_X)\,e^{-kn}, \qquad (1)$$

où la tension limite A, vers laquelle tend γ_t quand n croît, est indépendante

(*) Séance du 7 janvier 1952.

de l'halogène X et égale à la tension spécifique de CH_2 telle qu'on la déduit du parachor de ce groupement (32,5 dynes : cm à 30° C).

Une méthode différente de celle qui nous a conduit à cette relation mène à des conclusions identiques.

Si, pour une température donnée, on porte en abscisses les rayons covalents de Pauling des atomes d'halogènes X ([1]) et en ordonnées les tensions superficielles des monohalogénures normaux $C_nH_{2n+1}X$ *à même nombre d'atomes de carbone* ([2]), *on obtient une droite.*

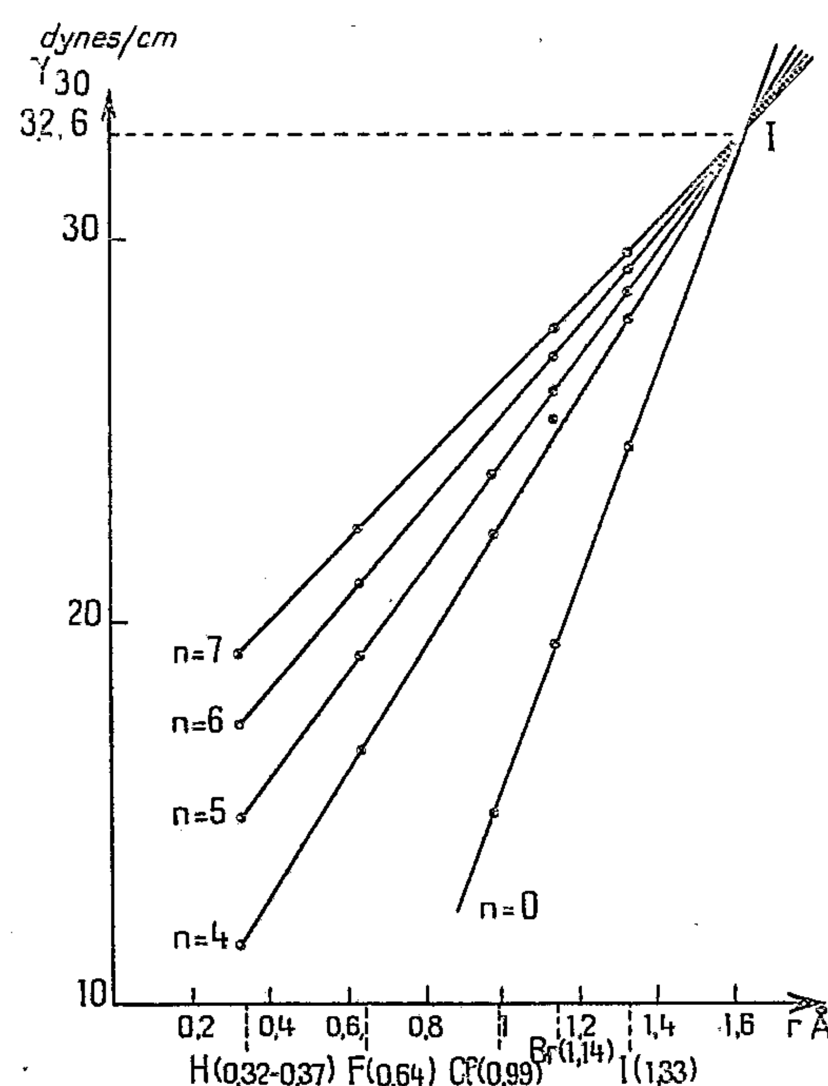


Fig. 1.

Si la relation (1) est exacte, c'est-à-dire si les courbes représentatives de γ_t tendent vers une limite commune A, on doit obtenir, pour différentes valeurs de n (4, 5, 6, 7, ...), une famille de droites concourantes dont l'ordonnée du point d'intersection doit être égale à A, c'est-à-dire à 32,5 dynes : cm, environ à 30° C.

Les figures 1 et 2 montrent qu'il en est ainsi.

Les droites précédentes ont pour coefficient augulaire :

$$x = \frac{A - \gamma_t}{\Delta r} \qquad (\Delta r = r_{CH_2} - r_X). \tag{2}$$

([1]) $r_H = 0{,}30\text{-}0{,}37$ Å; $r_F = 0{,}64$ Å; $r_{Cl} = 0{,}99$ Å; $r_{Br} = 1{,}14$ Å; $r_I = 1{,}33$ Å.

([2]) Même remarque que dans la Note précédente : n doit être $\geqq 4$.

On vérifie facilement que l'on a sensiblement

$$\alpha = \alpha_0 e^{-kn}, \tag{3}$$

où $k = 0,140$ et $\alpha_0 = 28,8$ à 30° C.

Des relations (1), (2) et (3), on tire

$$A - a_X = \alpha_0 (r_{CH_2} - r_X) \quad \text{ou} \quad \Delta\gamma = \alpha_0 \Delta r. \tag{4}$$

On sait d'autre part que l'on obtient des valeurs sensiblement égales aux

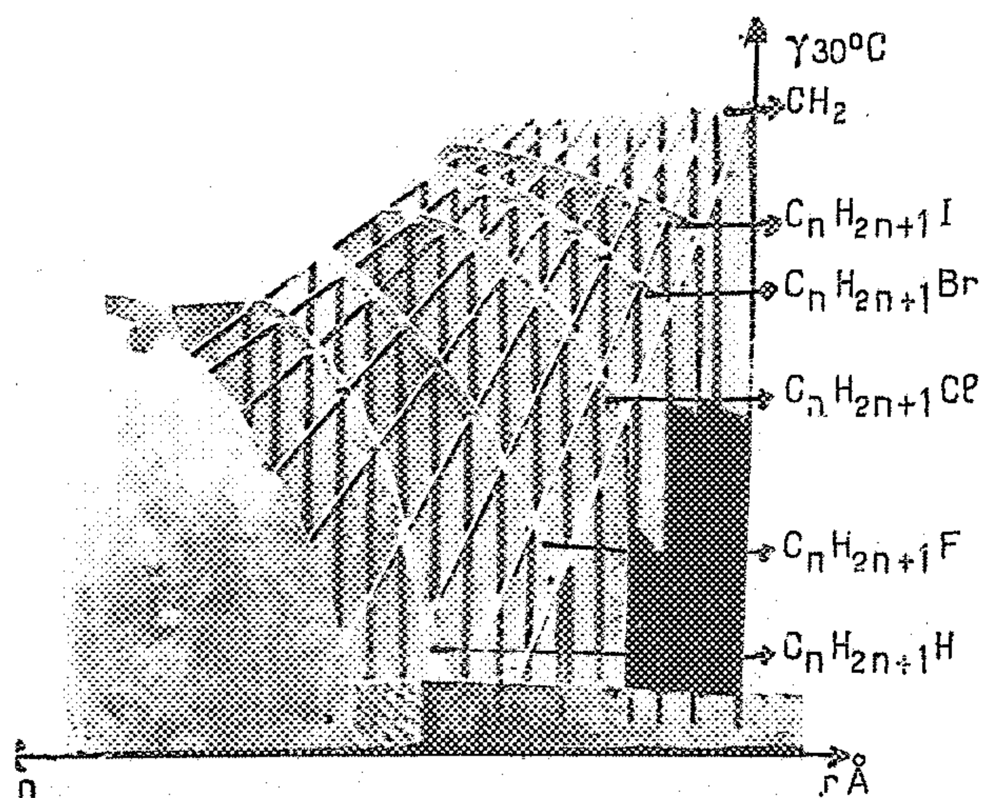


Fig. 2.

rayons de van der Waals des atomes, en augmentant les rayons covalents de Pauling, de 0,77 Å environ.

$$R_V = R_P + 0,77 \text{ Å}.$$

Donc, si l'on porte en ordonnées les tensions superficielles des composés $C_nH_{2n+1}X$ à même nombre d'atomes de carbone, en abscisses les rayons de van der Waals, on obtient une autre famille de droites dont l'ordonnée du point d'intersection est égale à celle du point de concours des droites représentées sur la figure 1, mais dont l'abscisse est augmentée de 0,77 Å. L'abscisse de P (*fig.* 1) étant comprise entre 1,55 et 1,60 Å, on trouve, pour CH_2 un rayon de van der Waals compris entre 2,32 et 2,37 Å. Or, on sait que la diffraction des rayons X donne, pour rayon des molécules de paraffines liquides, des valeurs comprises entre 2,30 et 2,35 Å.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Pourcentage des différents constituants dans les solutions de cuivre et d'α-alanine. Courbes d'absorption des complexes formés.* Note (*) de M. **Jean Curchod**, présentée par M. Louis Hackspill.

Détermination en fonction du pH des pourcentages de Cu^{++} libre et de deux complexes dans les solutions d'α-alanine et de SO_4Cu. Obtention des courbes d'absorption des trois composés à partir des courbes expérimentales spectrophotométriques.

Dans une précédente Note [1] nous avons montré l'existence de deux complexes de l'α-alanine et du cuivre. Nous allons maintenant compléter cette étude en établissant en fonction du pH, dans les solutions de $SO_4Cu(a)$ dans $SO_4K_2(c)$ et d'α-alanine (a) dans $SO_4K_2(c)$, les pourcentages des trois constituants : Cu^{++} libre, complexe Cu(α-alanine) et complexe $Cu(\alpha\text{-alanine})_2$.

La méthode employée pour cette étude est la même que celle dont nous nous sommes servi pour l'étude de la β-alanine [2], c'est-à-dire celle des variations continues de P. Job [3].

Pourcentages des divers constituants. — Cu^{++} *libre*. — Les concentrations en ion Cu^{++} libre sont déterminées à partir de mesures de potentiels d'une électrode d'amalgame de cuivre, à force ionique constante.

Complexe $Cu(\alpha\text{-alanine})_2$. — Nous avons vu qu'à partir de $pH = 7,95$ les courbes d'absorption des mélanges α-alanine-SO_4Cu sont les mêmes quel que soit le pH. Nous pouvons donc en déduire la concentration de ce complexe. Il suffit pour cela de construire les courbes $z = [\Delta - \varepsilon_0(Cu^{++})]/\Delta_{lim}$ en fonction du pH, Δ représentant les densités optiques observées, ε_0 le coefficient d'extinction moléculaire du cuivre seul, (Cu^{++}) la concentration en cuivre libre pour le pH considéré et Δ_{lim} l'absorption limite vers laquelle tendent les courbes d'absorption à $pH > 7,95$.

Pour les longueurs d'onde comprises entre 5000 et 5600 Å, elles sont identiquement les mêmes; on peut donc admettre que la courbe $z = f(pH)$ à $\lambda = 5400$ Å correspond uniquement à l'absorption du deuxième complexe et elle permet de calculer les teneurs en $Cu(\alpha\text{-alanine})_2$.

Complexe Cu (*α-alanine*). — Les pourcentages de ce deuxième complexe sont obtenus par différence, si l'on suppose qu'il n'y a formation d'aucun autre complexe [4].

Les courbes de la figure 1 représentent donc pour les solutions correspondant

---

(*) Séance du 14 janvier 1952.

[1] *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 324.

[2] *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1662; 232, 1951, p. 2210.

[3] *Ann. Chim.*, (10), 9, 1928, p. 113; (11), 6, 1936, p. 97.

[4] Ce qui est vraisemblablement le cas dans les domaines de concentrations où nous opérons.

à $x = 0{,}3$ les variations des teneurs en Cu^{++} libre et en complexes en fonction du pH. On voit qu'à partir de pH = 6,0 il n'y a pratiquement plus de Cu^{++} libre et que les teneurs en Cu (α-alanine) passent par un maximum à pH = 5,25.

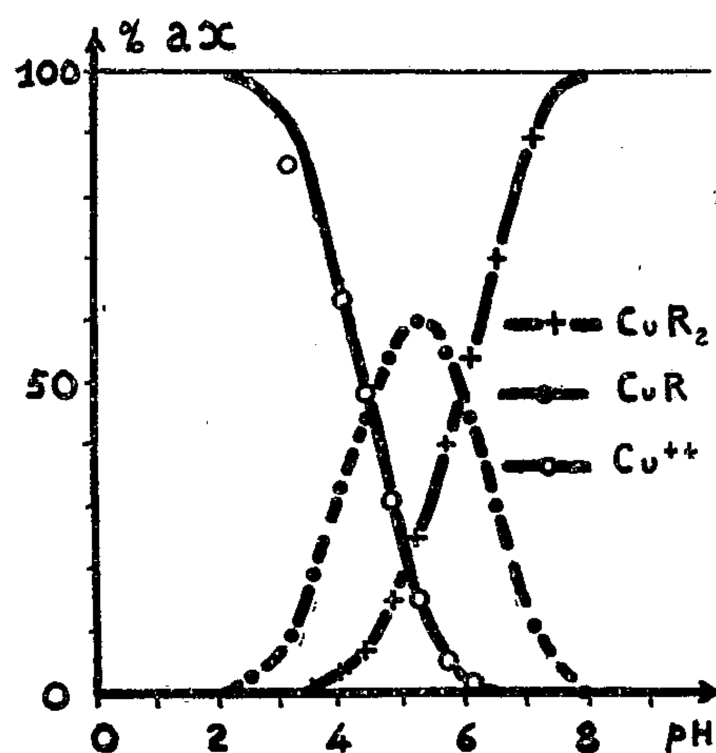


Fig. 1.

Courbes d'absorption. — *Densité optique du cuivre seul.* — Elle est déduite du mélange dans lequel il n'y a pas d'acide aminé ($x = 1{,}0$) et elle correspond aux valeurs connues.

Densité optique du complexe Cu (α-*alanine*)$_2$. — Elle est obtenue directement par les courbes expérimentales à pH = 7,95 puisqu'à partir de ce pH les solutions ne contiennent plus que ce deuxième complexe.

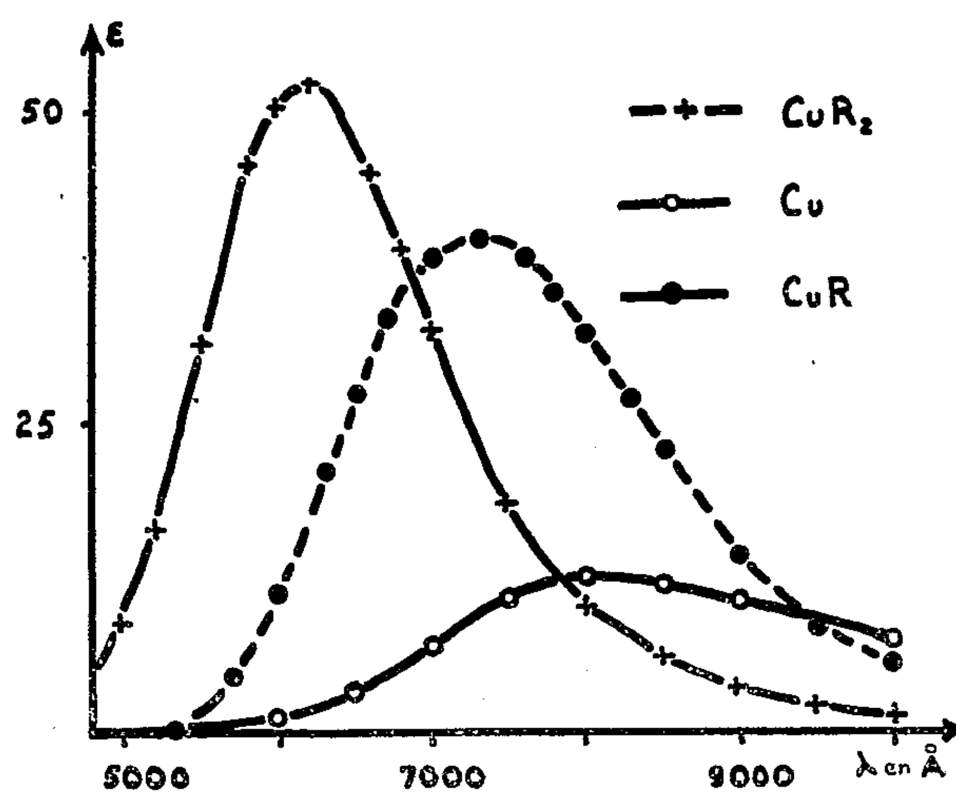


Fig. 2.

Densité optique du complexe Cu (α-*alanine*). — Nous la calculons à partir des courbes expérimentales à pH = 5,25, pH pour lequel les pourcentages en Cu (α-alanine) sont maxima.

On a

$$\Delta = \varepsilon_0[\mathrm{Cu}^{++}] + \varepsilon_1[\mathrm{Cu}(\alpha\text{-alanine})] + \varepsilon_2[\mathrm{Cu}(\alpha\text{-alanine})_2],$$

les quantités [ ] représentant les concentrations et ε_1, ε_2, ε_3, les coefficients d'extinction moléculaires des divers composés.

Cette relation nous permet de calculer ε_1 puisque nous connaissons tous les autres termes.

Les trois courbes d'absorption sont données par la figure 2.

Nous observons que plus n croît dans le complexe Cu (α-alanine)$_n$, plus le maximum de ces courbes est déplacé vers le bleu et la longueur d'onde du maximum d'absorption ($\lambda = 6200$ Å) pour le complexe Cu (α-alanine)$_2$ est conforme à celle obtenue par d'autres auteurs.

Dans une Note ultérieure nous donnerons les constantes de dissociation des deux complexes, ainsi que le nombre d'ions H^+ rentrant en jeu dans la relation



$$\mathrm{Cu}^{++} + n\,(\alpha\text{-alanine})^{\pm} \rightleftharpoons \mathrm{Cu}\,(\alpha\text{-alanine})_n + r\mathrm{H}^+.$$

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Sur une réaction d'échange entre l'iodure de sodium et l'iodure de β naphtyle.* Note (*) de Mme **Isabel Estellés** et M. **Serge May**, présentée par M. Louis de Broglie.

On a observé une réaction d'échange d'iode entre l'iodure de sodium et l'iodure de β naphtyle en solution dans l'alcool octylique vers 240°. La chaleur d'activation de la réaction est de l'ordre de 30 kcal:mole.

Mode opératoire. — On introduit dans une petite ampoule en verre mince une solution de radioiodure de sodium (en provenance de la pile de Châtillon) dans l'alcool octylique secondaire. On scelle l'ampoule après avoir remplacé l'air par de l'azote.

La solution d'iodure de β naphtyle dans ce même solvant est contenue dans une ampoule en verre épais plus grande dans laquelle on place également la petite ampoule. Après scellement (1) l'ensemble est placé dans un bain thermostatique à huile. Lorsque la température désirée est atteinte, on agite la grande ampoule afin de provoquer le bris de la petite et le mélange des solutions.

Après un certain temps de contact on procède à la séparation. Dans ce but on jette le mélange dans l'eau qui dissout l'iodure de sodium que l'on précipite sous forme d'iodure d'argent. L'iodure organique est amené sous cette même forme après attaque par l'amalgame de sodium.

Les activités de ces deux précipités sont mesurées et comparées à celle d'un étalon d'iodure d'argent provenant directement du radioiodure de la pile.

(*) Séance du 2 janvier 1952.

(1) Après avoir également remplacé l'air par de l'azote.

Résultats. — Ceux-ci sont consignés dans le tableau suivant :

T (°C).	Temps de contact (s).	Concentration (mmol : l). NaI.	I. N.	Activités sur 10 mg AgI. Étalon.	I_{min}.	I_{org}.	K.10⁴. Bimol (mol. l. s⁻¹)	Mono (s⁻¹).
231.....	7,2.10³	18,3	18,3	4656	3889	209	4,08	0,072
231.....	10,8. »	17,2	18,3	4607	4301	273	3,42	0,058
232.....	14,4. »	18,3	18,3	3305	2574	327	4,84	0,087
243.....	3,6. »	16,9	18,3	4926	4095	180	7,21	0,121
243.....	10,8. »	16,9	18,3	4142	3112	478	8,43	0,142
265.....	7,2. »	16,9	18,3	4275	2686	1022	32,53	0,549
275.....	3,6. »	19,4	18,3	6516	4840	1639	50,80	0,985

L'ordre de la réaction, qui est probablement monomoléculaire ([2]), n'a pas encore été déterminé, mais le tableau précédent conduit de toute façon à attribuer à cette réaction une chaleur d'activation de l'ordre de 30 kcal : mol.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur l'électrolyse à travers les membranes hémiperméables de ferrocyanure de cuivre.* Note de Mlle **Andrée Benzimra** et M. **Luc-Henry Collet**, présentée par M. Eugène Darmois.

Une bibliographie approfondie des phénomènes d'osmose nous a révélé qu'il n'existe pas de paroi rigoureusement hémiperméable : les meilleures membranes, obtenues en provoquant un précipité colloïdal de ferrocyanure de cuivre dans un filtre de porcelaine, sont plus ou moins perméables aux électrolytes et se laissent même traverser par les grosses molécules organiques.

Les propriétés de ces membranes ont été diversement interprétées. Il est hors de doute qu'elles ne peuvent être assimilées à de simples cribles moléculaires. C'est la théorie de l'adsorption négative (adsorption très forte du solvant qui remplit les pores), plus tard complétée par celle de la semi-perméabilité réversible (variable suivant le milieu), qui rend le mieux compte des phénomènes ([1]).

Nous avons pu fabriquer couramment de bonnes membranes et éprouver leurs qualités en répétant avec elles diverses mesures de pression osmotique (solutions de glucose, de saccharose, etc.).

L'étude de l'écoulement hydrodynamique d'eau distillée à travers ces

---

([2]) Par analogie aux résultats de Kristjanson et Winkler, *Canad. J. Chem.*, 29, n° 2, 1951, p. 154, et de May, Sarraf, Vobaure et P. Daudel, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 744.

([1]) *Voir* J. Duclaux, *Traité de Chimie Physique*, Hermann, Paris, 1936-1937 et et H. B. Weiser, *Inorganic colloïdal Chemistry*, J. Wiley, New-York, 1938; une bibliographie détaillée a été donnée par A. Benzimra, Diplôme d'Études supérieures, Paris, 1952.

membranes nous a permis, par application de la formule de Poiseuille ($v/H = kr^4$), d'évaluer le rapport des rayons apparents des pores avant et après la formation du précipité de ferrocyanure de cuivre. Nous avons obtenu avec toutes nos membranes : $r/r' = 8 \pm 0,5$. Les bougies Chamberland, le plus souvent utilisées, avaient un diamètre moyen des pores de 2,5 μ soit pour la surface ouverte après formation du précipité 0,3 μ.

De nombreuses expériences d'électrolyse ont été faites à travers ces membranes pour des solutions de ClH, SO_4H_2, ClNa, ClK, Cl_2Cu, etc., dont la concentration variait de 10^{-1} à 10^{-4} M. Elles ne présentent qualitativement aucune particularité :

même forme des courbes $i = f(V)$ pour des tensions moyennes (jusqu'à 12 V); pour des tensions très faibles et avec des électrolytes habituellement considérés comme traversant difficilement la membrane, on n'observe aucune trace d'un seuil de tension au-dessous duquel se manifesterait la semi-perméabilité. Des mesures précises faites avec une solution de Cl_2Cu 10^{-2} M et des électrodes de cuivre pur permettent d'affirmer que la membrane n'introduit aucune f.é.m. dans le circuit;

même allure des courbes $i = f(t)$ à V constant pour les tensions élevées (100 V et plus);

enfin les expériences faites avec ou sans précipité donnent lieu aux mêmes phénomènes d'électroosmose, les dénivellations d'équilibre étant cependant plus faibles dans le premier cas.

La partie rectiligne des courbes $i = f(V)$ permet d'évaluer la résistance électrique de la membrane : elle est souvent de l'ordre de 10 000 Ω et varie d'une membrane à l'autre pour une même solution. Elle diminue d'ailleurs spontanément avec le temps sans que les qualités osmotiques en soient altérées.

On peut chercher à comparer la résistance de la membrane avant et après formation du précipité, les montages devant être par ailleurs bien identiques. On obtient toujours un rapport $R'/R = 4 \pm 0,5$. Ce résultat est inattendu, car si l'on suppose que la membrane ne participe pas à la conduction électrique, on doit avoir : $R'/R = r^2/r'^2 \# 60$, valeur quinze fois supérieure à celle réellement observée. Donc, si l'on admet que l'écoulement dans la membrane satisfait à la loi de Poiseuille, il faut en conclure que le mécanisme de passage du courant est complexe.

Il est remarquable que la membrane plongée dans une solution d'un sel de potassium, présente toujours une résistance plus faible; la différence peut être considérable : une membrane a donné 50 000 Ω dans ClNa 10^{-2} M et 33 000 Ω seulement dans ClK 10^{-2} M. Si l'on remarque que dans la membrane ce sont les ions K^+ qui forment l'atmosphère ionique de la micelle, le résultat précédent est en faveur de l'hypothèse qu'il pourrait y avoir échange des ions de la membrane avec ceux de la solution.

MAGNÉTOCHIMIE. — *Comparaison entre les comportements magnétiques de l'oxygène et de l'azote en chimie organique.* Note (*) de M. **Jean Ploquin**, présentée par M. Paul Pascal.

On observe des influences semblables de la structure sur le diamagnétisme de l'azote combiné et sur celui de l'oxygène. Le caractère plus ou moins multiple et plus ou moins ionique des liaisons correspondantes peut donc être décelé par des mesures magnétiques.

Le comportement magnétique de l'oxygène dans les combinaisons organiques est essentiellement variable : diamagnétique avec $K_{O'} = -4,6.10^{-6}$ lorsqu'il est simplement lié dans une molécule sans particularités structurales, doublement lié il est paramagnétique avec $K_{O''} = +1,72.10^{-6}$ dans les aldéhydes, cétones et chlorures d'acides; puis à nouveau diamagnétique avec $K_{O''} = -3,35.10^{-6}$ dans les acides et esters, $-6,5.10^{-6}$ dans l'anhydride carbonique, $-6,95.10^{-6}$ dans les carbonates. Donc l'accumulation de l'oxygène sur un même carbone exalte son diamagnétisme.

Dans les fonctions oxyazotées contenant un radical carbonyl, on observe un phénomène identique. C'est ainsi que, si l'on conserve pour l'azote la contribution atomique classique $K_N = -5,5.10^{-6}$ on calcule une exaltation du diamagnétisme de l'oxygène égale à $-3,25.n.10^{-6}$, n étant le nombre d'atomes d'azote de la fonction étudiée.

Or, on peut établir des relations d'isostérie entre les dérivés de l'azote et ceux de l'oxygène :

— OH et O.R (isostères de — NH_2 et NH.R);

= O (isostère de = NH).

On peut donc penser qu'il n'y a pas de raisons impératives d'affecter l'exaltation du diamagnétisme précédemment observée dans les fonctions oxyazotées au seul atome d'oxygène, mais qu'elle se rapporte plutôt à l'ensemble de la molécule et que par suite l'azothydrile isostère de l'oxygène doit également y participer.

S'il en est ainsi, on doit observer une exaltation semblable du diamagnétisme lorsqu'on accumule sur le même carbone plusieurs fonctions uniquement azotées. Nous avons donc étudié quelques dérivés azotés afin de compléter les données de la bibliographie :

	Rôle du radical y compris l'incrément de liaison CN.
Radical NH simplement lié	$-8,43.10^{-6}$
» NH doublement lié :	
Bases de Schiff	$-0,28$ »
Cyanamides symétriques (correspondrait à CO_2)	$-2,80$ »
Guanidine (correspondrait à CO_3 dans les carbonates)	$-3,10$ »

(*) Séance du 14 janvier 1952.

On observe donc là aussi d'abord une tendance au paramagnétisme quand le NH, de simplement lié, devient doublement lié; puis celle-ci diminue quand on accumule les radicaux azothydriles sur le même carbone. On peut, comme dans le cas des dérivés oxygénés, en trouver l'origine dans un affaiblissement des forces homopolaires de liaison, d'autant moins important que le nombre des atomes d'azote dans la fonction est plus élevé. Néanmoins il paraît difficile d'attribuer cet effet au seul groupement doublement lié. On observe par exemple avec la cyanoguanidine une exaltation encore plus marquée du diamagnétisme. Nous avons en effet mesuré $K_M = -47,8.10^{-6}$ et l'on peut calculer K_M, soit uniquement à partir de la systématique de Pascal ($K_M = -36,97.10^{-6}$), soit à partir de la valeur expérimentale obtenue pour la guanidine et de la contribution théorique (dans la même systématique) du radical $C \equiv N$ ($K_M = -37,6.10^{-6}$). Cette dernière façon de faire indique nettement que le groupe CN n'est pas ici un véritable radical nitrile. On doit donc attribuer ces variations du diamagnétisme à l'ensemble des liaisons et dire que lorsqu'on accumule des atomes d'oxygène (ou d'azote) dans une même fonction, le groupe carbonyle (ou imine) perd plus ou moins son caractère fonctionnel pur aux dépens des liaisons voisines (C.OH ou $C.NH_2$). Dans la cyanoguanidine, le fait est poussé à l'extrême. Il n'y a plus une triple liaison $C \equiv N$, une double liaison $C = N$ et trois liaisons simples $C - N$, mais cinq liaisons de caractère plus ou moins multiple et plus ou moins ionique.

La magnétochimie retrouve donc les conclusions qualitatives fournies par l'étude des propriétés chimiques et permettra peut-être, puisqu'elle fournit des résultats numériques précis, de vérifier (sinon de baser) les hypothèses de départ dans les calculs de structure *a priori*.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Relation entre vitesse d'adsorption et isotherme.* Note (*) de M. **Denis Papée**, présentée par M. Paul Pascal.

La vitesse d'adsorption est déterminée essentiellement par la texture du produit adsorbant, c'est-à-dire par la forme de l'isotherme. La courbe de vitesse d'adsorption reflète les différentes parties de l'isotherme et sa pente, à l'origine, est sensiblement proportionnelle à la surface spécifique.

Dans le cas de l'adsorption d'un courant gazeux renfermant le produit à adsorber, la vitesse absolue d'adsorption n'est pas seule à intervenir et le phénomène est conditionné par la diffusion. Il faut distinguer la diffusion dans la phase gazeuse de celle qui a lieu au sein de l'adsorbant, à travers les pores et sur leurs parois.

Vreedenberg et van Nouhoys [1] ont établi les premiers une équation de la vitesse d'adsorption liée à celle de l'isotherme. Elle ne s'applique toutefois qu'à l'adsorption monomoléculaire et ne fait pas intervenir les conditions opératoires.

(*) Séance du 14 janvier 1952.

[1] *Rec. Trav. Chim. des Pays-Bas*, 65, 1946, p. 235.

Des essais ont été entrepris en vue d'établir la façon dont interviennent la texture du produit et les conditions opératoires dans la composition de la vitesse globale d'adsorption.

L'adsorption de la vapeur d'eau est étudiée pour deux variétés d'alumine (une boehmite et une bayerite) et deux de silice (gel monodispersé et précipité hétérodispersé).

Mesures dynamiques. — L'adsorbant en pastilles cylindriques de 5 mm de diamètre, se trouve dans un tube en U disposé dans un thermostat à 25°. Il est traversé par un courant d'azote (débit 10 l : h) chargé de vapeur d'eau par passage dans une série de barboteurs à acide sulfurique de concentration déterminée

Mesures statiques. — Elles sont réalisées en dessiccateur, le produit étant disposé dans une nacelle au-dessus de l'acide sulfurique de même concentration que celui des barboteurs précédents.

1. Malgré quelques différences minimes entre les valeurs absolues, la courbe d'adsorption en fonction du temps conserve la même forme dans le cas des mesures statiques pour un produit donné, qu'il soit en poudre ou en pastilles.

2. Cette forme ne varie pas avec le mode opératoire, statique ou dynamique : les courbes correspondantes peuvent être amenées sensiblement en coïncidence par une réduction des abscisses « temps ».

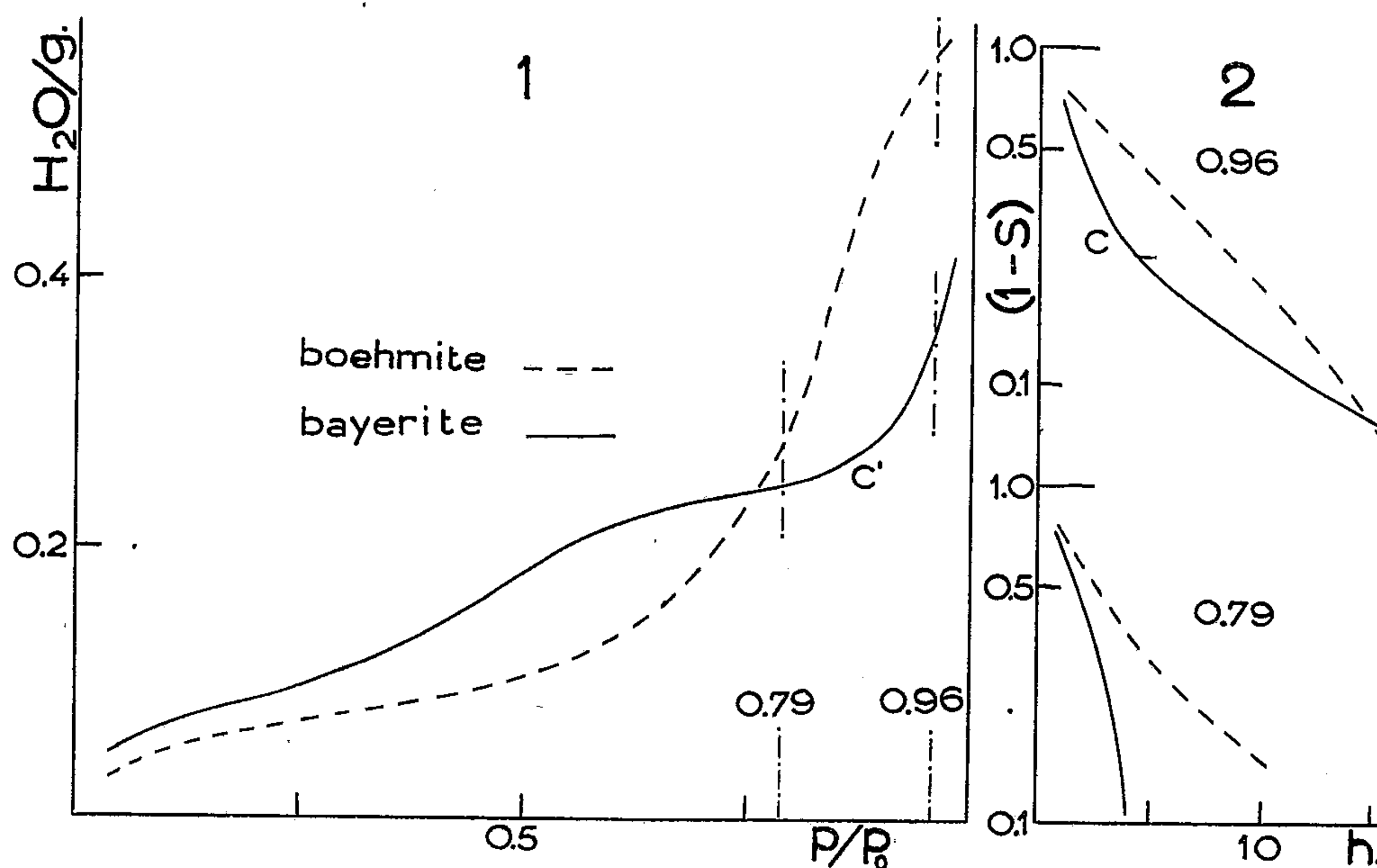
3. Il en est de même pour les courbes obtenues par la méthode dynamique avec des débits variant de 7 à 25 l : h.

Chaque produit a donc une courbe d'adsorption caractéristique et cette courbe se modifie d'une façon spécifique avec la température de calcination. En rapprochant ces courbes des isothermes d'adsorption correspondantes, on met en évidence leur relation avec la surface spécifique et la texture du produit.

Soient d la quantité de vapeur d'eau adsorbée par 1 g de produit pendant la première heure au cours des mesures dynamiques (pression partielle, 90,6) et m la quantité correspondant sur l'isotherme à la formation d'une couche monomoléculaire. L'amplitude des variations du rapport m/d pour des produits et des températures de calcination différents est inférieure à 10 %. Pourtant, la surface des échantillons étudiés varie de 100 à 250 m^2 : g; au cours des mesures dynamiques, le produit est mis en présence de vapeur à 96 % de saturation, alors que la couche monomoléculaire se forme à des pressions bien inférieures; les isothermes sont du type II ou IV.

Pour comparer les courbes d'adsorption, il est commode d'utiliser la représentation semi-logarithmique en $(1-S)=f(t)$, où S est le rapport de la quantité adsorbée à l'instant t à celle adsorbée à l'équilibre. La figure représente, pour les deux variétés d'alumine calcinées à 400°, les isothermes (1), ainsi que les courbes d'adsorption pour les pressions partielles 0,79 et 0,96 (2).

Pression partielle 0,96. — La réalisation rapide de l'équilibre est liée pour la boehmite à la courbure de l'isotherme tournée vers l'axe des abscisses. Dans le cas de la bayerite, la cassure qui apparaît dans la courbe d'adsorption (point C) correspond sensiblement à la quantité de vapeur adsorbée à la fin du pseudo-palier de l'isotherme (point C'); l'établissement lent de l'équilibre s'explique par la forme asymptotique de l'isotherme à la saturation.



Pression partielle 0,79. — En ce point, les deux isothermes ont un aspect différent de celui qu'elles présentent pour la pression partielle 0,96 : celui de la bayerite possède un palier, tandis que celui de la boehmite est incurvé vers l'axe des ordonnées. Aussi l'allure des courbes est-elle inversée.

Pour une pression partielle donnée, la forme de la courbe d'adsorption à l'approche de l'équilibre est déterminée par la variation de la pente de l'isotherme en ce point : l'équilibre est atteint rapidement si la pente diminue et inversement.

Puisque la courbe d'adsorption reflète les différentes parties de l'isotherme, il semble, qu'au cours de l'adsorption de vapeur à pression constante, l'adsorbant se trouve approximativement en équilibre avec la vapeur à une pression progressivement croissante.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur le polissage chimique du fer et de l'acier doux.* Note (*) de M. **Louis Beaujard**, présentée par M. Albert Portevin.

Un réactif permettant le polissage chimique des aciers doux tenant moins de 0,05 % de carbone est décrit. La composition la plus favorable est : 30 parties d'acide nitrique, 70 parties d'acide fluorhydrique, 300 parties d'eau. La température du bain est de 60° C.

L'attention a été récemment attirée sur le brillantage chimique de l'aluminium et de ses alliages [1], [2] susceptible de donner les résultats du polissage électrolytique. Le brillantage industriel du laiton était bien connu depuis longtemps [3]. Par exemple, les douilles d'obus subissaient ce traitement. Nous avons vérifié que ce brillantage permet l'observation micrographique.

Le magnésium aussi se brillante dans des solutions chlorhydriques-alcooliques, dans des conditions qui permettent également l'étude de la structure [4].

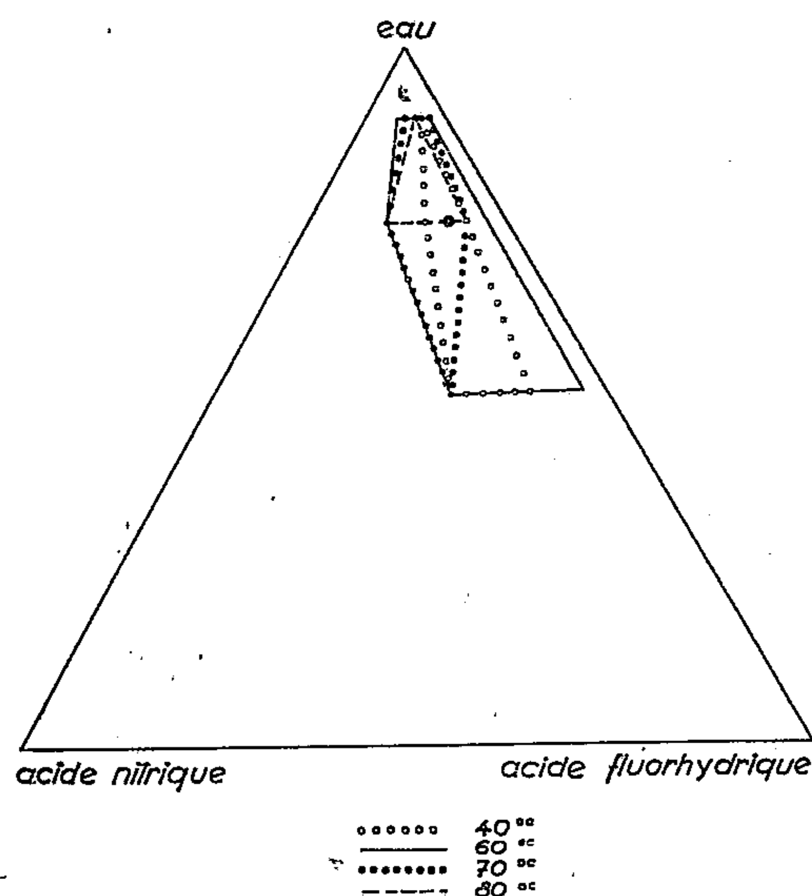


Fig. 1. — Domaines de composition des bains utilisables de 40 à 80°.

Nous avons recherché un réactif susceptible de permettre le polissage du fer. Des observations fortuites nous ont dirigé vers l'étude des mélanges

(*) Séance du 14 janvier 1952.

(1) Henley, *Sheet Metal Industries*, 26, 1949, p. 382.

(2) Herenguel et Second, *Revue de Métallurgie*, 48, 1951, p. 262.

(3) *Metal Industry Handbook*, 1947, p. 389.

(4) Jacquet, *Métaux et Corrosion*, 19, 1944, p. 71.

d'acide nitrique ($d = 1,33$), d'acide fluorhydrique ($d = 1,12$) et d'eau. Le diagramme ternaire de la figure 1 représente les domaines pour lesquels la composition du bain est la plus satisfaisante, à différentes températures.

La composition donnant les meilleurs résultats est la suivante : acide nitrique : 30 parties; acide fluorhydrique : 70 parties; eau : 300 parties (en volume).

Le domaine des compositions utilisables varie avec la température. Il s'élargit si l'on passe de 40 à 60° C et se rétrécit au delà (*fig.* 1).

La température du bain est maintenue à 60° C. Si elle est trop basse, l'attaque creuse les joints de grains, alors que si elle est trop élevée, la surface est rendue légèrement grenue.

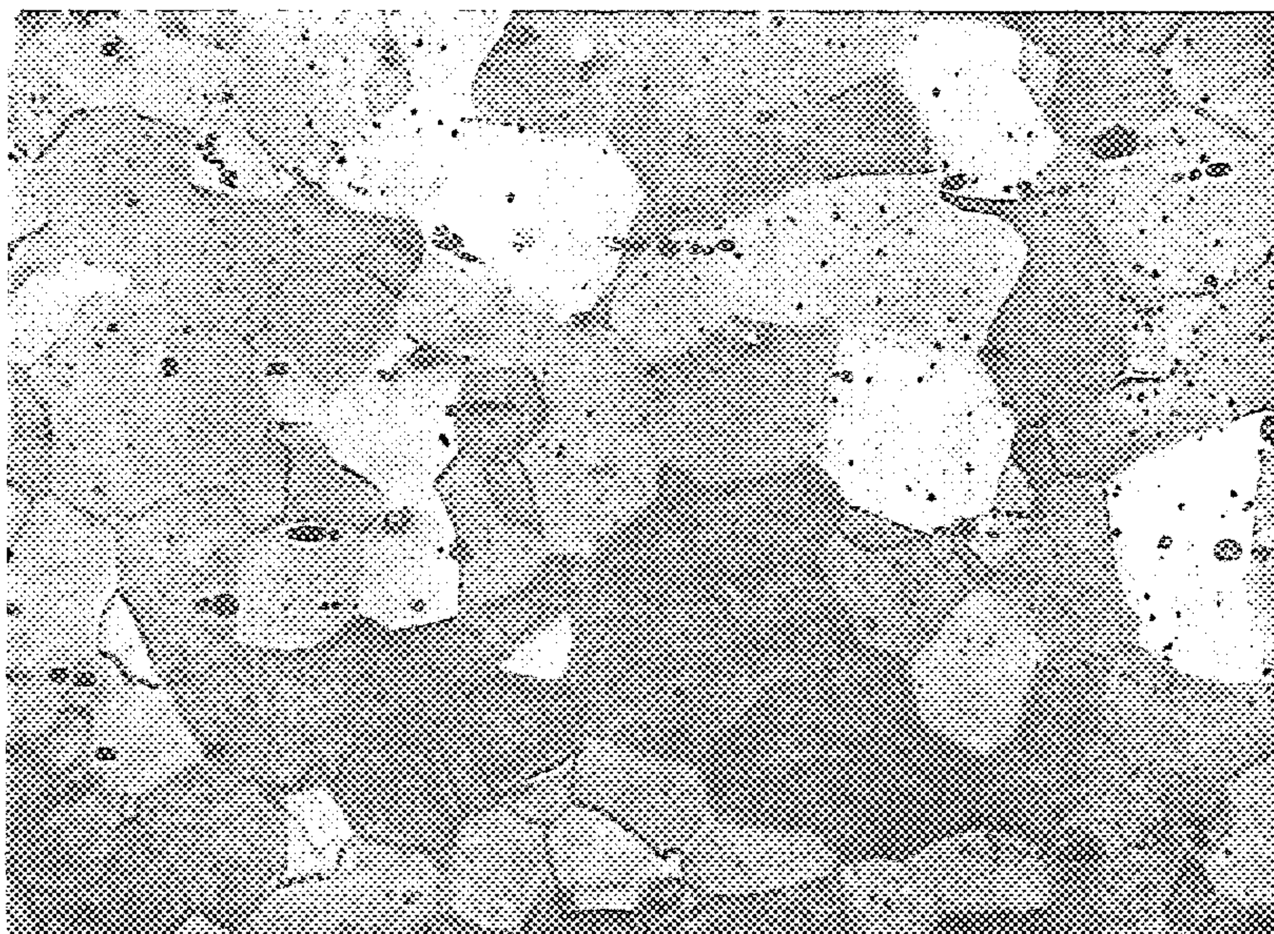


Fig. 2. — Microphotographie d'une tôle d'acier doux après simple polissage chimique ($\times$ 300).

La figure 2 est la microphotographie, au grossissement 300, d'une tôle de fer doux polie après simple polissage chimique. La teneur en carbone de l'échantillon à polir doit être inférieure à 0,05 %, car la cémentite est attaquée inégalement par le réactif.

Il est intéressant de remarquer que le processus de l'attaque s'accompagne, comme avec le polissage électrolytique, de la formation d'une couche visqueuse, dense et brune. Le dégagement gazeux d'hydrogène est pratiquement inexistant ([5]). Il est possible que la couche brune soit formée

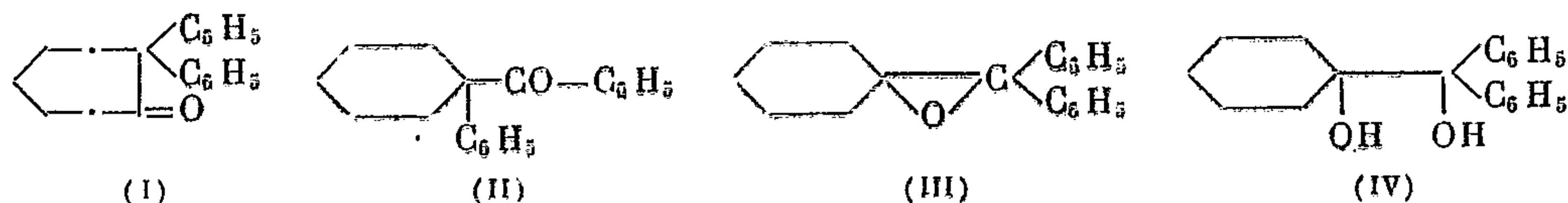
(5) Le polissage n'est pas de bonne qualité lorsqu'un dégagement gazeux se produit, tout comme le polissage électrolytique est défectueux lorsque la tension de polissage étant trop élevée, des bulles se dégagent sur l'échantillon.

en partie d'ions Fe NO^{+++} bruns. La solution d'attaque reste cependant incolore, car ces produits bruns sont décomposés rapidement avec formation probable d'ions complexes FeF_6^{---} incolores.

Nous avons étudié également l'influence de différents produits d'addition au bain. Les autres acides (chlorhydrique, sulfurique, etc.) provoquent la formation de piqûres profondes ou de figures de corrosion. Au contraire, beaucoup d'espèces chimiques portant des groupes —OH (alcools, phénols) ralentissent l'attaque sans affecter la qualité du polissage. C'est dans cette voie que nous poursuivons les recherches pour obtenir une attaque métallographique satisfaisante des aciers plus chargés en carbone.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'isomérisation de la diphényl-2.2-cycloheptanone-1 et de l'oxyde de cyclohexylidène-diphénylméthane. Conséquence sur la déshydratation de l'(hydroxy-1-cyclohexyl)-diphénylcarbinol.* Note (*) de Mlle Germaine Cauquil et M. Jacques Rouzaud, présentée par M. Marcel Delépine.

Les auteurs montrent la possibilité de passage de la diphényl-2.2 cycloheptanone-1 (I) en benzoyl-1 phényl-1 cyclohexane (II) à l'aide de catalyseurs acides. La déshydratation de l'(hydroxy-1 cyclohexyl)-diphénylcarbinol est aussi une réaction acido-catalysée, qui permet d'obtenir à volonté l'oxyde de cyclohexylidène diphénylméthane (III) ou la cétone (I), ou la cétone (II).



A. *Isomérisation de la diphényl-2.2-cycloheptanone-1* (I). — L'isomérisation de (I) en (II) sous l'action du chlorure de zinc à 350° a été précédemment indiquée (1). D'autres essais ont été effectués en vue de réaliser cette réaction. L'irradiation par les rayons ultraviolets, la chaleur, l'action du chlorure stannique à sa température d'ébullition ou en tube scellé à 160° n'ont pas donné le résultat attendu.

Le chlorure d'aluminium employé en proportion moléculaire et en solution nitrobenzénique anhydre a donné après 48 h de contact à froid environ 4 % de (II), à 75-80° quantitativement la cétone (II). Si l'on utilise le chlorure d'aluminium en milieu xylénique anhydre on obtient 72 % de (II) après 3 h de reflux.

Il n'avait pas été possible d'obtenir jusqu'ici l'oxime de (I), mais en utilisant la technique indiquée (2) pour la diphényl-2.2-cyclohexanone-1 nous sommes arrivés à une

(*) Séance du 7 janvier 1952.

(1) Mlle G. Cauquil et J. Rouzaud, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 669.

(2) M. E. Zaugg, M. Freifelder et B. W. Harrom, *J. Org. Chem.*, 15, 1950, p. 1191.

oxime (F 195° dans l'éthanol) avec un rendement de 56 % après 12 h de reflux. Ce rendement atteint 87 % après 36 h. Dosage d'azote : (semi-micro Dumas), trouvé % : 4,98, calculé pour $C_{19}H_{20}ON$: 5,02.

La méthode d'oximation donne l'oxime de (II) (F 174° dans l'éthanol) avec un rendement quantitatif après un reflux de 12 h. Dosage d'azote (semi-micro Dumas), trouvé % : 5,24, calculé pour $C_{19}H_{20}ON$: 5,02.

B. *Isomérisation de l'oxyde de cyclohexylidène-diphénylméthane* (III). — Si l'on maintient sept heures l'époxyde (III) à environ 310-320°, on obtient une huile d'où l'on a séparé la cétone (I) avec un rendement de 41 % :

Cette isomérisation a pu être catalysée par divers agents : par contact à 0° avec de l'acide sulfurique concentré pendant 1 h, par action de l'iodure de méthylmagnésium ou de l'éthérate de bromure de magnésium à la température d'ébullition du toluène durant 4 h, ou en chauffant à sec après élimination de l'éther; par action du chlorure d'aluminium en quantité moléculaire et en solution nitrobenzénique anhydre à froid.

Quant au chlorure de zinc en solution dans l'éther anhydre il ne produit à reflux qu'une isomérisation partielle.

Enfin si l'on utilise des moyens plus énergiques : distillation à 350° sur chlorure de zinc anhydre; ou action du chlorure d'aluminium en solution nitrobenzénique anhydre à 75-80° pendant 48 h, on isomérise (III) en la cétone (II).

Il semble donc bien que l'isomérisation de (III) en (I) ou en (II) soit une réaction acido-catalysée; nous n'avons pu la produire par des agents basiques (méthylate de sodium ou potasse alcoolique).

C. *Conséquence de* A *et* B *sur la déshydratation de l'(hydroxy-1-cyclohexyl)-diphénylcarbinol* (IV). — La potasse alcoolique ou la fusion avec de la potasse ou encore l'ébullition du glycol sous la pression atmosphérique coupe la molécule (IV) en cyclohexanone et benzhydrol (3).

a. Le chlorure d'aluminium en solution nitrobenzénique anhydre à 75-80° pendant 48 h conduit à la cétone (II). Par contre le chlorure de zinc à 350° ne donne que des produits de décomposition.

b. L'acide sulfurique concentré conduit à la cétone (I) après une heure de contact à 0° (4). Le chlorure stannique en proportion moléculaire et en solution benzénique anhydre conduit quantitativement au même résultat après cinq minutes de contact à froid; le rendement en cétone (I) est de 91 % lorsqu'on emploie 1/3 de molécule de chlorure stannique et de 78,5 % avec 1/4 de molécule. La cétone (I) est encore obtenue soit après 30 mn de contact avec une solution nitrobenzénique anhydre et froide de chlorure d'aluminium, soit par action de l'iodure de méthylmagnésium ou de l'éthérate de bromure de

---

(3) M. Meerwein, *Ann. d. chem.*, **419**, 1919, p. 121.
(4) M. Meerwein, *Ann. d. chem.*, **396**, 1913, p. 200.

magnésium à l'ébullition du toluène ou en chauffant à sec après avoir distillé l'éther; soit par action de l'acide formique à 80 % après 3 h de reflux.

c. Le chlorure de zinc en solution dans l'éther anhydre après 2 h de reflux transforme (IV) partiellement en l'époxyde (III). L'acide acétique cristallisable, après 6 h de reflux donne un rendement en époxyde de 48 %, le reste du produit étant du glycol non transformé.

Étant donné les paragraphes A et B, les expériences *a* et *b* n'excluent pas l'hypothèse de la formation intermédiaire d'époxyde.

On peut donc dire que la déshydratation de (IV) est une réaction catalysée par les acides protoniques ou autres qui conduit suivant la nature du catalyseur et les conditions de réaction soit à l'époxyde (III), soit à la cétone (I), soit à la cétone (II). Il semble qu'il y ait lieu de tenir le plus grand compte de l'influence du catalyseur utilisé sur le cours de la déshydratation pinacolique : le glycol (IV) en est un exemple typique.

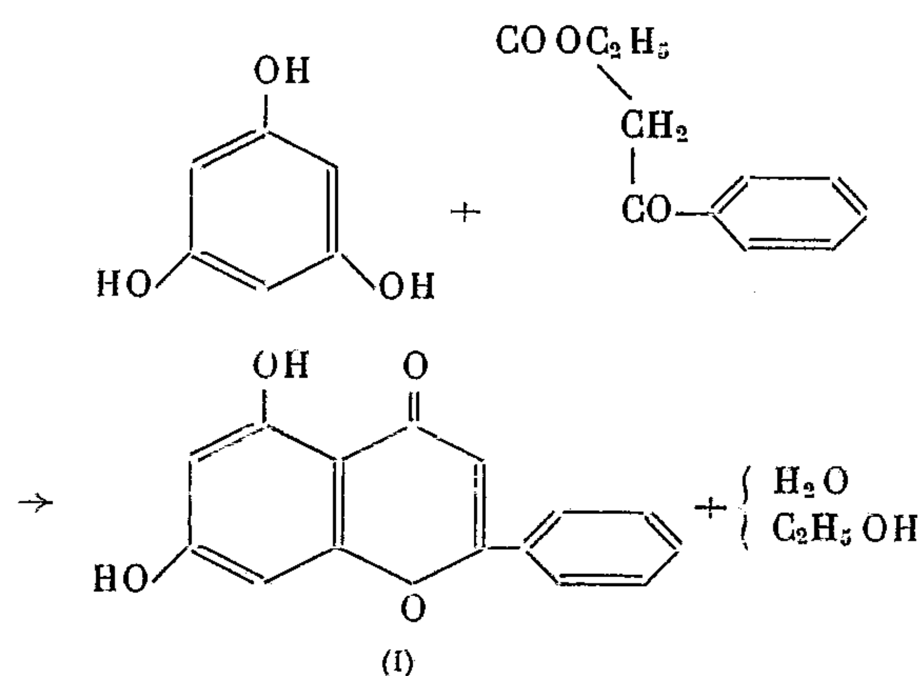
CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle synthèse de la chrysine et d'autres colorants naturels oxyflavoniques.* Note de MM. **Charles Mentzer** et **Daniel Pillon**, présentée par M. Marcel Delépine.

En poursuivant nos recherches sur la condensation des phénols avec les esters β-cétoniques (2), il nous a été possible d'élaborer un procédé permettant d'accéder aisément aux colorants oxyflavoniques naturels.

Au cours de ses recherches classiques sur la synthèse des chromones, Simonis [1] a pu montrer que l'action du benzoylacétate d'éthyle sur le phénol en présence d'anhydride phosphorique aboutit à la phényl-2 chromone, premier terme d'une série de composés naturels appelés « flavones ». Malgré le faible rendement de cette réaction, divers chercheurs ont essayé de la généraliser à la préparation de dérivés voisins et tout particulièrement des colorants oxyflavoniques largement répandus dans la nature. L'expérience a cependant montré que l'introduction supplémentaire d'un ou de plusieurs oxhydriles dans la molécule phénolique mise en œuvre, inhibe complètement une telle synthèse. En condensant la résorcine ou la phloroglucine, selon Simonis avec le benzoylacétate d'éthyle, il se forme exclusivement, soit la phényl-4 hydroxy-7, soit la phényl-4 dihydroxy-5.7 coumarine, quelle que soit la nature du déshydratant utilisé (P_2O_5) ou SO_4H_2). Dans une précédente Communication, l'un d'entre nous, en collaboration avec D. Molho et P. Vercier [2], a montré que le chauffage de certains esters β-cétoniques substitués en α, avec la résorcine, peut aboutir à des hydroxy-7 chromones, à condition d'éviter l'addition de catalyseurs de déshydratation au milieu réactionnel.

(1) *Ber d. Chem. Gesell.*, 47, 1914, p. 2232.
(2) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1488.

En poursuivant l'étude systématique de cette nouvelle réaction, nous avons pu montrer qu'elle présente un très grand degré de généralité. Il est en effet possible de faire varier dans une large mesure la nature de l'ester β-cétonique et du phénol mis en jeu. En ce qui concerne l'ester, la substitution du groupement méthylénique actif n'est pas nécessaire; bien au contraire, les résultats sont meilleurs avec l'acétylacétate d'éthyle ordinaire qu'avec le dérivé C méthylé correspondant ([3]). D'autre part, il est possible, grâce à ce procédé, d'accéder non seulement aux alcoyl-2 chromones, mais aussi aux dérivés arylés correspondants, c'est-à-dire au groupe des oxy-flavones naturelles. Il suffit dans ce but de remplacer l'ester acyl-acétique par un composé de formule Ar—CO—CH_2—$COOC_2H_5$ (Ar étant dans ce cas un reste aromatique). Enfin à la place de la résorcine, il est possible d'utiliser d'autres di- ou polyphénols et de préparer très facilement les divers colorants oxy-flavoniques rencontrés chez les végétaux. A la lumière de ces faits, de nouvelles hypothèses peuvent être formulées en ce qui concerne la biogénèse de tels colorants.



Partie expérimentale : chrysine : $C_{15}H_{10}O_4$ (I). — 7,77 g de phloroglucine et 7,68 g de benzoylacétate d'éthyle sont portés pendant 1 h 1/2 à 240-250°. Les cristaux obtenus après refroidissement sont dissous dans HONa à 5 %. La solution débarrassée des impuretés par épuisement à l'éther est acidifiée. Le précipité brun sale, séché, pèse 5,65 g. Après sublimation à 250-300° sous 0,01-0,03 mm, on obtient 3,15 g d'une poudre jaune amorphe (F 265°). Un lavage au benzène et une recristallisation dans l'alcool permet d'aboutir à un composé très pur (2,2 g) en cristaux jaune clair fondant à 278° (Rdt 20 %). C % calculé 70,86; trouvé 70,18; H % calculé 3,93; trouvé 3,86. Le spectre ultraviolet présente deux bandes dont les maxima sont à 270 et 314 mμ, conformément à la bibliographie ([4]).

([3]) D. Pillon, *Bull. Soc. Chim.*, (sous presse).

([4]) Aronoff, *J. Org. Chem.*, 5, 1940, p. 565.

La *diacétyl-chrysine*, $C_{19}H_{14}O_6$, fond à 198-200°; C % calculé 67,45; trouvé 67,46; H % calculé 4,14; trouvé 4,53. Dans des conditions analogues à celles qui ont permis d'aboutir à la chrysine, les composés suivants ont été préparés : *Acacétine* (dihydroxy-5.7 méthoxy-4' flavone), $C_{16}H_{12}O_5$. F 260°, Rdt 20,5 %, deux maxima dans l'ultraviolet : à 270 et 330 mμ; C % calculé 67,6; trouvé 67,4; H % calculé 4,22; trouvé 4,39. *Diacétate* F 202-203°. *Hydroxy-7 flavone*, $C_{15}H_{10}O_3$, F 228-229°, Rdt 25 %, absorption ultraviolette à 250, 270 et 310 mμ. L'*acétate* ($C_{17}H_{12}O_4$) fond à 129°, Analyse : C % calculé 72,85; trouvé 72,08; H % calculé 4,28; trouvé 4,37. Notons qu'au cours de la synthèse de ce dernier composé il se forme toujours un peu d'*hydroxy-5 flavone*, $C_{15}H_{10}O_3$, dont le sel de sodium est peu soluble dans l'eau et dont l'acétate fond à 145-146°, conformément à la bibliographie ([5]), ([6]).

CRISTALLOGRAPHIE. — *Polytypisme des minéraux argileux et micacés.* Note de MM. **Willy Dekeyser** et **Séverin Amelinckx**, transmise par M. Charles Mauguin.

Dans la présente Note nous considérons les déplacements relatifs des unités structurales constituant les polytypes ([1]), ([2]), ce qui nous amène à les considérer en général comme des macles répétés d'un des termes de la série, le concept macle étant pris dans un sens généralisé.

Nous considérons d'abord le cas des micas. S. B. Hendricks ([3]), qui a décrit les différents types, pose, à la fin de son exposé, nettement la question : comment ces minéraux peuvent-ils se former et se développer en respectant la séquence compliquée d'unités structurales de 10 Å ? La réponse est maintenant aisée. Nous n'avons qu'à considérer un germe primaire formé par des empilements d'unités de 10 Å déplacées les unes par rapport aux autres d'une distance donnée dans une direction donnée, de façon à respecter un mode de liaison. Si le germe primaire présente, en outre, des groupes de dislocations hélicoïdales à vecteur de Burgers perpendiculaire au plan 001, le cristal qui se développera à partir de ce germe aura une période suivant l'axe *c* égale à la composante suivant l'axe *c* de la résultante des vecteurs de Burgers du système de dislocation dominant, ou une partie aliquote de cette composante.

Le mécanisme de croissance proposé par F. C. Frank assurera automatiquement la continuation des empilements présents dans une période,

(5) Shigehiko Sugasawa, *J. Chem. Soc.*, 1934, p. 1483-1484.
(6) Pour plus de détails, *voir* C. Mentzer et D. Pillon, *Bull. Soc. Chim.* (sous presse).

(1) W. Dekeyser et S. Amelinckx, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1297.
(2) F. C. Frank, *Phil. Mag.*, 42, 1951, p. 1014.
(3) *Am. Min.*, 24, 1939, p. 729.

si compliquée soit-elle, aussi longtemps que le groupe de dislocations reste stable, puisqu'il n'y a, en dernière analyse, qu'un plan qui se développe latéralement. Ce mode de croissance nous semble de plus le seul acceptable dans le cas où nous avons affaire à un cristal ayant une très grande période suivant un axe, période résultant, comme il est indiqué plus haut, d'empilements différents d'unités structurales identiques. En effet, dans tout autre mode de croissance, il faudrait faire appel, pour expliquer la « mémoire » du cristal, à des forces agissant à grande distance et dont rien ne fait présumer l'existence.

La maille du polytype résultant n'est donc, en somme, qu'une pseudo-maille puisqu'elle est formée par des empilements de mailles réelles ou d'éléments de mailles réelles ayant subi les uns par rapport aux autres des translations, rotations, mirages ou une combinaison de ces opérations. Nous avons donc, en dernière analyse, affaire à un assemblage périodique de macles, ce terme étant employé ici dans un sens généralisé par ce qui précède et qui inclut à moindre échelle les macles de glissement introduits par Wooster (4). Ceci explique aussi que la symétrie de certains polytypes est supérieure à celles du cristal simple et qu'il est, dans bien des cas, impossible de trouver un groupe de recouvrement en accord avec cette symétrie et la structure de la pseudo-maille (comme c'est, par exemple, aussi le cas pour les polytypes du SiC). Dans le cas où les groupes de dislocations ne restent pas stables, il en résulte une structure plus ou moins désordonnée, ce qui se traduit par certaines raies diffuses dans le diagramme X correspondant.

La même situation se présente pour les minéraux du groupe de la kaolinite. Kaolinite, dickite et nacrite ont respectivement des mailles contenant une, deux et six couches du type kaolinite. La kaolinite est triclinique, la nacrite et la dickite sont monocliniques, indiquant les variations de symétrie obtenues par des déplacements relatifs. Brindley (5), qui a raffiné ces structures, donne un tableau des déplacements possibles des unités structurales les unes par rapport aux autres, de façon à préserver les liaisons O—OH caractéristiques pour ces minéraux. Ce tableau illustre ce qui a été dit plus haut concernant les mailles des polytypes des micas. Dans le cas de la dickite, un groupe de recouvrement moyen peut seulement être assigné, tandis que pour la nacrite, l'arrangement est tel qu'un groupe de recouvrement peut être assigné. Reste maintenant le cas de la fire clay, où nous devons supposer des groupes de dislocations non stables ou des cristaux à l'état de germes primaires comme cela semble être le cas pour l'halloysite et la montmorillonite.

---

(4) *A text book of crystal Physics*, London, 1938.
(5) *X ray identification et structures of clay min.*, London, 1951, p. 37.

On peut se demander pourquoi des minéraux kaolinitiques à trois, quatre, cinq couches n'existent pas ou n'ont pas été décelés. Il va de soi que les phénomènes décrits ne se limitent pas aux minéraux argileux. Le mécanisme de croissance proposé par Frank explique également des interstratifications régulières et irrégulières telles que celles qui se présentent par exemple dans le cas de la série olivine, norbergite, chrondrodite, humite, clinohumite et dans les feldspaths.

GÉOLOGIE. — *Sur le métamorphisme régional du Paléozoique dans la région comprise entre Caden, Saint-Gildas-des-Bois et Nort, en Armorique méridionale.* Note de M. **André Demay**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Tandis que dans le synclinal de Redon et dans le flanc Nord de l'anticlinal de Lanvaux, à hauteur de Redon, le métamorphisme régional atteint seulement le Géorgien et une partie du Postdamien (1), immédiatement au Sud, *dans la terminaison périclinale de l'anticlinal d'Allaire*, les schistes d'Angers (Ordovicien moyen, noté s^2) sont transformés, sur la route de Redon à Béganne, en micaschistes à muscovite et biotite dominante, celle-ci bien visible seulement au microscope (Pl. 220). Un peu plus au Sud, *dans la partie Sud du synclinal de Fégréac*, l'Ordovicien et le Gothlandien à phtanites ont été transformés partout en schistes et grès à séricite abondante, souvent avec biotite microscopique et parfois des feldspaths. Le Gothlandien a été noté $s^4\gamma a$ par Ch. Barrois, qui indiquait déjà, en 1897, « sa grande analogie lithologique avec les formations primitives ζ^2 ». Cette zone de Gothlandien métamorphique se prolonge dans une bande plus étroite, au Nord du noyau synclinal d'Ancenis, entre Nort et Teillé et apparaît même près de Thouarcé, à la lisière Est de l'Armorique.

Sur le flanc Sud du synclinal de Fégréac, de Béganne à Saint-Dolay et Sévérac et dans les plis plus méridionaux de Saint-Gildas-des-Bois, affleurent des schistes ardoisiers et des quartzites, qui représentent, de manière certaine, les schistes d'Angers et le grès armoricain et ont été notés comme tels sur toutes les cartes géologiques.

Dans la coupe Ouest de Sévérac, sur les bords et au Nord de l'étang du Rocher, le s^2 est soit un schiste carburé, peu métamorphique, mais où apparaissent, en lentilles, des parties métamorphisées micaschisteuses (Pl. 199), soit un véritable micaschiste à muscovite macroscopique et biotite dominante microscopique (Pl. 200). Tel est aussi le faciès du s^2 au Sud des quartzites de Saint-Gildas (Pl. 227). Dans la coupe au Nord de

(1) A. Demay, *C. R. congr. géol. int. Londres*, 1948 (en impression); *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1636.

Saint-Dolay, le grès armoricain (s^1) présente le faciès d'un quartzite métamorphique à muscovite et biotite très fine (Pl. 203). Le s^2 est un schiste carburé, à lits de séricite et lentilles de quartzite à séricite et chlorite (Pl. 205).

Un peu au Sud, dans le lambeau de grès armoricain du Bois du Restin, j'ai observé, à la cote 45, un quartzite à muscovite, dont le degré métamorphique est celui de véritables micaschistes (Pl. 206).

Près de Béganne, les schistes ardoisiers, avec phtanites, attribués sur les cartes au 80 000e et au 320 000e au Gothlandien, présentent le faciès microscopique de schistes carburés métamorphiques à séricite, avec biotite fine subordonnée (Pl. 222 et 225).

Le Briovérien, figuré par Ch. Barrois dans la bande de Saint-Dolay et au Nord de Béganne, comprend des schistes ardoisiers, qui ne diffèrent, ni par le faciès stratigraphique, ni par le métamorphisme, des schistes s^2 ou s^4 évoqués ci-dessus. Je citerai les schistes x au Sud des quartzites du grès armoricain de Caden (Pl. 229) ou au Nord du grès armoricain de Béganne (Pl. 230), le Briovérien de la bande de Saint-Dolay, près de Saint-Dolay et près de la Grande-Eau (Pl. 197 et 201), tous schistes carburés séricíteux, faiblement métamorphiques. La rectification des contours semble d'ailleurs indiquer que la bande de Saint-Dolay prolonge le Gothlandien de Saint-Gildas et que le Briovérien, de Béganne à Caden, est la suite du Gothlandien du synclinal de Fégréac. Avec réserve, j'envisage un âge gothlandien pour ces schistes, attribués jusqu'ici au Briovérien. La bande de Saint-Dolay et celle de Béganne à Caden définiraient des synclinaux et non pas des anticlinaux. Peut-être faut-il maintenir un âge cambrien pour les schistes au Sud des grès armoricains métamorphiques du Bois du Restin, qui passent, au Sud de la Gouarais, à des micaschistes francs.

Plus à l'Est, *dans la région de Guenrouët et de Blain,* j'ai observé aussi des faits essentiels :

Le grès armoricain de Guenrouët est un quartzite métamorphique à séricite. Sur le flanc Sud de l'anticlinal, entre Guenrouët et l'Ongle, le s^2 et le s^4 ont été transformés en schistes métamorphiques, riches en séricite, souvent avec biotite microscopique (Pl. 231 à 233). *Il y a passage à de véritables micaschistes à muscovite et biotite, où j'ai distingué un métamorphisme, en partie antérieur au plissement, en partie syntectonique ou postérieur.*

Les quartzites de la bande étroite de Rochaux, au Sud de la large *bande de Guenrouët,* présentent au microscope des lits de muscovite et de biotite (Pl. 234). Ils sont attribués sur les cartes au s^1, mais pourraient être des quartzites gothlandiens. En effet, j'ai observé les mêmes schistes, souvent rosés, et le même degré métamorphique au microscope, aussi bien au Sud de la bande, où ils sont notés x qu'au Nord, où ils sont attribués par tous les auteurs au Gothlandien. Un peu plus au Sud, près de Grand-

Champ, j'y ai observé des phtanites, avec métamorphisme faible, séricite et très fine biotite (Pl. 237 et 238) et passage probable aux micaschistes de la partie Sud de la feuille de Saint-Nazaire.

Dans ces micaschistes, apparaît au Sud de Blain *un grand lambeau de quartzites, celui de la forêt de Groulais*. Ces quartzites, attribués par Bureau au s^1, puis au s^4, attribués par Barrois au s^1, puis en 1936 au Briovérien, puis de nouveau au s^1 (Saint-Nazaire, 2ᵉ éd.), notés aussi en s^1 sur la carte au 320 000ᵉ, doivent bien, à mon sens, être considérés comme du grès armoricain s^1, à cause de leur puissance, de leur caractère massif et aussi d'après les observations précédentes. Outre le quartz, je n'y ai vu que de la tourmaline abondante (Pl. 207). Mais ils sont nettement liés aux micaschistes et, au Sud de Blain, une intercalation quartziteuse, à 500 m au Nord du lambeau, est un quartzite à muscovite et biotite, présentant le degré de véritables micaschistes (Pl. 210).

En résumé, des observations concrètes prouvent qu'au Sud d'une ligne qui va de Redon au Nord d'Ancenis, la série cristallophyllienne, schistes et grès à séricite, micaschistes associés à des gneiss amphiboliques, comprend, outre le Cambrien et, éventuellement, du Précambrien, de l'Ordovicien et du Gothlandien.

GÉOLOGIE. — *Observations sur la tectonique du cristallin dans les massifs de l'Aiguille de Roselette, de la Tête de la Cicle et de l'Aiguille de la Penaz au Sud-Ouest du Mont-Blanc.* Note de M. Claude Bordet, présentée par M. Paul Fallot.

Les études de Ritter [1], reprises en partie, depuis, par Éd. Paréjas, ont décrit en détail la structure de la terminaison Sud-Ouest du massif du Mont-Blanc, ainsi que les plissements de la couverture sédimentaire entre ce massif et la terminaison Nord-Est du Massif de Belledonne. C'est ainsi que Paréjas décrit 12 lames cristallines réparties en trois faisceaux entre le Baptieu et le col des Fours [2]. Parmi celles-ci, il indique que la lame de Roselette (lame 6) « ne s'enracine pas au Nord-Ouest des châlets du Nant-Borrant, ... mais sur la rive droite du torrent du Nant Borrant ».

De récents levers m'ont permis de confirmer cette interprétation; la continuité du Lias et du Trias sous le Cristallin peut être mise en évidence malgré, et peut-être grâce au grand éboulement du flanc Nord-Est de l'aiguille de Roselette. De plus, à l'autre extrémité du massif, à 4 km au Sud-Sud-Ouest, nous avons constaté que le cristallin de Roselette ne se

(1) *Bull. Serv. Carte Géol. France*, n° 60, 9, 1897-1898.

(2) *Voir* en particulier Éd. Paréjas, *C. R. S. Soc. Phys. et Hist. Nat. Genève*, 39, n° 1, 1922.

poursuivait pas vers le Sud par les affleurements cristallins de la vallée du torrent de la Cicle. Ritter admettait pourtant la continuité entre ces deux cristallins, et la feuille d'Annecy de la Carte Géologique au 1/80 000e l'interprète ainsi.

Pourtant, la position tectonique de ces deux cristallins est différente et un grand accident passant au col de la Cicle les sépare. On voit, d'autre part, de façon parfaite, le recouvrement du Cristallin de Roselette sur la série sédimentaire en haut de la vallée du torrent de la Cicle.

Le massif de l'Aiguille de Roselette-Tête de la Cicle est donc bien charrié; mais contrairement au type de structure bien connu des coins cristallins issus du socle et fichés dans la couverture sédimentaire, ce massif de 3,5 km de long sur 1100 m de large *repose sur une série sédimentaire suivant une surface en fond de bateau à peu près régulièrement soulignée par une lisière continue de calcaires* qui apparaissent en fenêtre sous le cristallin en deux points. Il ne s'agit donc pas, à proprement parler, d'un « coin » cristallin du socle fiché dans la couverture sédimentaire, mais d'un véritable lambeau de recouvrement, ou d'une klippe, dont l'origine doit vraisemblablement être cherchée dans le Cristallin du Sud du Mont-Blanc ou même peut-être dans une zone de racines correspondant au prolongement du petit massif cristallin de Courmayeur. Cette masse cristalline a été entraînée sur le dos d'une série sédimentaire qui n'est pas la série autochtone.

De plus, c'est aux affleurements de la rive gauche du torrent de la Cicle qu'il faut rattacher les quatre petits lambeaux cristallins visibles sur la rive droite de la vallée et reposant en superposition anormale sur les schistes du Lias, ainsi que l'avait déjà remarqué J. Goguel ([3]). Ces lambeaux ne sont pas enracinés comme le croyait Ritter. Ils forment, avec les affleurements de la rive gauche, une superposition de deux lames discontinues séparées par des schistes. Le percement de la galerie du Bon-Nant au lac de la Girotte a pu vérifier cette superposition assez peu visible en surface.

D'autre part, au pied des Roches-Franches, affleure sur 400 m de long vers l'altitude 2100 une écaille de cristallin, distincte de celle de la Balme, et qui n'avait jamais été signalée. La coupe géologique de la galerie du Bon-Nant à la Girotte a permis de montrer que ce copeau de cristallin flotte sur le Trias sans qu'on puisse déceler sa racine. Cette même galerie était d'ailleurs passée sous le Cristallin de la Tête de la Cicle sans le rencontrer. Elle avait seulement traversé les lames de la vallée du torrent de la Cicle, en passant sous les Roches-Franches. De même, plus à l'Est, une antenne creusée à partir de cette galerie avait découvert le Trias sous l'écaille de la Balme.

([3]) RITTER, *loc. cit.*, p. 126, *fig.* 13.
([4]) Inédit.

Enfin, la lame cristalline affleurant sur le versant Sud-Est de l'Aiguille de la Penaz (faisceau du plan Jovet de Paréjas) ne s'enracine pas au plan Jovet. Elle se termine au Nord-Est par une succession de blocs cristallins noyés en désordre dans les schistes du Lias ainsi que l'avait souligné Ritter [5]. Le Cristallin du plan Jovet porte d'ailleurs, par endroit, sa couverture de Trias autochtone indiquant une terminaison périclinale et non des racines d'écailles. La galerie du Bon Nant confirme cette opinion : il n'y a pas continuité entre la lame de la Pénaz et le Cristallin du plan Jovet.

En conclusion, il semble qu'il faille distinguer au point de vue de la tectonique du Cristallin dans cette région :

1° des zones de racines de lames du Cristallin du Mont-Blanc sous forme d'un socle haché de synclinaux étroits et sensiblement verticaux (partie inférieure du torrent de Tré-la-Tête);

2° des écailles ou lambeaux de charriage :

a. lames ou écailles cristallines, souvent sous forme d'un chapelet d'amandes d'épaisseur très variable, qui participent à la tectonique souple de la couverture, et qui ont été arrachées de leur racine ou cisaillées latéralement lors du déplacement de la couverture (écailles de la Balme, de la Cicle, de la Pénaz, etc.);

b. une structure tectonique exceptionnelle sous forme d'une masse de cristallin plus importante (massif de Roselette-Tête de la Cicle) représentant un véritable lambeau de recouvrement.

Des études ultérieures tant sur le Cristallin que sur la série sédimentaire permettront de préciser l'origine de ces écailles.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur la nature du ciment de la Brèche andésitique du Cantal.* Note de Mlle **Madeleine Auniord**, présentée par M. Albert Michel-Lévy.

La Brèche andésitique du Cantal est l'un des constituants principaux de ce massif volcanique; elle constitue plus de 80 % de l'ensemble des projections ou émissions de ce volcan. Mais, si du point de vue âge, les auteurs sont assez bien renseignés (elle daterait, rappelons-le ici, du Pliocène), on n'avait, jusqu'ici, aucune donnée certaine sur sa nature chimique. Son nom provient de ce que la majeure partie de ses enclaves est constituée par les blocs ou morceaux d'andésite, ou de trachy-andésite, à côté d'autres éléments (gneiss, granite, calcaire). Le tout est lié par un ciment.

Grâce à une série de traitements dont le principe était basé sur la différence nette dans la gamme de tailles des enclaves et dans celle de la taille des éléments du ciment, et en utilisant le contrôle du microscope, il a été

---

(5) Ritter, *loc. cit.*, p. 121.

possible de séparer des portions de ce ciment afin de les soumettre à l'analyse chimique. Examiné au microscope, ce ciment se montre constitué par des fragments de verre.

Les échantillons avaient été prélevés au Plomb du Cantal, au cœur du massif et à Pierrefort, à sa bordure Sud. A titre de comparaison, un prélèvement a été fait sur la formation analogue dite « Cinérite à blocs » du massif voisin du Mont-Dore (Route nationale 683, à 2 km au Sud du lac de Guéry).

Les analyses ont donné les résultats suivants (ana. C. Roogier) :

	Brèche de Pierrefort.	Plomb du Cantal.	Mont-Dore.
SiO_2	50,83	52,25	51,28
Al_2O_3	20,95	22,60	21,33
Fe_2O_3	3,55	4,53	3,34
FeO	1,55	0,39	0,63
MgO	2,44	3,40	1,69
CaO	7,30	4,93	3,92
Na_2O	1,25	2,18	1,01
K_2O	3,15	2,85	3,23
TiO_2	1,95	2,10	2,04
P_2O_5	0,73	0,65	0,56
MnO	0,20	0,10	0,03
H_2O^+	2,90	3,10	5,75
H_2O^-	2,69	1,36	5,13
	99,49	100,44	99,94

Au cours du calcul des paramètres américains se manifeste un important excès de corindon. Cet excès, anormal pour des magmas éruptifs, est dû vraisemblablement au fait que des minéraux argileux sont mêlés à ce ciment, ciment dont la perméabilité est grande et que l'eau a pu largement parcourir. Un diagramme Debye-Sherrer a montré effectivement la présence de minéraux argileux, sans doute du groupe des Montmorillonites, mélangés à ce magma.

En conséquence, il a paru logique de refaire le calcul des paramètres, en formant, au préalable, du kaolin, à partir de l'eau de formation H_2O^+, afin d'éliminer cet excès d'alumine. Les paramètres sont alors les suivants :

1° Pierrefort : II.4'.3.2 (3) :

$$\frac{\text{or}}{\text{plag.}} = 0,73, \qquad \text{An}\ \% = 60;$$

2° Plomb du Cantal : II.'5.3.3 :

$$\frac{\text{or}}{\text{plag.}} = 0,42, \qquad \text{An}\ \% = 53;$$

3° Mont-Dore : II.4.2.2' :

$$\frac{\text{or}}{\text{plag.}} = 1{,}47, \qquad \text{An}\,\% = 34.$$

Ces paramètres montrent que le ciment de ces brèches se classe dans le groupe des rhyolites calco-alcalines.

En conclusion, la brèche andésitique du Cantal est constituée par des enclaves principalement magmatiques, liées par un ciment. Ce dernier dérive d'un magma de nature rhyolitique calco-potassique, du type des Opdalites. Cette tendance calco-potassique est d'ailleurs assez classique dans les magmas acides du volcanisme de l'Auvergne.

Il s'ensuit que l'on doit considérer la majeure partie du massif volcanique du Cantal comme découlant d'éruptions acides du type explosif. La cinérite à blocs du Mont-Dore aurait une origine comparable, ce qui donne à ce massif un caractère également acide, venant ainsi remettre en question les données acquises récemment sur la succession des éruptions admises dans ce massif volcanique [1].

LITHOLOGIE. — *Origine des brèches dites « volcaniques » de la région du Puy.* Note de Mme **Marguerite Rech-Frollo**, présentée par M. Paul Fallot.

Au printemps 1951, M. P. Bout a posé à nouveau le problème de la formation des brèches du rocher du Puy, de Denise, Polignac et des régions environnantes.

Les arguments pour et contre l'origine sédimentaire de cette brèche sont fondés surtout sur des données morphologiques et stratigraphiques. Mais ces données, tout comme l'étude des éléments eux-même avec toutes leurs transformations antérieures ou postérieures à leur mise en place, ne peuvent que *compléter* l'étude d'une brèche dont l'origine est inscrite dans la nature du ciment : les brèches sont volcaniques quand leur ciment est une lave, les brèches sont sédimentaires quand le ciment est un sédiment génétiquement indépendant des éléments remaniés.

Les observations qui suivent ont été faites sur des lames minces tirées d'échantillons prélevés dans le rocher du Puy, ou envoyés de Cheyrac et de Bilhac grâce à l'obligeance de M. P. Bout.

J'ai pu distinguer au moins trois variétés de roches appartenant à un même type de brèche : 1° brèche homogène; 2° brèche homogène à « éléments composés »; 3° brèche polygène.

1° L'élément unique dans les variétés homogènes est représenté par des *fragments volcaniques* de taille variable; une même lame mince ren-

(1) L. Glangeaud, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 5e série, 13, 1943, p. 419.

ferme des éléments de diamètre inférieur à 0,05 mm, véritables poussières, à côté d'autres de 1,4 mm, et enfin de beaucoup plus grands, de 2 à 3 cm. Leur contour est anguleux, subanguleux ou très irrégulier. Leur composition minéralogique comprend une lave basaltique avec des cavités bulleuses, des microlithes et un certain nombre de minéraux épars (olivine, augite, hornblende, etc.).

2° Les « éléments composés » sont formés de fragments de brèche remaniée à éléments volcaniques, identiques à ceux décrits ci-dessus, engagés dans un ciment, lui aussi identique à celui de la roche même qui les renferme.

3° Les variétés polygènes de brèche (Cheyrac) possèdent des « éléments composés », du *quartz détritique* anguleux ou subanguleux, quelques débris d'une *pegmatite*, de grands cristaux fragmentés de *hornblende verte* non altérée, des *plagioclases*.

Ces trois variétés de roches appartiennent à un même type de *brèche calcaire* : le ciment de la brèche de la région du Puy est formé soit : *a.* par de la calcite pure, soit *b.* par un mélange à fond de calcite microcristalline à laquelle s'ajoutent du quartz détritique et de la limonite.

a. Brèches à ciment en calcite pure (Cheyrac). — Les éléments, ici polygènes, sont cimentés par de la calcite fibreuse déposée perpendiculairement à leur surface dans les vides laissés par l'irrégularité des contours des éléments en contact. Chacun de ces éléments est, en outre, entouré d'un enduit d'impuretés.

Il paraît superflu de souligner l'origine sédimentaire, et non éruptive, de cette variété de brèche : ciment-sédiment génétiquement indépendant des éléments qu'il agglutine, éléments témoignant avant leur incorporation d'actions aériennes ou subaériennes (enduit d'impuretés, « éléments composés »).

b. Brèche à ciment en calcite microcristalline, quartz et limonite. — En lumière naturelle et à faibles grossissements, les éléments et la gangue paraissent avoir une même origine, la gangue étant simplement altérée par rapport aux éléments restés très frais. Un examen rapide pourrait ainsi induire en erreur. On ne voit pas alors comment l'altération aurait touché la « lave » du ciment et laissé intacte celle des éléments, puisque les deux auraient eu la même constitution.

Mais, en réalité, les faits sont différents. Étudié à un fort grossissement, avec le condensateur baissé, le ciment manifeste une indépendanee absolue par rapport aux éléments volcaniques.

Il faut d'abord faire la part, dans la gangue, des fragments volcaniques très fins (poussières volcaniques), dont il a été déjà question. Ils relèvent *des éléments* de la brèche et non pas du *ciment* : ils ont absolument la même constitution minéralogique que ces derniers, ne sont pas non plus altérés et demeurent toujours éteints, comme eux, en lumière polarisée. Par contre,

le vrai ciment de la brèche tranche sur le reste par sa biréfringence; vu à fort grossissement, il apparaît constitué par un fond de *calcite microcristalline* de teinte jaune clair due aux inclusions poussiéreuses *d'oxyde de fer* (limonite), et parsemée de grains anguleux très fins (0,009 à 0,006 mm de diamètre) de *quartz*; par endroits aussi l'on observe une seconde génération de calcite, en plages, formée de cristaux se moulant les uns aux autres et encore de la limonite, détritique cette fois-ci (en grains).

Calcite microcristalline, quartz anguleux, oxyde de fer (limonite), formant le ciment, constituent ici aussi une gangue-sédiment engendrée indépendamment des éléments qu'elle agglutine.

Conclusions. — Le ciment des brèches de la région du Puy n'est pas une lave, il possède, à lui seul, tous les caractères d'un sédiment; l'origine sédimentaire de ces brèches est donc évidente. Leur formation peut être envisagée comme le produit d'une accumulation aérienne ou subaérienne de lapillis et de poussières volcaniques, rejetées par éruptions et cimentées par un sédiment calcaire. Ce sont donc des brèches calcaires. Des phénomènes d'altération superficielle des éléments (enduit d'impuretés), de double remaniement (« éléments composés ») montrent que les phénomènes génétiques ont été assez complexes et variés suivant les régions.

GÉOPHYSIQUE. — *Application de la formule d'Appleton-Hartree à la détermination des trajectoires de phase d'une onde électromagnétique dans l'ionosphère.* Note de M. **Émile Argence**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous proposons une méthode directe de détermination des trajectoires de phase à partir de la théorie magnéto-ionique d'Appleton. Cette méthode dont nous montrons le lien avec celle de Booker ne nécessite pas l'utilisation de la théorie magnéto-ionique généralisée.

1. *Notations.* — ω, pulsation de l'onde; ω_0, pulsation critique; ω_H, gyropulsation, $\beta = \omega_H/\omega$; $\eta = \omega_0^2/\omega^2$; μ, indice de réfraction; θ, angle formé par la normale au plan d'onde et la direction du champ magnétique; δ, angle entre le champ magnétique et la verticale; α, angle entre la normale au plan d'onde et la verticale; α_0, angle d'émission; φ, azimut du plan d'incidence par rapport au plan du méridien magnétique. Nous supposons nulle la fréquence de collision ($\nu = 0$), on peut tenir compte de l'absorption en substituant à β et η, β/u et η/u avec $u = 1 - i\,\nu/\omega$.

2. *Équation différentielle des trajectoires.* — Nous avons montré précédemment [1] que l'expression de l'indice donnée par Appleton [2] conduisait natu-

---

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2080 et **233**, 1951, p. 607.

(2) *J. Inst. Electr. Engs.*, **71**, 1932, p. 642.

rellement à l'étude de la quartique circulaire :

$$(1)\quad (X^2+Y^2)^2(1-\eta+\beta^2) + (X^2+Y^2)[\beta^2(\eta X^2-\eta+2)-2(1-\eta)^2]-\eta\beta^2X^2+(1-\eta)[(1-\eta)^2-\beta^2]=0.$$

Nous avons, d'autre part :

$$(2)\quad X=\mu\cos\theta;\qquad Y=\mu\sin\theta,$$

$$(3)\quad \mu\sin\alpha=\sin\alpha_0\qquad \text{(loi de Descartes)}.$$

$$(4)\quad \cos\theta=\cos\alpha\cos\delta+\sin\alpha\sin\delta\cos\varphi.$$

$$(5)\quad \frac{dy}{dx}=\operatorname{cotg}\alpha.$$

Les relations (1) à (5) nous conduisent à l'équation différentielle des trajectoires

$$(6)\quad a_0y'^4+a_1y'^3+a_2y'^2+a_3y'+a_4=0$$

avec

$$a_0=[(1-\beta^2)-\eta(1-\beta_3^2)]\sin^4\alpha_0,$$
$$a_1=2\eta\beta_2\beta_3\sin^4\alpha_0,$$
$$a_2=2\sin^2\alpha_0\{[\beta^2\cos^2\alpha_0-(1-\eta)(\cos^2\alpha_0-\eta)]-\eta[\beta_1^2+\beta_2^2\cos^2\alpha_0+(1+\cos^2\alpha_0)\beta_3^2]\},$$
$$a_3=-2\cos^2\alpha_0.\sin^2\alpha_0.\eta\beta_2\beta_3,$$
$$a_4=(1-\eta)[\cos^2\alpha_0-\eta)^2-\cos^4\alpha.\beta_2^2]-\cos^2\alpha_0(\cos^2\alpha_0-\eta)(\beta_1^2+\beta_3^2);$$

où l'on a posé

$$\beta_1=\beta\sin\delta\sin\varphi;\quad \beta_2=\beta\sin\delta\cos\varphi;\quad \beta_3=\beta\cos\delta.$$

Si nous posons $\mu(\alpha)\cos\alpha=q$, d'où $y'\sin\alpha_0=q$, nous obtenons l'équation de la quartique étudiée par Booker ([3]).

Une étude générale des trajectoires et de leurs singularités peut être effectuée à partir de l'équation différentielle (6). Cette équation peut être résolue numériquement d'après les méthodes classiques ([4]). Notons que la substitution de la loi de réfraction de Bouguer à celle de Descartes, compte tenu de la variation de $\cos\delta$ et de ω_H, avec la distance, nous donne l'équation différentielle des trajectoires pour le cas le plus général.

3. *Trajectoires remarquables.* — On obtient d'importantes simplifications pour les cas suivants : *a. propagation Est-Ouest* ($\varphi=\pi/2$); *b. propagation équatoriale* ($\delta=\pi/2$); *c. propagation polaire* ($\delta=0$); dans ce dernier cas $\theta=\alpha$, pour un angle α_0 donné les trajectoires sont les mêmes quel que soit l'azimut (*propagation isotrope*). Nous supposons pour tous ces cas δ constant, ce qui est valable pour une propagation à moyenne distance.

4. *Conclusion.* — La méthode exposée permet de déterminer les trajectoires

---

([3]) *Phil. Trans. Roy. Soc.*, **237**, 1938, p. 411.

([4]) H. MINEUR, *L'interpolation numérique* (sous-presse).

de phase dans le cas le plus général, elle peut être étendue évidemment aux trajectoires de groupe au sens de Booker ([5]). Nous avons montré dans un travail en cours de publication que l'on pouvait utiliser avec une approximation suffisante ($\omega > \omega_H$) les expressions des indices données antérieurement ([6]). Signalons qu'au voisinage du pôle où ($\omega_H/\omega_c \simeq 1/2$) pour la région E ([7]) la correction à apporter aux méthodes usuelles de prévisions de fréquences est particulièrement importante. Un travail détaillé comprenant l'étude des trajectoires de phase et d'énergie paraîtra dans un autre périodique.

GÉOPHYSIQUE. — *Sur les anomalies thermiques de Pechelbronn.*

Note de M. **Georges Claude**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

On sait que la région de Pechelbronn est le siège de gradients géothermiques très bas, tombant, près de Soultz, à 9 m par degré, soit moins du tiers de la valeur normale. En raison des avantages qui résulteraient, de ce fait, pour l'extraction de la chaleur terrestre, il importe d'être fixé sur le mécanisme de cette anomalie. On verra ici que non seulement les forages destinés à ce but y seront deux ou trois fois moins profonds qu'ailleurs, mais qu'ils seraient sans doute assurés d'un fort débit d'eau chaude.

Pour des raisons qui seront mieux comprises plus loin, il est difficile d'invoquer, soit une haute conductivité du sous-sol, soit la présence, au voisinage de la surface, de roches volcaniques récentes, soit une radioactivité excessive du sous-sol. Une hypothèse nouvelle m'a paru nécessaire.

Les effets constatés seraient l'œuvre, au cours des âges, d'un faible débit d'eau venant des Vosges, du Rhin ou de la Forêt-Noire. Par des fractures ou des sections poreuses spécialement favorables, cette eau atteindrait des profondeurs capables de la porter vers sa température critique (375°). Sous la poussée thermoartésienne, elle remonterait alors, rencontrerait vers la surface une de ces couches criblées, en sus de leur porosité, de vides et de cassures diverses — coiffée d'une autre couche peu perméable retenant l'eau prisonnière — et lui céderait une part de sa chaleur? Cette haute température de l'eau remontante lui permettrait, malgré ses pertes en route, d'arriver assez chaude pour maintenir la couche perméable sans doute au-dessus de 200°, puisque l'on a trouvé dans un forage récent 159° à — 1680 m seulement.

Pour apprécier la faiblesse du débit nécessaire, donnons à cette couche la surface des grandes anomalies probables de Pechelbronn, soit 400 km^2 :

([5]) *J. of Geoph. Res.*, 54, 1949, p. 243.
([6]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2080.
([7]) J. C. Scott, *J. of Geoph. Res.*, 56, 1951, p. 10.

même surmontée de roches très conductrices transmettant 2 C : (m^2·degré-heure) et en admettant un gradient de 10 m, la déperdition superficielle de cette immense surface ne serait que de 22 000 C : s, que 0,2 m^3 : s d'eau à 320° tombant à 200°, suffirait à combler.

Si l'hypothèse est exacte, de la proximité d'une couche légère chargée d'eau doit résulter une gravimétrie anormale de cette région. Or, une carte gravimétrique au 1/200 000e de l'Alsace existe, levée en 1942 par les Allemands. M. Henry, directeur de l'Exploitation de Pechelbronn, a bien voulu me la communiquer, et j'ai pu constater avec lui la profonde déficience gravimétrique de la région de Pechelbronn, déficience atteignant 50 mgal par rapport à la région de Phalsbourg.

Si frappante que fût cette confirmation, il n'en découlait pas nécessairement que l'hypothèse soit exacte. L'anomalie thermique pouvait être indépendante de l'autre, ne pas en résulter. Une constatation fortuite m'a convaincu de sa dépendance :

La monographie bien connue de Schnaebelé sur Pechelbronn donne, d'après Haas et Hoffmann (1929), le tracé de quelques isothermes à — 400 m. Or, ces isothermes (35, 40, 45 et 50°), orientés SW-NE et croissant vers SE, sont d'un net parallélisme avec les isogals de la carte allemande : plus la couche légère est proche de la surface, plus les températures s'élèvent. Ainsi, c'est la couche légère qui commande les températures et ce qui restait jusque-là une hypothèse devient probable, l'approche de la surface du sol par une épaisse et très chaude masse d'eau (ou d'un autre liquide) paraissant seule capable d'expliquer *à la fois* l'anomalie thermique de Pechelbronn et ses anomalies gravimétriques (sauf le cas de cendres volcaniques récentes).

On conçoit maintenant pourquoi les hypothèses rappelées plus haut ne paraissent pas suffire, parce que si elles expliquent les températures, elles sont contre-indiquées par la gravimétrie.

A la vérité, l'accord est moins bon que je ne l'avais cru. Une nouvelle carte gravimétrique au 1/50 000e, donc bien plus détaillée, a été levée récemment par le service géophysique des Potasses d'Alsace : en y reportant les isothermes de Haas, leur parallélisme avec les isogals, très bon, pour 30 et 35°, sur 10 et 6 km au voisinage de Merkwiller, siège de l'Exploitation, bon sur 4 km pour 40°, mauvais pour 45 et 50° (par suite, sans doute, d'une influence du horst de Soultz), cesse complètement au Sud-Ouest, où les isothermes 35 et 40° tels qu'on les a tracés arrivent à couper à angle droit les isogals. La dépendance des deux anomalies serait donc remise en question.

Mais il serait étonnant que, dans une même région, deux anomalies aussi importantes existassent indépendamment l'une de l'autre, surtout quand leur dépendance paraît manifeste dans une partie de cette région.

J'incline donc à croire que lorsqu'il y a désaccord, c'est qu'en des régions jugées peut-être sans intérêt, les mesures ont été incomplètes ou hâtives.

Évidemment, ceci n'est pas la certitude. En raison de ce doute et de celui qu'on pourrait baser sur l'action chimique puissante de l'eau portée à une température et à une pression aussi élevées, je dois conserver à mon explication le caractère d'une hypothèse, en insistant toutefois sur le grand intérêt que présenterait sa vérification.

Si elle se confirmait, l'existence de cette couche chargée d'eau surchauffée, dont je laisse à de plus compétents de déterminer la profondeur, l'épaisseur et la température, serait, en effet, d'une grosse importance pratique. La facilité de circulation de l'eau dans une telle couche assurerait de gros débits d'eau surchauffée aux puits peu profonds et de faible diamètre qui y déboucheraient.

J'ajoute que l'anomalie semble s'étendre loin du district de Pechelbronn, vers l'amont de la vallée du Rhin.

Je tiens à signaler que M. Henry a, le premier, émis l'idée d'une explication des faibles gradients de Pechelbronn par remontée des eaux profondes.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude du rôle physiologique du sinigroside de la Moutarde noire* (Brassica nigra *Koch, Crucifères*). Note de M. **Pierre Delaveau**, présentée par M. Raoul Combes.

Étude du taux de sinigroside des organes verts de la Moutarde à l'aide d'une technique argentimétrique comportant une stabilisation préalable par l'alcool. Disparition de cet hétéroside au cours de la germination. Pendant la formation et la maturation des graines, accumulation dans celles-ci et disparition dans les autres organes. Le sinigroside participe probablement au métabolisme.

Dans le but d'étudier la qualité du fourrage fourni par diverses variétés indiennes de moutardes et de colzas, A. Mohammad et A. Sultan [1] ont entrepris en 1944 de doser la quantité d'essence sulfurée que peuvent contenir certains organes de ces plantes récoltés au cours des derniers stades de la végétation.

Désirant reprendre et élargir cette étude, nous avons fait porter notre choix sur la Moutarde noire, *Brassica nigra* Koch, plante de croissance rapide et dont les graines dégagent après broyage et macération aqueuse une quantité importante d'allylsénevol. On utilise généralement pour le dosage de ce sénevol la méthode de Dietrich-Gadamer au nitrate d'argent. Rappelons que l'application de cette méthode est assez délicate et qu'il

(1) *Indian J. Agric. Sc.*, 15, 1945, p. 181-184.

faut éviter, pour obtenir des résultats exacts, de prolonger trop longtemps la macération.

Nous l'avons appliquée au dosage de l'essence libérée à partir des organes verts de la plante (feuilles, tiges, siliques en formation). Des essais préliminaires nous ont permis de constater deux faits : 1° la destruction de l'essence au cours des macérations prolongées est plus rapide et plus accentuée lorsqu'il s'agit d'organes frais à l'état de vie intense que lorsque l'on a affaire à des graines; 2° ces mêmes organes accusent une teneur en essence moins élevée quand le dosage est pratiqué sur des plantes coupées depuis plusieurs heures et qui ont commencé à se faner.

Supposant que dans les deux cas la disparition du sinigroside et celle de l'essence déjà formée sont en rapport avec des phénomènes diastasiques, nous avons été amené, pour faciliter nos recherches, à appliquer à nos matériaux d'étude une stabilisation préalable par action de l'alcool bouillant selon le principe de la méthode mise au point par E. Bourquelot en 1900 (²).

Après ce traitement, les organes sont broyés et l'on opère une évaporation et une dilution convenables de l'alcool pour obtenir un titre final inférieur à 15°. La fermentation est provoquée par l'addition de poudre de graine de Moutarde blanche qui apporte avec elle la myrosinase nécessaire et ne fournit pas d'essence sulfurée volatile. La suite du dosage est effectuée comme si l'on avait affaire à des matériaux fraîchement cueillis.

Par cette technique, on supprime les causes de destruction de l'essence et l'on peut, d'autre part, fixer sitôt après leur récolte un grand nombre d'échantillons qu'il est possible d'étudier ensuite à loisir.

Ainsi nous avons essayé de connaître : 1° ce que devient le glucoside à sénevol au cours de la germination des graines et 2° quelle est la teneur en ce même glucoside de divers organes verts récoltés successivement au cours de la végétation de la plante. Les résultats de ces essais sont rapportés dans les deux tableaux ci-après.

La lecture des données numériques qui figurent dans ces deux tableaux permet les constatations suivantes :

1° Pendant la germination et pendant le premier développement de la plantule, le sinigroside disparaît lentement; après 20 jours il ne reste plus que 28 % environ de la quantité qui existait à l'origine dans les graines.

2° Dans les plantes croissant en champ d'expérience, on trouve au moment de la floraison du glucoside à sénevol dans les différents organes verts (tiges, feuilles et sommités fleuries) souvent en quantité appréciable.

(²) *J. Pharm. Chim.*, 6e série, 11, 1900, p. 510.

Nous avons vérifié l'identité de l'allylsénevol en préparant sa combinaison ammoniacale, la thiosinamine, dont nous avons pris le point de fusion (70-71°).

3° Lorsque la plante développe ses fruits et ses graines, le sinigroside disparaît progressivement des feuilles et des tiges tandis qu'il s'accumule dans les graines en formation.

TABLEAU I.

Variation du taux d'allylsénevol de graines mises à germer sur sable humide à la lumière (résultats rapportés à une graine).

Nombre de jours de germination..	0.	1.	2.	6.	9.	10.	18.	20.	Perte % au 20ᵉ jour.
Taux d'essence en microgrammes..	22,0	18,8	19,8	13,2	15,6	12,6	7,6	6,2	72

TABLEAU II.

Variation au cours de la végétation en champ d'expérience

[résultats rapportés à 100 g de matière fraîche (A) ou de matière sèche (B); taux d'allylsénevol en grammes].

	Feuilles				Sommités fleuries et premières siliques			
Date de la récolte.	A.	B.			A.	B.		
9 juin, début de la floraison.........	0,04	0,15	–	–	0,04	0,11	–	–
21 juin, fin de la floraison...........	0,01	0,03	–	–	0,06	0,20	–	–
			Jeunes tiges et pédoncules		Siliques		Graines en formation	
			A.	B.	A.	B.	A.	B.
27 juin............	<0,01	0,01	0,03	0,05	0,12	0,48	–	–
10 juillet..........	<0,01	0,01	0,05	0,09	0,21	0,53	0,41	0,56
13 »	<0,01	<0,01	0,04	0,06	0,18	0,54	0,66	0,99
17 »	<0,01	<0,01	0,02	0,04	0,19	0,52	0,60	(–)
21 »	–	–	0,01	0,02	0,32	0,50	0,68	1,07
25 »	–	–	<0,01	0,01	0,19	0,31	0,60	0,98
27 »	–	–	<0,01	<0,01	–	–	0,89	1,05

L'accumulation de cet hétéroside dans les graines, puis sa disparition au cours de la germination, permettent de penser qu'il peut participer au métabolisme.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Dédifférenciation cellulaire et clivage des chondriocontes lors de l'évolution des cellules nourricières des galles de* Diastrophus Rubi *Htg. sur la Ronce.* Note de M. **Jean Meyer** [1], présentée par M. Louis Blaringhem.

La formation du tissu nourricier de la galle de *Diastrophus Rubi* débute par une dédifférenciation cellulaire, bientôt déviée vers la cytologie du type nourricier. La richesse en chondriocontes périnucléaires de la cellule nourricière adulte est due à la multiplication des chondriocontes par division longitudinale attestée par la présence de couples de chondriocontes juxtaposés parallèlement et à segmentation homologue.

Des élevages effectués dans les conditions naturelles me permirent d'obtenir des éclosions de *Diastrophus Rubi* dans la deuxième quinzaine d'avril. Les hypertrophies sur la tige de Ronce étaient déjà bien visibles vers le 12 mai, date où furent effectuées les premières fixations. Des coupes transversales dans ce jeune stade permettent d'affirmer que l'œuf est introduit au niveau des faisceaux conducteurs. La cavité larvaire est située au début dans une partie de la zone de l'anneau libéro-ligneux comprise entre le péricycle parenchymateux et les pôles ligneux. Les préparations mitochondriales fixées et colorées par la méthode de Regaud m'ont permis d'étudier l'évolution cytologique du plastème nourricier.

Dans les jeunes stades de la première quinzaine de mai, la cavité larvaire est tapissée d'une part de cellules plus ou moins nécrosées, d'autre part de cellules présentant déjà une tendance nette vers la cytologie typique des plastèmes nourriciers telle que je l'ai déjà décrite [2]. Elles sont caractérisées par un cytoplasme plus dense, un gros noyau central, un nucléole hypertrophié, des plastes peu différenciés, chondriocontiformes et plus ou moins vésiculisés. Les caractères d'indifférenciation relative de ce plastème apparaissent graduellement au cours des premières divisions cécidogènes. On retrouve en effet, en partant des cellules parenchymateuses externes normales, les termes de passage montrant une dédifférenciation de plus en plus poussée au fur et à mesure que l'on s'avance vers la cavité. En particulier, les chloroplastes présentent une évolution dédifférenciatrice rappelant beaucoup celle décrite par Buvat [3] lors de de la première phase de dédifférenciation des plastes du parenchyme libérien de la Chicorée. Les chloroplastes s'étirent tout en formant des ventres riches en matière plastidale colorable ou des vésicules peu colo-

(1) Travail effectué à l'Institut de Botanique de Strasbourg avec la collaboration technique de M. Charles Schmitt.

(2) *Rev. gén. Bot.*, 55, 1948, p. 256-290.

(3) *Thèse Science*, Paris, 1944; *Ann. Sc. Nat. Botanique*, 11e série, 5 et 6, 1944, 1945.

rables flanquées de tractus de substance très sidérophile d'épaisseur irrégulière. Ces derniers tendent à s'isoler et constituent parfois des chaînes discontinues d'éléments chondriocontiformes de longueurs variables. L'hétérogénéité des chondriocontes décrite par Meites ([4]) apparaît donc déjà très précocement. La brisure de ces filaments hétérogènes à l'endroit de constrictions non sidérophiles situées au niveau des ventres vésiculisés permet d'expliquer l'origine et la présence ultérieure de chondriocontes ramifiés. En tout cas, en même temps que l'hypertrophie cellulaire, nucléaire et nucléolaire s'accentue, on aboutit au chondriome filamenteux, touffu, périnucléaire et de calibre variable, signalé à l'état adulte par Garrigues ([5]).

L'origine de cette multiplication extraordinaire des chondriosomes mérite une étude spéciale. Déjà le fait de la différence de calibre, d'ailleurs plus ou moins caractéristique d'une cellule donnée, nous fait entrevoir un dédoublement possible de la substance mitochondriale. La présence de chondriocontes épais, montrant par endroits des éléments sidérophiles dédoublés côte à côte et l'observation de figures très nettes de filaments à segmentation homologue, couplés parallèlement, confirment cette hypothèse : les chondriocontes peuvent se multiplier par dédoublement de leur substance et clivage longitudinal séparant des éléments homologues. Ainsi l'extraordinaire multiplication des chondriocontes périnucléaires du tissu nourricier de *Diastrophus Rubi* peut trouver son explication dans un phénomène de division longitudinale, nouvelle possibilité d'évolution des chondriocontes, demeurée ignorée jusqu'à présent. Il reste cependant à voir si ce mode de division trouvé dans un cas pathologique est une possibilité d'évolution normale des chondriocontes dont l'observation, facilitée dans notre cas particulier par la multiplication extraordinaire de ces éléments, serait une chance rare dans une cellule normalement pourvue en chondriome.

Quoi qu'il en soit, cette multiplication par dédoublement est toujours accompagnée d'une fragmentation des chondriocontes en éléments plus ou moins courts, pouvant aller jusqu'à la forme de chaînes de chondriomites. Le degré de fragmentation du chondriome varie d'ailleurs d'une cellule à l'autre. Cette variabilité de longueur des chondriosomes dans le tapis nourricier peut être mise en rapport, conformément aux vues de Buvat ([6]), avec un rythme d'excitation et de ralentissement d'activité cellulaire : on pourrait, dans le cas présent, attribuer ce rythme aux impulsions parasitaires.

([4]) *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 241.
([5]) *Thèse Science*, Lyon, 1951.
([6]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 668.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la stimulation des échanges du Lapin par l'alimentation et les restrictions à apporter à la notion de l'action dynamique spécifique chez cette espèce.* Note de MM. **Théophile Cahn** et **Jacques Houget**, présentée par M. André Mayer.

Après avoir vérifié sur des chiens parfaitement entraînés aux mesures calorimétriques de longue durée que ni le travail des sécrétions digestives, ni les mouvements péristaltiques n'augmentaient sensiblement les échanges, Rubner a comparé la production calorifique de l'animal nourri et de l'animal jeûneur. La comparaison lui a montré que, dans la zone dite de neutralité thermique, la production de chaleur de l'animal nourri est toujours supérieure à celle de l'animal à jeun; les différences varient de 5 à 30 %, elles sont en rapport avec la nature de l'aliment ingéré. Le calcul donne, pour les glucides, un surplus de production calorifique de 6 à 8 %, pour les lipides de 13 % et pour les protides de 30 %. C'est cette surproduction définie de chaleur, qui accompagne l'assimilation de chaque aliment, que Rubner a appelée l'action dynamique spécifique. Cette notion a été rapidement admise comme s'appliquant à toutes les espèces animales et on lui a donné tantôt des bases biochimiques, tantôt des bases physiologiques, ces dernières semblant d'ailleurs les plus acceptables.

En mesurant chez le Lapin (race Zoo) les échanges respiratoires d'une manière continue jour après jour, nous avons été surpris de constater que, dès qu'on lui retire sa nourriture, sa production calorifique baisse rapidement d'environ 30 %. Voici, à titre d'exemple, quelques résultats expérimentaux :

N° de l'animal.	Régime.	Poids.	Cal : kg : h.	Quotient respiratoire.
33 (*)	alimenté	1,20	5,69 (*)	1,05
	jeûnant	–	3,86 (*)	0,85
R 044	alimenté	2,20	4,40	1,10
	jeûnant	–	3,06	0,97
3	alimenté	2,30	4,65	1,12
	jeûnant	–	3,16	0.86
37	alimenté	3,40	3,06	1,06
	jeûnant	–	2,24	1,00
069	alimenté	4,05	3,76	1,01
	jeûnant	–	2,75	0,90

Toutes ces valeurs correspondent à des mesures faites sur des périodes de 6 h, sauf celles marquées (*) qui correspondent à 24 h.

On pourrait penser que cette brusque baisse des échanges, dès que l'alimentation cesse, correspond à la suppression d'une action dynamique

spécifique, mais cette interprétation n'est à retenir ni du point de vue biochimique, ni du point de vue physiologique. En effet, d'une part le lapin reçoit une alimentation pratiquement hydrocarbonée, dont l'action dynamique spécifique ne peut être de l'ordre de 30 % et son quotient respiratoire pendant les six premières heures de jeûne montre qu'il continue à brûler des glucides d'une façon prépondérante; d'autre part, on sait que l'action dynamique spécifique se prolonge pendant environ 24 h après les repas et nous constatons ici la baisse presque immédiate des échanges.

Le phénomène inverse apparaît lorsque l'on réalimente des lapins ayant jeûné : les échanges augmentent alors aussitôt et souvent d'une façon considérable, surtout chez les jeunes animaux, comme le montrent les quelques valeurs suivantes déterminées sur les six premières heures consécutives à la réalimentation :

	Poids (kg).	Cal : kg : h.	Quotient respiratoire.
Jeûneur de 3 jours	1,05	3,38	0,80
Réalimenté	–	6,32	0,99
Jeûneur de 6 jours	1,87	2,30	0,75
Réalimenté	–	4,06	0,96
Jeûneur de 6 jours	3,69	2,31	0,73
Réalimenté	–	2,91	0,78

Même chez un animal aussi sédentaire que le Lapin, l'alimentation s'accompagne d'une certaine activité musculaire et une partie de la variation de production énergétique constatée doit être attribuée à celle-ci. Mais, de quelque façon que l'animal s'adapte à la situation nouvelle (mouvements, changements de position ou d'érection du pelage faisant varier le rayonnement, etc.), il n'en reste pas moins que le fait saillant sur lequel nous attirons l'attention consiste dans l'extrême rapidité avec laquelle la production calorifique augmente ou diminue en fonction de la prise de nourriture. Ce fait démontre l'existence d'un mécanisme physiologique, probablement neuro-humoral, de stimulation des échanges par l'alimentation. On le trouve peut-être chez d'autres espèces. En tous cas, son existence rend difficile sinon impossible la mise en évidence ou la mesure d'une action dynamique spécifique chez le Lapin.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Acides aminés libres des sangs de Poisson : étude chromatographique.* Note de Mme **Andrée Drilhon**, présentée par M. Paul Portier.

Si les protéines des sangs de Poisson ont été bien étudiées (teneur et variations, rapport sérine-globuline, point iso-électrique), par contre la

fraction aminée de l'azote non protéique est assez mal connue; il est vrai que cette teneur en azote aminé est faible : elle s'établit autour de 4 à 6 mg % chez les téléostéens.

L'étude des acides aminés libres ou de constitution des muscles de Poisson intéressant la valeur alimentaire de ces acides ont amené quelques auteurs à mettre en évidence occasionnellement et sur des espèces diverses quelques acides aminés libres dans le sang : le glycocolle, l'histidine (abondante chez les Sélaciens (30 mg °/₀₀), la lysine et l'arginine [1].

Mais aucune discrimination complète n'a été faite, à notre connaissance, jusqu'ici. Utilisant la méthode de chromatographie de partage qui a déjà fourni tant de résultats dans le domaine des acides aminés, nous avons pu étudier ceux-ci systématiquement chez un sténohalin d'eau douce, la Carpe, et chez un euryhalin, l'Anguille. Nos expériences ont porté sur le sang total le sérum et les globules, fractions d'une unique prise de sang sur le même animal.

Par ailleurs nous avons établi pour chaque individu son rapport gonosomatique et sa teneur globale en protéines. Les anguilles étaient des anguilles argentées d'avalaison pesant 1,500 kg dont la teneur en protéines, très élevée, atteignait 58 à 60 g °/₀₀ et leur rapport gonosomatique était égal à 1,45.

Il résulte de ces recherches que le nombre des acides aminés libres dans le sang de l'Anguille et de la Carpe est important, puisque nous avons pu jusqu'ici en dénombrer douze différents. Les acides aminés basiques dominent nettement; ce sont par ordre d'importance : la valine, la lysine, puis la tyrosine, l'histidine et l'arginine.

En opérant avec des concentrations plus élevées et avec des solvants variés on décèle alors tous les autres.

Il existe un parallélisme absolu entre le sang total et le sérum : la valeur quantitative de chaque élément paraît seulement les faire différer. On trouve dans les globules rouges le glycocolle, et les acides aminés abondants dans les histones et les protamines (tryptophane, phénylalanine, histidine, lysine et arginine).

Nous avons cru pouvoir attribuer à des traces de dioxyphénylalanine une tache présente dans les globules et le sang total, tache décelable aisément en lumière ultraviolette et se colorant en jaune par la ninhydrine.

Quelques échantillons de sang total de truite nous ont permis de voir que la répartition des acides aminés libres est rigoureusement la même que chez la Carpe; nos résultats sont groupés dans le tableau ci-après.

---

(1) *Biochemistry of fish*, 1951 (*Symposia*, n° 6, Cambridge).

Acides aminés.	Anguille. Sang total.	Anguille. Sérum.	Anguille. Globules.	Carpe. Sang total.	Carpe. Sérum.	Carpe. Globules.
Cystine	— +	—	+	— +	— +	+
Acide aspartique	+	+	—	+	+	—
Acide glutamique	+	+	—	+	+	—
Histidine	+	+	+ +	+	+	+ +
Lysine	+ + +	+ +	+ + +	+ + +	+ +	+ + +
Glycocolle	+ +	+	+	+ +	+	+ +
Proline	— +	— +	—	—	—	—
Tyrosine	+ +	+ +	+ +	+	+	— +
Valine	+ + +	+ +	+ + +	+ + +	+ +	+ + +
Norvaline	— +	— +	—	—	—	—
Tryptophane	+ +	+	+ +	+	+	+ +
Leucine	+	+	—	+	+	—
Isoleucine	— +	— +	—	—	—	—
Arginine	+ +	+	+ + +	+ +	+	+ + +
Phénylalanine	+	— +	+ +	+ +	+	+ +

Nos recherches sur l'adaptation de la Carpe à des solutions salées (dilutions d'eau de mer) nous avaient montré (²) que, si les protéines totales augmentent légèrement au début des expériences, une adaptation lente et prolongée ramène aisément leur taux à la normale. Par contre les points iso-électriques de celles-ci subissent des modifications sensibles pour un gradient de salinité très faible ($\Delta = -0°13$) et se maintiennent au même pH jusqu'à — 0°90. Il apparaît donc que l'équilibre des ampholytes est perturbé pour un changement minime du milieu environnant : la Carpe se comporte, au point de vue protéique, comme le Congre, sténohalin marin.

Pour l'Anguille, au contraire, Fontaine et Boucher-Firly (³) ont montré que le taux des protéines sériques subit une diminution importante lors du passage de l'eau douce à l'eau de mer : celles-ci baissent de 15 % au sixième jour d'adaptation et de 40 % au maximum pour les anguilles d'avalaison; parallèlement la teneur en azote non protéique ne paraît subir aucun changement (⁴).

Répétant ces mêmes expériences, il nous a paru judicieux de voir si les figures chromatographiques des acides aminés libres révélaient des modifications.

La mise en évidence des acides aminés s'avère beaucoup plus difficile pour les animaux adaptés. Nous avons saigné des carpes vivant depuis trois jours dans un milieu se congelant à — 0°,93 après des passages successifs dans des bains de concentrations croissantes, et des anguilles équi-

(²) Drilhon et Pora, *Ann. Physiol.*, **12**, 1936, n° **1**, p. 139 à 168.
(³) *Comptes rendus*, **113**, 1932, p. 1854.
(⁴) S. Firly, *C. R. Soc. Biol.*, **115**, 1934, p. 952.

librées depuis plusieurs jours en eau de mer. Il nous a été impossible de mettre en évidence par cette méthode des changements importants dans la répartition de l'azote aminé. Nous étendons actuellement cette étude aux amino-acides du muscle, et il nous apparaît que les modifications y sont plus nettes, au moins en ce qui concerne les sténohalins.

En conclusion, la méthode de chromatographie de partage nous a permis de dénombrer douze acides aminés libres dans le sang de deux types de poissons. Certains de ces acides aminés n'existant qu'à l'état de traces auraient échappé à toute analyse chimique.

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la production expérimentale de jumeaux chez l'embryon d'un Salmonidé.* Note de M. HUBERT LUTZ et Mme LUTZ-OSTERTAG, présentée par M. Maurice Caullery.

L'œuf de *Salmo umbla* (*S. salvelinus*), qui a servi à ces expériences, est relativement grand (2 à 4 mm de diamètre). L'opération est effectuée sur des œufs de 3 à 4 jours de développement. Aucun repère ne permet de l'orienter; nous avons donc été amenés à pratiquer au hasard nos interventions.

Deux techniques ont été employées avec succès : la fissuration du blastoderme à l'aide de l'aiguille de verre à travers une fente très fine et les irradiations localisées aux rayons X ([1]). Chacune des deux techniques nous a permis d'obtenir un pourcentage élevé de duplications.

1. *Fissuration du blastoderme.* — La technique correspond sensiblement à celle employée par l'un de nous ([2]) sur le blastoderme d'Oiseaux. Sur 674 œufs qui sont opérés, 115 seulement survivent jusqu'en fin d'expérience; la moindre lésion de la membrane vittelline entraîne la mort de l'œuf.

Nombre d'œufs opérés.	Embryons vivants en fin d'exp.	tête à tête.	parallèles.	Monstres doubles antérieurs.	postérieurs.	Embryons simples.
674..........	115	14	13	8 + 1 tricéphale	9	60
		TOTAL....................		45		

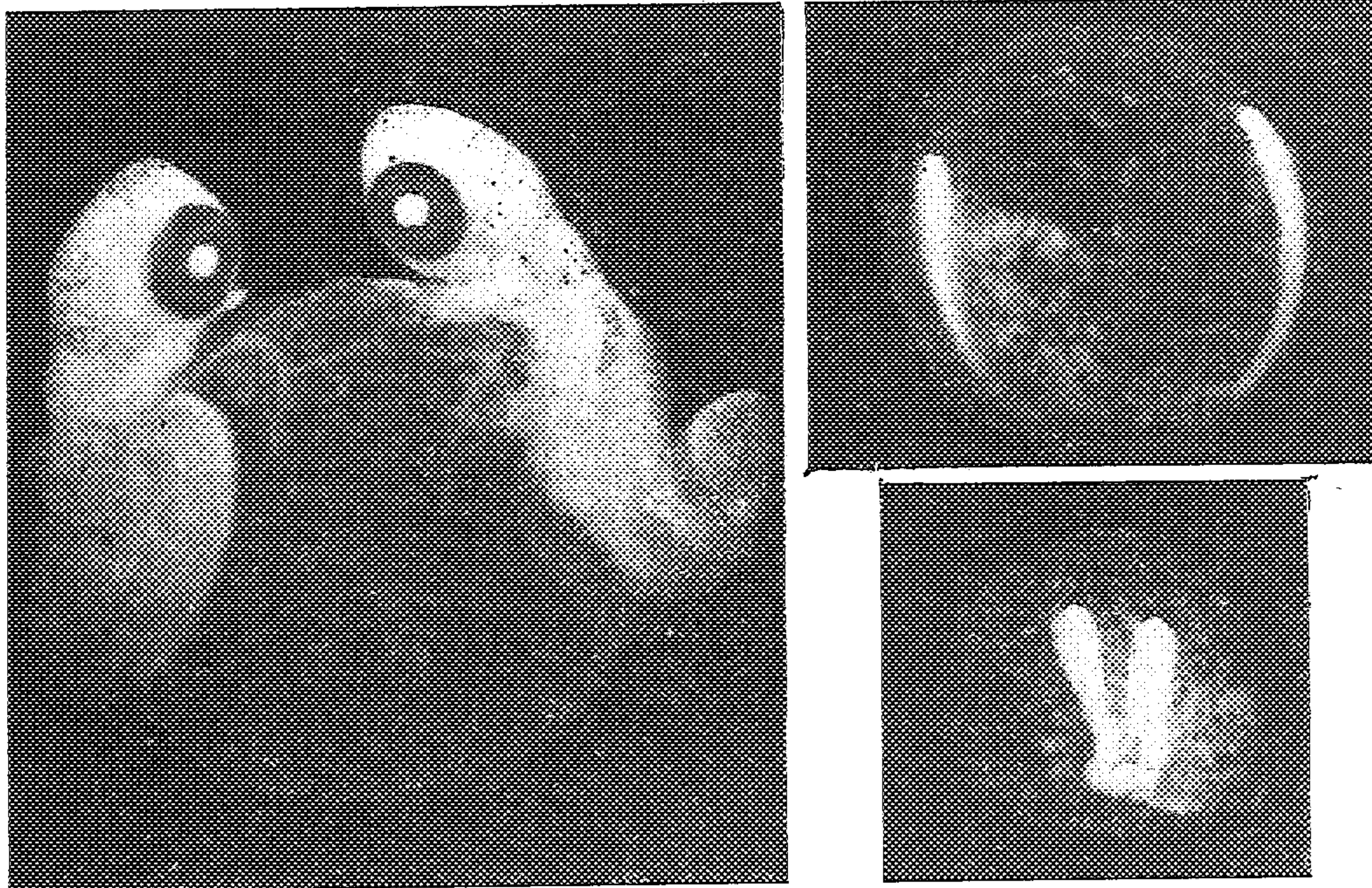
Au total nous avons dénombré 14 jumeaux en position tête contre tête et 13 autres à axes parallèles. D'autre part, nous avons relevé huit cas de monstres doubles antérieurs ainsi qu'un embryon tricéphale et neuf monstres doubles

---

([1]) Ces expériences ont été effectuées avec l'appareil de rayons X de l'Institut de Géologie de la Faculté des sciences de Clermont-Ferrand.

([2]) H. LUTZ, *Arch. Anat. microsc. et Morph.*, 38, 1949, p. 79-144.

postérieurs. Quant aux 60 cas d'embryons simples, ils semblent êtres dus à une cicatrisation précoce de la lésion, suivie d'une régulation complète.



(a) (b)

a. Embryons évolués opposés par la tête.
b. En haut : embryons opposés par la tête; *en bas :* embryons parallèles.

2. *Irradiations localisées.* — Cette technique correspond à celle préconisée par E. Wolff ([3]).

Nombre d'œufs opérés.	Embryons vivants en fin d'exp.	Embryons tête à tête.	Embryons parallèles.	Monstres doubles antérieurs.	Monstres doubles postérieurs.	Embryons simples.
50...........	43	9	8	4	4	18
	TOTAL....................			25		

Sur 43 œufs qui ont survécu jusqu'en fin d'expérience, nous distinguons 9 couples de jumeaux en position, tête contre tête et huit autres à axes parallèles; nous avons aussi relevé la formation de quatre monstres doubles antérieurs et quatre monstres doubles postérieurs. Dans 18 cas un seul embryon s'est développé.

Tous les témoins communs aux deux séries d'expériences (environ 1200) étaient normaux.

([3]) ÉT. WOLFF, *Thèse*, 1936.

La distinction entre jumeaux à têtes opposées et jumeaux à axes parallèles semble être conventionnelle. Mais, si l'on considère les embryons sur la sphère ovulaire, on constate qu'ils peuvent être situés sur des méridiens rapprochés et dans ce cas les axes des embryons sont parallèles ; dans l'autre cas les deux embryons sont situés sur le même méridien (donc sur les moitiés opposées de la sphère ovulaire) et dans ce cas ils sont opposés par la tête.

On peut donc conclure que le blastoderme de poisson est un système à orientation déterminée ; l'axe céphalo-caudal correspond toujours à l'axe animal-végétatif. Il ressort en même temps de ces expériences que le blastoderme de *Salmo umbla* a des potentialités multiples.

Conclusion. — Si l'on fissure le blastoderme de l'œuf de *Salmo umbla* par un procédé microchirurgical, on obtient des formations doubles. Suivant la situation de ces embryons sur la sphère ovulaire, on est amené à distinguer des jumeaux à axes parallèles et des jumeaux opposés par la tête.

BIOLOGIE. — *Modification de la basophilie de la cellule hépatique chez la Lapine en gestation.* Note (*) de MM. JEAN CLAVERT et IVAN ASSENMACHER, présentée par M. Robert Courrier.

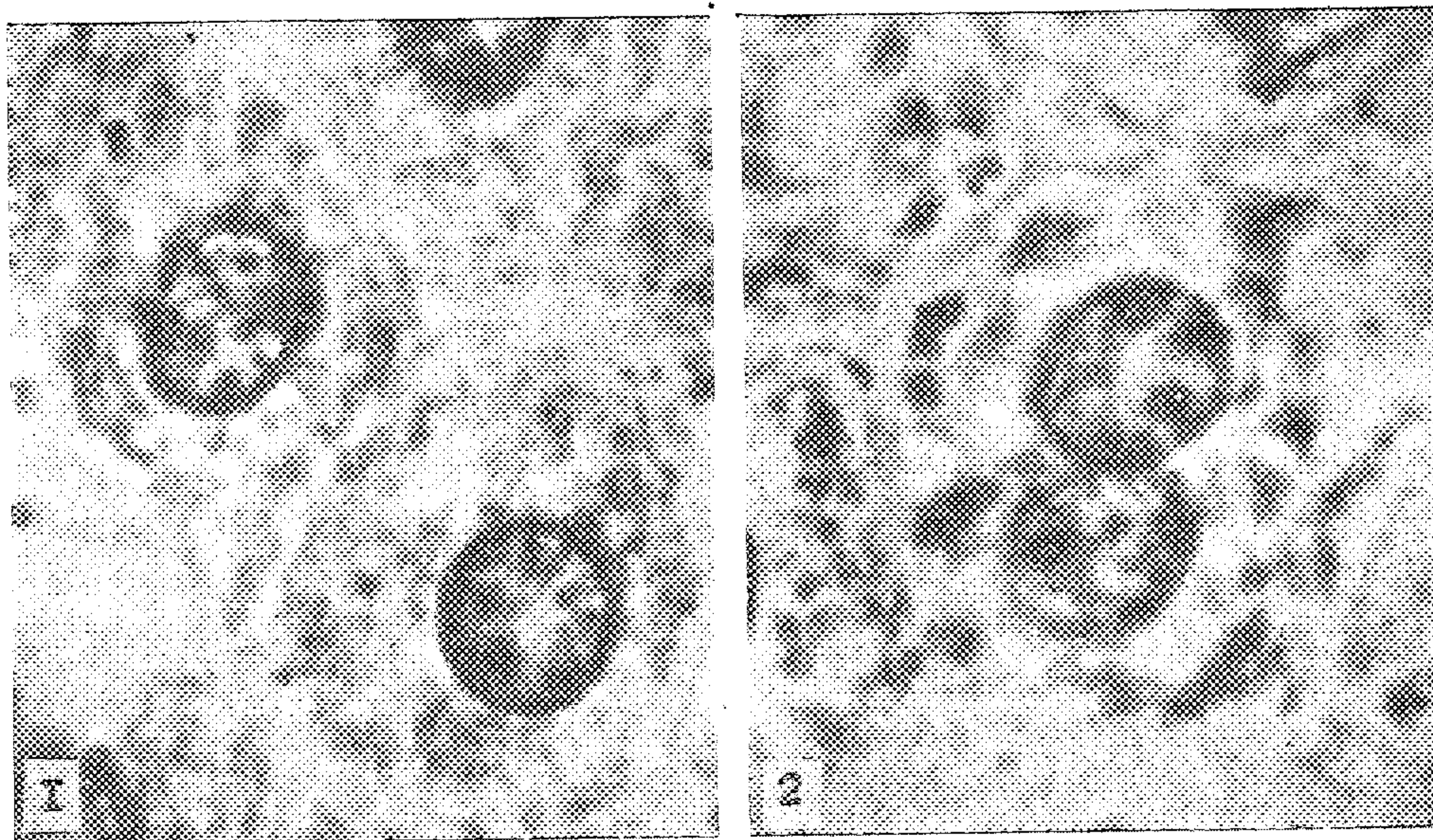
Au cours de la gestation, différentes modifications ont été signalées au niveau du foie. Bokelmann et Scheringer (1932) constatèrent une augmentation du poids du foie rapporté au poids du corps chez le Rat. Charrin et Guillemonat (1900) chez le Cobaye, le Lapin et le Rat, Ducommun-Lehmann (1951) chez le Cobaye, notèrent des modifications de la teneur du foie en glycogène; Millot (1928), Roussel et Dufour-Deflandre (1931) chez les Ruminants et la Souris, Sivety (1873), Stieves et Kaps (1937) chez la Lapine, enregistrèrent des variations de la teneur du foie en lipides. Enfin Davidson et Waymouth (1944), Campbell et Kosterlitz (1949) mirent en évidence chez le Rat un accroissement du taux des acides nucléiques. Campbell et Kosterlitz, après avoir étudié le comportement de différents constituants de la cellule hépatique, insistèrent sur l'importance particulière de l'accroissement du taux des acides nucléiques des cellules hépatiques et sur la nécessité de la présence du placenta pour les transformations qu'ils ont rapportées. On sait, depuis les travaux de Caspersson et Schultz (1939), Davidson et Waymouth (1944) et Deane (1946) que les inclusions basophiles de la cellule hépatique sont constituées spécifiquement par des ribonucléoprotéines. L'appréciation de la basophilie de cette cellule revient donc à l'étude de sa teneur en acide ribonucléique.

Dans cette Note, nous nous proposons d'étudier les modifications de la basophilie de la cellule hépatique de la Lapine gestante. Nous avons utilisé,

(*) Séance du 19 novembre 1951.

pour nos expériences, 25 lapines adultes, d'un poids oscillant entre 2 250 et 3 950 g. Six d'entre elles servirent de témoins; les autres furent sacrifiées à des époques différentes de la gestation (de 6 à 29 jours), après 16 à 24 h de diète hydrique. A l'autopsie, les foies furent immédiatement prélevés, pesés et des échantillons furent fixés au Carnoy et colorés au bleu de toluidine.

Chez les témoins, toutes les cellules hépatiques renferment des inclusions basophiles, mais en quantité variable suivant leur situation dans le lobule, les cellules périphériques étant toujours plus riches que les cellules centrolobulaires. Ces inclusions se présentent sous forme de petits éléments filiformes ou granulaires disséminés dans tout le cytoplasme (cf. *fig.*). La baso-



1. Cellules hépatiques d'une Lapine au repos sexuel.
2. Cellule hépatique d'une Lapine après 15 jours de gestation.

philie de la cellule s'accroît considérablement pendant la gestation. Le début de cet accroissement s'observe déjà dans la période qui précède la placentation ([1]). Les filaments ou grains s'épaississent et confluent progressivement. Il se forme ainsi, dans la cellule hépatique, de grosses flaques basophiles très apparentes déjà vers le 15e jour (cf. *fig.*). Ces transformations sont toujours plus importantes dans les zones périphériques et moyennes du lobule. Dans les derniers jours de la gestation, les flaques ont tendance à se disloquer à nouveau et la basophilie paraît s'atténuer.

([1]) Pendant la gestation, nous avons également observé un accroissement du poids du foie rapporté au poids du corps; cette modification précède, elle aussi, la placentation.

Donc, durant la gestation, on *observe une augmentation des plus nettes de la basophilie de la cellule hépatique.* Cet accroissement de la basophilie correspond à une augmentation de la teneur du cytoplasme en acide ribonucléique. La placentation ne paraît pas être le seul facteur déterminant chez la Lapine l'accroissement de la basophilie, car *celle-ci débute avant la placentation.* De plus, il nous paraît important de signaler la *similitude des modifications* de la basophilie hépatique *pendant la gestation* chez la Lapine et *la phase de grand accroissement des follicules chez les Oiseaux.* Cette analogie de comportement laisse supposer des *modifications endocriniennes* apparentées dans ces deux cas.

BIOLOGIE. — *Influence des variations de salinité du milieu extérieur sur des Crustacés cavernicoles et épigés.* I. *Étude de l'intensité des échanges respiratoires.* Note de M[lle] **Louise Derouet**, présentée par M. Louis Fage.

Les espèces cavernicoles, qui résistent beaucoup mieux que l'espèce épigée à des augmentations importantes de salinité du milieu ambiant, présentent un accroissement de leur métabolisme respiratoire en fonction de l'accroissement de salinité, alors que l'espèce épigée dans les mêmes conditions manifeste un ralentissement de ce même métabolisme.

On admet généralement qu'un certain nombre d'espèces cavernicoles de Crustacés, surtout parmi les Isopodes, proviennent de l'installation d'anciens Crustacés marins dans les eaux souterraines. Il était donc intéressant de chercher si les Crustacés cavernicoles peuvent vivre en eau salée et de comparer les modifications éventuelles de leur métabolisme respiratoire dans ce milieu à celles d'espèces épigées voisines. Des expériences ont été faites d'une part sur *Cæcosphæroma virei* Dollfus et *Niphargus orcinus* Joseph cavernicoles et, d'autre part, sur *Gammarus pulex* L. épigé.

Les animaux, choisis de poids aussi voisin que possible (85-97 mg *Cæcosphæroma*; 120-183 mg *Niphargus* et *Gammarus*), sont placés dans des flacons bouchés à l'émeri. La durée de l'expérience est calculée afin que le pourcentage d'O_2 consommé ne dépasse jamais 10 % du volume initial d'O_2 dissous. L'intensité respiratoire (I. R.) est d'abord mesurée pour tous les lots dans leur milieu normal. Des expériences antérieures [1] faites sur *Niphargus* et *Gammarus* ont mis en évidence la grande différence d'intensité des échanges respiratoires des cavernicoles et des épigés. Certains des lots sont ensuite placés dans des mélanges renfermant de l'eau de mer en proportion croissante; les témoins respirent toujours

[1] *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1054.

dans leur milieu normal et les variations observées dans le temps ne dépassent jamais 5 %. Les I. R. exprimées en grammes d'O_2 par heure et par grammes d'animal sont mesurées soit par la technique de Nicloux ([2]), soit par celle de Fox ([3]). Le tableau ci-dessous rassemble certains des résultats obtenus.

Milieu d'eau de mer (%).	I. R. initiale.	I. R. après séjour dans les milieux.			
		24 h.	48 h.	7 j.	15 j.
Niphargus :					
25	0,0213	0,0235	0,0204	0,0204	0,0206
50	0,0215	0,0325	0,0435	0,0274	+
Cæcosphæroma :					
25	0,00854	0,00852	–	0,00906	0,00856
33	0,00710	0,0113	–	0,00715	–
50	0,00550	0,0112	–	0,0103	0,0083
Gammarus :					
25	0,242	0,217	0,224	0,212	+
33	0,381	0,295	0,174	0,170	+
50	0,240	0,149	0,139	+	–

Chez les cavernivoles, aucune modification sensible de l'I. R. n'est observée pour des mélanges contenant 1/6 ou 1/5 d'eau de mer. Mais alors que l'I. R. s'élève chez *Niphargus* placé dans un mélange à 25 % d'eau de mer, il n'y a d'élévation sensible chez *Cæcosphæroma* que dans un mélange à 33 % d'eau de mer. Chez les deux espèces, l'accroissement du métabolisme respiratoire est plus important et plus durable dans des mélanges à 50 % d'eau de mer. Lorsque le séjour dans le nouveau milieu se prolonge, il semble se faire chez les cavernicoles une régulation du métabolisme respiratoire dont les valeurs se rapprochent de celles trouvées initialement d'autant plus rapidement que la concentration saline est plus voisine du seuil d'action.

Alors que *Niphargus* ne résiste pas plus de 24 h dans un milieu renfermant 60 % d'eau de mer, à 15°, des lots de *Cæcosphæroma*, qui ont séjourné au préalable 24 h dans un milieu à 60 % d'eau de mer, vivent 15 jours en eau de mer pure. S'ils sont transportés directement de l'eau douce en eau de mer, ils survivent 5 à 8 jours, mais sans manifester d'activité.

Chez l'espèce épigée *Gammarus*, l'I. R. diminue de façon sensiblement progressive quand la salinité augmente à partir d'un mélange d'environ 20 % d'eau de mer. Dans un milieu à 33 % d'eau de mer la résistance est déjà faible

([2]) *Bull. Soc. Ch. Biol.*, **12**, 1930, p. 1326-1337.
([3]) *J. exp. Biol.*, 15, 1938, p. 437-445.

et la mort survient en quelques jours pour un mélange à 50 % d'eau de mer, en quelques heures pour l'eau de mer pure.

Notons qu'une espèce marine, *Sphæroma serratum*, voit son I. R. s'abaisser lorsque, au contraire, on diminue le taux de salinité de l'eau. Pour une concentration de 33 % d'eau de mer, l'abaissement est de 30 à 40 %.

En conclusion, les espèces cavernicoles étudiées apparaissent plus résistantes que l'espèce épigée à un accroissement de salinité, cette résistance étant particulièrement importante pour *Cæcosphæroma*. Elles présentent une phase d'activation de leurs échanges respiratoires à partir d'une valeur seuil de l'accroissement de salinité, alors que l'espèce épigée subit un ralentissement constant de son I. R.

BIOLOGIE APPLIQUÉE. — *Nouvelle méthode pour obtenir et conserver des poudres d'organe, destinées à la thérapeutique, par l'emploi des basses températures, de la dessiccation et du vide.* Note de M. **Henri S. Tival**, présentée par M. Paul Becquerel.

Cette méthode consiste à soumettre les organes à l'action d'un froid profond, suffisamment intense et rapide, pour arrêter subitement toute activité catalytique et biologique.

La technique de préparation, appliquant les propriétés inhibitrices du froid, se caractérise en ce que l'organe prélevé sur l'animal aussitôt après l'abatage est soumis, sans délai, à une congélation brusque et profonde par l'action brutale de l'air liquide. La congélation immédiate et soudaine est nécessaire avant qu'aucun phénomène d'altération « *post-mortem* » puisse se produire. Elle a pour effet de saisir, de fixer, de stabiliser les constituants actifs dans leur association et état naturels et enfin de conférer à la matière l'état de dureté propice à sa pulvérisation.

Les organes solidifiés sont pulvérisés finement à une température comprise entre — 80 et — 100° C dans des broyeurs énergiquement réfrigérés. On obtient une poudre très ténue et très mobile où chaque particule conserve son individualité : l'état divisé étant indispensable pour avoir une dessiccation rapide.

Les poudres glacées sont desséchées sous un vide profond, dans une ambiance de température invariable de — 22° C qui est la température constante de cette opération.

Suivant une caractéristique importante du procédé, on obtient une évaporation accélérée et, ce qui est vraiment remarquable, une dessiccation quasi complète en ajoutant à la poudre, toujours à température basse, une substance neutre adsorbant la vapeur d'eau par affinité physique. Cette substance adsorbante est le « Silicagel » granulé, les dimensions des

grains étant nettement supérieures à celles des particules de la poudre. Le mélange est versé, sans aucune manutention et en bloc, dans un tambour rotatif placé concentriquement à l'intérieur de l'étuve. La dessiccation se produit rapidement et complètement dans des conditions impossibles à réaliser autrement, car dans le mélange homogène, au sein de la masse, chaque grain de Silicagel crée un espace libre d'évaporation; il s'ensuit que les vapeurs sont adsorbées et condensées au fur et à mesure et au lieu même de leur formation.

Les poudres sont ramenées à la température du laboratoire, après dessiccation complète seulement, puis séparées du Silicagel par tamisage et enfin stockées immédiatement en flacons étanches, sous atmosphère inerte, à l'abri de la lumière et en chambre froide.

Avec cette technique scrupuleusement appliquée, on obtiendra des poudres d'organe conservant longtemps leurs propriétés chimiques, susceptibles de servir aux travaux des biochimistes ou aux applications que la thérapeutique découvrira.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Structure des protéines et action de l'arginase sur les produits de leur hydrolyse partielle.* Note (*) de MM. **Jean Roche**, **Marcel Mourgue** et **Raymond Baret**, présentée par M. Maurice Javillier.

La mise en liberté de l'arginine au cours de l'hydrolyse des protéines a été étudiée ([1]) dans le but de rechercher si les divers restes de cet acide aminé sont ou non engagés dans des combinaisons d'un même type. Nous nous sommes proposé de mettre en évidence grâce à elle des différences dans la structure de diverses protéines.

Des protéines de teneurs différentes en arginine (édestine 16,7 %, ovalbumine 5,8 %, thymohistone 13,5 %, thyroglobuline 12,4 %, salmine 89,7 %) ont été soumises à l'action de l'acide chlorhydrique (bain de paraffine à 120°) et l'arginine libre a été dosée à des temps successifs de leur hydrolyse. Cette dernière a été opérée aux concentrations 5 N et 6 N en H Cl et son évolution a été suivie par dosage de l'azote aminé (van Slyke). L'arginine a été dosée par la méthode à l'arginase (technique de Cahn et Bonot modifiée), enzyme considéré comme spécifique de l'acide aminé libre dans les hydrolysats partiels des protéines ([1]).

La comparaison des résultats peut être réalisée à partir des données déter-

---

(*) Séance du 14 janvier 1952.

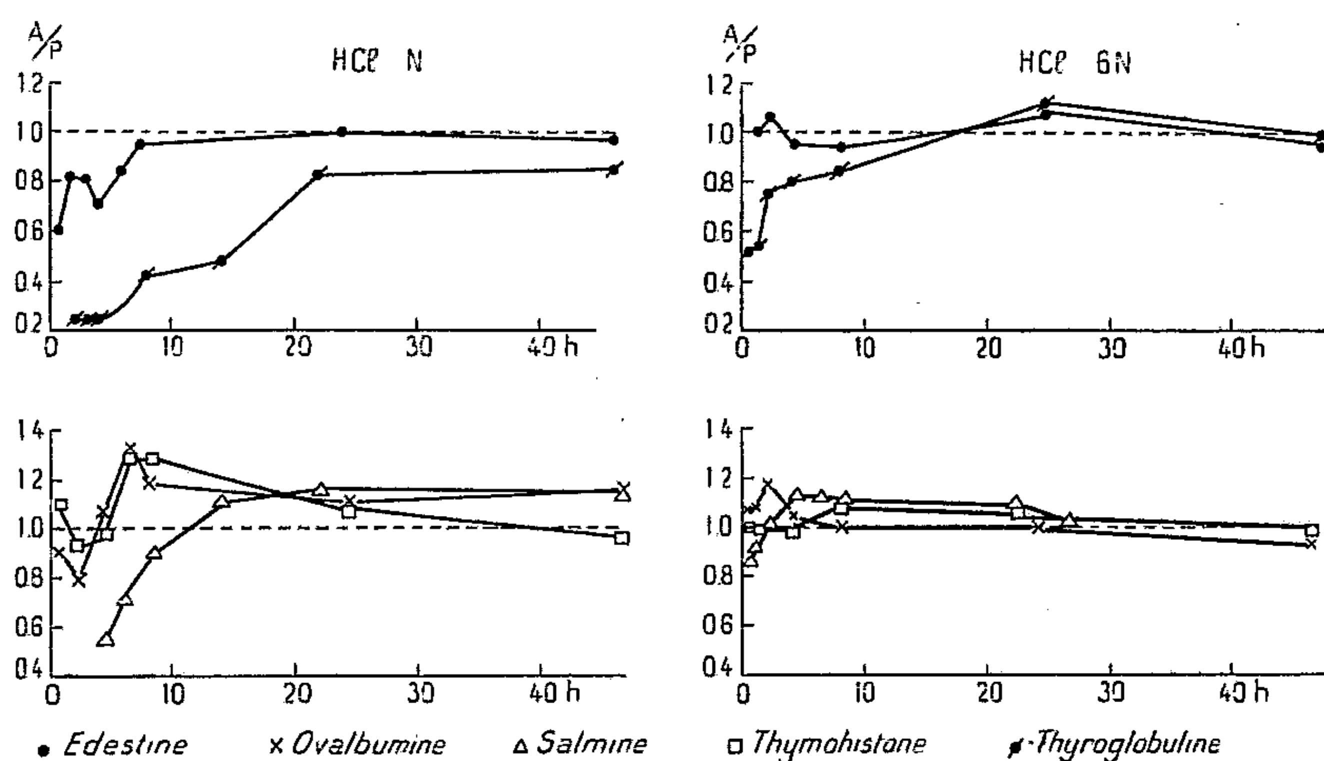
([1]) J.-A. Dauphinée et A. Hunter, *Biochem. J.*, 24, 1930, p. 1128; S. Kamiya, *J. Bio-Chem.*, 22, 1935, p. 263; I. Krausragins, *J. Biol. Chem.*, 138, 1938, p. 761; F. Lieben et H. Lieber, *Biochem. Z.*, 275, 1934, p. 38; R.-A. Portis et K.-I. Altman, *J. Biol. Chem.*, 169, 1947, p. 203.

minées à chacun des temps successifs de l'hydrolyse, dont une partie figure, à titre d'exemple, dans le tableau.

Pourcentage des liaisons peptidiques totales rompues et de l'arginine totale libérée au cours de l'hydrolyse de diverses protéines par l'acide chlorhydrique N.

Temps d'hydrolyse (heures).	Pourcentage des liaisons peptidiques totales rompues.		
	Édestine.	Thymohistone.	Thyroglobuline.
1	26,7	23,1	–
2	29,7	36,5	28,0
3	39,6	–	32,1
4	45,5	43,2	36,0
6	55,3	45,3	45,5
8	56,6	48,7	48,6
22–24	64,2	78,1	72,6
46	80,8	82,6	82,2

Elle est plus objective encore à partir des variations du rapport : pourcentage de l'arginine totale libérée/pourcentage des liaisons peptidiques totales rompues (en abrégé A/P) (*figure*).



Variations du rapport : pourcentage de l'arginine totale libérée/pourcentage des liaisons peptidiques totales rompues (A/P), à des temps successifs de l'hydrolyse de diverses protéines par l'acide chlorhydrique N et 6 N. *Abscisses :* temps d'hydrolyse en heures. *Ordonnées :* rapport A/P,

Les faits suivants se dégagent de nos observations :

1° La libération de l'arginine par hydrolyse acide des protéines présente des caractères particuliers à chacune de celles-ci. La thyroglobuline et, à un degré moindre, l'édestine se distinguent des autres produits étudiés par la stabilité beaucoup plus grande des liaisons peptidiques auxquelles participe l'arginine. Cet acide aminé est, par contre, très labile dans la thymohistone et l'ovalbumine. Les résultats avec la salmine ne sauraient être aussi simplement

interprétés, en raison de la nature des peptides auxquels l'hydrolyse de cette protéine est susceptible de donner naissance.

2° L'acide chlorhydrique présente une spécificité d'action beaucoup plus grande à concentration N qu'à 6 N, en ce qui concerne l'hydrolyse de certaines liaisons peptidiques des protéines. La stabilité de celles comprenant un reste d'arginine dans la thyroglobuline et l'édestine et, par ailleurs, leur labilité dans les autres protéines se manifestent en effet beaucoup plus sélectivement dans le premier cas (*figure*).

Conclusions. — La cinétique de la libération de l'arginine au cours de l'hydrolyse acide des protéines permet de caractériser certaines de celles-ci. La thyroglobuline se distingue des autres protéines étudiées par une extrême stabilité des liaisons peptidiques auxquelles participe l'arginine, et la thymohistone par la labilité d'une partie de celles-ci. L'hydrolyse ménagée de ces deux protéines, de teneur en arginine voisine, permet donc de mettre en évidence une différence dans leur constitution pouvant reposer, en partie, sur la diversité de facteurs structuraux exerçant une influence sur la stabilité des liaisons de l'arginine et, en partie, sur la nature de celles-ci.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la formation de substances inhibitrices de la fermentation par* Botrytis cinerea. Note de MM. **Jean Ribéreau-Gayon**, **Émile Peynaud** et Mlle **Suzanne Lafourcade**, présentée par M. Maurice Javillier.

1. Il a été montré dans une Note précédente (1), que les diverses souches de *Botrytis cinerea* (à l'exception de *Botrytis cinerea lini* v. Beyma) possèdent à un haut degré le pouvoir de former un ou plusieurs antibiotiques des levures alcooliques. Ces substances, solubles dans l'eau, diffusent dans le moût à la surface duquel le *Botrytis* est cultivé et sont facilement extractibles du mycélium grossièrement broyé, par macération dans l'eau, plus rapidement dans l'eau chaude. Elles sont précipitables intégralement des solutions aqueuses par l'alcool fort.

Voici un exemple de la fermentation dans des conditions identiques, d'un même jus de raisin (217 g de sucre par litre) : 1° sans addition; 2° additionné d'un floculat alcoolique de moût pourri; 3° additionné d'un floculat alcoolique d'extrait aqueux de mycélium :

	1.	2.	3.
Grammes de sucre fermentés en :			
3 jours	43	0	6
5 »	170	42	62
9 »	215	124	142
15 »	215	204	206
Population finale en levures en milliers par millimètre cube...	92	46	54

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 251.

2. Dans des cultures de *Botrytis cinerea* sur moût de raisin, la présence d'inhibiteurs peut être mise en évidence dans le moût dès que la surface est recouverte du mycélium. Le pouvoir antibiotique du moût s'accroît par la suite et son maximum coïncide avec l'apparition des conidies, tandis que les substances inhibitrices du mycélium augmentent avec le poids de celui-ci.

Lorsqu'on compare des cultures sur moût de raisin et sur moût de bière, le pouvoir antibiotique apparaît plus vite sur ce dernier parce que le développement y est plus rapide, mais le pouvoir maximum est le même dans les deux cas.

3. Un chauffage de quelques minutes à 100°, soit du floculat lui-même, soit de sa solution dans l'eau ou dans le moût de raisin, augmente nettement l'effet inhibiteur sur la fermentation. Ce chauffage détruit les oxydases qui semblent gêner l'action antibiotique. Ce corps résiste donc quelques minutes à la température de 100°.

Par contre, le chauffage à 120° le détruit en grande partie en 15 mn et complètement en une heure. Le passage à l'autoclave du moût pourri rend sa fermentation beaucoup plus active, sans lui redonner toutefois la fermentescibilité du moût sain.

4. Le traitement à l'aide de charbon activé du moût pourri ou enrichi en antibiotique, suivi d'une filtration ou d'une centrifugation, accélère également la fermentation et augmente la multiplication des levures (de 38 % dans un cas). Le charbon adsorbe les substances inhibitrices, mais incomplètement : le moût ne retrouve pas entièrement sa vitesse de fermentation initiale et son pouvoir nutritif pour les levures.

5. Alors que l'introduction dans un moût de raisin sain de 50 mg : l d'anhydride sulfureux, précédant l'ensemencement, ne modifie pas la vitesse de la fermentation et diminue à peine le nombre des levures, cette même addition à un moût pourri ou additionné d'antibiotique, facilite nettement sa fermentation. Parallèlement, la population des levures est augmentée de 25 % et, pour une addition de 100 mg d'anhydride sulfureux, de 30 %.

Cette propriété de l'acide sulfureux a comme conséquence pratique qu'un moût provenant de raisins pourris peut fermenter plus facilement après un léger sulfitage.

6. L'évolution du potentiel d'oxydoréduction au cours de la fermentation alcoolique, est, toutes autres conditions égales, très différente dans le moût de raisin sain et dans le moût pourri : dans ce dernier la fermentation se poursuit à un niveau d'oxydoréduction beaucoup plus élevé (potentiel limite : 0,216 V à pH 3,5), que dans le moût témoin (0,106 V à pH 3,5).

Parallèlement l'acide acétique formé au cours de la fermentation est toujours plus abondant dans le moût pourri ou dans le moût ayant reçu du floculat de moût pourri : 15 méquiv : l, au lieu de 7,5 par exemple. Ce phénomène d'ailleurs est en rapport avec la présence d'oxydases et indépendant de celle

d'antibiotiques; en effet, le chauffage à 100° du moût, qui ne détruit pas l'inhibition, conduit à un taux d'acide acétique plus faible.

7. Ces observations et notamment la floculation par l'alcool et les actions destructrices du chauffage à 120° et de l'acide sulfureux, permettraient de penser que l'activité antibiotique du *Botrytis cinerea* sur la levure est due à une protéine ou un polypeptide ayant le caractère d'un ferment, point que les recherches en cours élucideront. Il mérite d'être souligné, en outre, que d'une part, jusqu'à maintenant, les *Botrytis* ont peu servi comme matériel dans la recherche des antibiotiques, et que d'autre part, des antibiotiques de fermentation ont rarement été signalés. En effet, les levures, cellules volumineuses et riches en enzymes, résistent particulièrement bien à tous les antibiotiques connus, qui sont pratiquement sans effet sur la fermentation alcoolique.

BACTÉRIOLOGIE. — *Présence dans les eaux sulfureuses françaises de bactéries réductrices de sulfate et d'une variété protéolytique d'*Actinobacterium israëli : A. israëli *var.* liquefaciens (*nov. sp.*). Note de MM. **Henri Beerens** et **Niels Hvid-Hansen**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'étude de la flore des eaux sulfureuses a mis en évidence des bactéries anaérobies réductrices des sulfates : *Desulphovibrio*, *Desulphoristella hydrocarbonoblastica* (nov. sp.) (Hvid-Hansen), et des Actinomyces anaérobies : *Actinobacterium israëli* var. *liquefaciens* (nov. sp.). La formation de l'SH_2 se trouve expliquée par la réduction microbienne des sulfates par ces anaérobies. Le rôle de l'actinomyces reste indéterminé.

L'un de nous (¹) a récemment signalé la présence, dans les eaux sulfureuses danoises, de bactéries réductrices de sulfate et d'Actinomyces anaérobies. Utilisant les mêmes techniques, nous avons retrouvé des espèces microbiennes identiques dans certaines eaux sulfureuses françaises. Elles proviennent des stations thermales de Saint-Amand (Nord), d'Enghien (Seine-et-Oise), de Saint-Honoré (Nièvre) et d'Uriage (Isère). Toutes contiennent des quantités plus ou moins abondantes d'hydrogène sulfuré, et permettent le développement d'algues sulfuraires. Les ensemencements ont toujours été pratiqués au griffon des sources. Deux milieux ont été utilisés : l'un synthétique autotrophe gélosé décrit par Butlin et coll. (²), modifié par Hvid (milieu B), pour la mise en évidence des bactéries réductrices de sulfate; l'autre, pour les Actinomyces, est hétérotrophe : il s'agit du « Fluid thioglycollate *medium* » (Difco), rendu solide par addition de 15 g d'agar Difco par litre. Cinq tubes contenant 10 cm³ de ces milieux ont été

(¹) N. Hvid-Hansen, *Acta path. et microb. scand.*, 29, 1951, p. 314.
(²) K. R. Butlin, M. E. Adams et M. Thomas, *J. Gen. Microbiol.*, 3, 1949, p. 46.

inoculés chacun avec 10 cm^3 d'eau; les milieux autotrophes ont été incubés à 30° C, les milieux hétérotrophes à 37° C.

Dans ces conditions, nous avons observé :

1° Sur les milieux autotrophes, l'apparition en 4 à 5 jours de colonies noires en nombre variable suivant les eaux des différentes sources : 50 à 60 pour celles d'Enghien, 30 à 40 pour celles d'Uriage et Saint-Honoré. L'examen microscopique des colonies, toutes anaérobies strictes, révèle, soit des bactéries immobiles, non sporulées, à Gram négatif, souvent disposées par paires : *Desulphoristella hydrocarbonoblastica* nov. sp. (Hvid-Hansen) (Enghien, Saint-Honoré, Uriage), soit de fins bacilles de 7 à 10 μ, à Gram négatif, d'espèce indéterminée (Enghien), soit des bactéries possédant la morphologie des vibrions du type *Desulphovibrio* (Enghien). Il nous a été impossible de trouver des bactéries réduisant les sulfates dans les eaux de Saint-Amand.

2° Sur milieux hétérotrophes, des colonies au nombre de 8 à 10 par tube apparaissent en deux ou trois jours, augmentant de dimension les jours suivants pour présenter un aspect bourgeonnant. Nous les avons isolées dans les eaux de Saint-Amand et d'Uriage. La présence de bactéries étrangères aérobies ou anaérobies, fortement gazogènes et à culture rapide dans les eaux de Saint-Honoré et d'Enghien ne nous ont pas permis d'y observer ces colonies dont le développement est relativement lent. L'examen microscopique met en évidence des bactéries non sporulées à Gram positif, ramifiées ou non. Les caractères physiologiques et biochimiques, rigoureusement identiques à ceux des souches isolées au Danemark, sont les suivants : non gazogènes, possédant une catalase, liquéfiant la gélatine, coagulant le lait en 24 à 48 h, puis le peptonisant, réduisant les nitrates, ne produisant pas d'acétoïne, appartenant au type fermentaire propiono formo lactique, hémolytiques, glucidolytiques, productrices d'SH_2, faiblement indologènes. Ces germes sont agglutinés aux taux de 1 pour 2560 à 1 pour 5000 par des sérums préparés avec des *Actinobacterium* anaérobies du type *A. israëli* isolés d'actinomycose humaine (taux d'agglutination du sérum pour les germes d'origine humaine = 1/10 000). Ils ne sont pas pathogènes pour le Lapin, le Cobaye, la Souris et le Hamster. Il s'agit d'une variété protéolytique d'*Actinobacterium israëli* pour laquelle nous proposons le nom d'*Actinobacterium israëli* variété liquefaciens.

Discussion et conclusions. — Nous avons mis en évidence, dans les eaux sulfureuses, des anaérobies strictes, bactéries réductrices des sulfates : *Desulphovibrio*; *Desulphoristella hydrocarbonoblastica* (nov. sp.); des Actinomyces : *Actinobacterium israëli* var. liquefaciens (nov. sp.), qui, à notre connaissance, n'avaient pas été décrites jusqu'ici dans ces eaux.

Il est à remarquer que l'eau d'Enghien, la plus riche en sulfure (0,011 ‰), contient le plus grand nombre de germes réducteurs de sulfates; dans celle

de Saint-Amand, renfermant très peu d'SH_2, nous ne les avons pas mis en évidence. La formation de SH_2 semble donc liée à la présence de ces bactéries. Il est difficile, pour le moment, d'expliquer leur présence et de leur attribuer un rôle dans les processus biologiques de la nature. L'un de nous a formulé, par ailleurs (¹), l'hypothèse que la production d'hydrogène sulfuré par ces bactéries serait peut-être liée à la formation du pétrole.

SÉROLOGIE. — *Action de l'hyaluronidase sur la valeur curative du sérum antivenimeux.* Note de MM. **Paul Boquet, Alain Bussard** et Mme **Yvonne Izard**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'injection intraveineuse de sérum antivenimeux, aussitôt après une morsure de serpent, a pour effet d'amener rapidement les anticorps neutralisants au contact du venin qui diffuse, des tissus où il a été introduit, vers les régions voisines et les organes profonds. Elle serait le traitement de choix de l'envenimation si elle ne présentait pas des inconvénients qui limitent son emploi. En raison du danger qu'elle constitue pour les sujets hypersensibles aux protéines sériques étrangères et des difficultés d'ordre pratique qu'elle soulève, on préfère lui substituer l'injection sous-cutanée.

C'est par cette méthode que sont traitées, selon H. Marquart (¹), 9 sur 10 des victimes de vipères en Scandinavie. Mais, les antitoxines injectées sous la peau se résorbent lentement; nous avons tenté de remédier à ce défaut en associant un facteur de diffusion au sérum antivenimeux : l'hyaluronidase.

L'enzyme que nous employons est extrait des testicules de taureau suivant la technique de H. Tint et R. Bogash (²). Dans les conditions définies par O. Hechter (³), il faut injecter dans la peau du Lapin 1 mg de cet enzyme pour observer une diffusion égale à celle produite par 0,1 mg d'une hyaluronidase, dont le titre est de 1 300 T. R. U. (unités de réduction de la turbidité *in vitro*) par milligramme.

Cent cinquante cobayes, mâles et femelles, dont le poids varie entre 350 et 400 g, sont groupés par lots de dix.

Les cobayes des six premiers lots reçoivent sous la peau de la cuisse droite, les uns une injection de 0,2 cm^3, les autres une injection de 0,3 cm^3 d'une solution à un pour mille de venin de Cobra (Naja tripudians), soit 2 à 3 doses mortelles. Trente et quarante cinq minutes plus tard, on leur injecte, sous la peau de l'abdomen, un mélange de 0,5 cm^3 (cobaye du 1er lot) ou de 0,75 cm^3 (cobayes des 2, 3, 4, 5 et 6e lots) de sérum anti-venimeux (antivenin de Cobra) et d'un égal volume de solution saline physiologique.

(¹) *Rev. Immunologie*, 15, 1951, p. 262.
(²) *J. Biological Chem.*, 184, 1950, p. 501.
(³) *Ann. New-York Ac. Sci.*, 52, 1950, p. 1028.

Les cobayes des six lots suivants sont éprouvés dans les mêmes conditions, mais, à chaque dose de sérum, on ajoute 200 μg d'hyaluronidase.

Enfin, les cobayes des trois derniers lots sont conservés comme témoins. On leur injecte le venin seul ou le venin et l'hyaluronidase séparément.

Les résultats sont groupés dans le tableau ci-dessous :

N° de l'expérience.	N° des lots de cobayes.	Dose de venin (mg).	Dose de sérum antivenimeux (cm³).	Dose d'hyaluronidase (mg).	Intervalle entre l'injection de venin et celle de sérum. (mn).	% des survies.
1...............	1	0,2	0,75	–	30	70
2...............	2 + 3	0,3	0,75	–	30	50
3...............	4	0,3	0,50	–	30	40
4...............	5 + 6	0,3	0,75	–	45	20
1...............	7	0,2	0,75	0,2	30	100
2...............	8 + 9	0,3	0,75	0,2	30	85
3...............	10	0,3	0,50	0,2	30	70
4...............	10 + 12	0,3	0,75	0,2	45	60
Témoins.......	13	0,3	–	0,2	45	0
	14 + 15	0,2	–	–	–	0
		0,3	–	–	–	0

Si l'on admet que l'activité préventive et curative d'un sérum antivenimeux est sous la dépendance de deux groupes de facteurs définis par :

1° le rapport de la quantité de venin introduit sous la peau à la quantité de sérum injecté;

2° le rapport des vitesses de diffusion respectives du poison et des anticorps neutralisants;

les résultats de nos expériences conduisent à penser que l'hyaluronidase modifie ces derniers facteurs, en augmentant la diffusion du sérum antivenimeux.

IMMUNOLOGIE. — *D'un phénomène observé au cours du transfert local de l'allergie à la mélitine*. Note de MM. **Louis Carrère** et **Henri Quatrefages**, présentée par M. Gaston Ramon.

Dès 1948 nous avions entrepris des essais de transfert de l'allergie par broyats d'organes prélevés sur cobayes brucellisés, et observé qu'une réaction allergique pouvait être provoquée chez un cobaye neuf par injection intra-dermique d'un mélange de broyats d'organes et de mélitine.

Par des expériences, répétées récemment, suivant un protocole comportant de nombreux témoins, nous avons pu préciser quelques conditions de transfert de l'allergie à la mélitine.

Sans vouloir élucider son mécanisme, nous décrirons, dès maintenant, un phénomène constaté au cours de nos expériences.

Si l'on injecte, dans le derme de la peau abdominale, largement rasée, d'un *cobaye neuf*, latéralement, de part et d'autre de la ligne médiane, des broyats d'organes de *cobaye brucellisé* mélangés, parties égales, à de la mélitine après contact de plus de deux heures à 37°, on remarque, au bout de 3 ou 4 h, sur la ligne médiane, une infiltration œdémateuse formant bourrelet; peu à peu, le derme, soulevé par un exsudat, présente un aspect momifié; 24 à 48 h plus tard, la réaction atteint son maximum; cependant au point d'injection et sur la large surface séparant celui-ci de la zone médiane, aucune modification autre que la trace d'entrée de l'aiguille, n'est décelable.

Par ponction, on obtient un liquide clair, citrin, qui injecté dans le derme d'un *cobaye neuf* ou d'un *cobaye brucellisé* reproduit, au point d'injection, l'aspect classique d'une intra-dermo réaction positive à la mélitine.

Les mêmes résultats sont obtenus, dans les mêmes conditions, avec des mélanges de broyats d'organes de *cobaye neuf* et de mélitine, injectés à des cobayes ne réagissant pas à la mélitine, ayant reçu, dans le derme, une vingtaine de jours auparavant, des broyats d'organes de *cobaye brucellisé*.

Ces résultats ne sont pas obtenus avec des mélanges de broyats d'organes de *cobaye neuf* et de mélitine injectés à des cobayes neufs.

Selon nos observations, tout se passe comme si des « substances » diffusaient des points d'injection, sans modifier apparemment les tissus traversés, vers la ligne médiane et, s'y rejoignant, y produiraient les réactions tissulaires décrites provoquant, en particulier, l'exsudation d'un liquide, lui-même doué, pour un *cobaye neuf*, comme pour un *cobaye brucellisé*, de propriétés allergiques.

IMMUNOLOGIE. — *Essais d'obtention chez la Chèvre d'un sérum contre la maladie de Newcastle.* Note de MM. **Louis Placidi, Jacques Santucci** et **Jean Verge**, présentée par M. Gaston Ramon.

L'obtention d'un sérum destiné à combattre la maladie de Newcastle, soit à titre préventif, soit à titre curatif, a suscité de nombreuses recherches. Certains auteurs se sont adressés à diverses espèces d'oiseaux : Poule (Ostertag et Bucce, Jouan et Staub, Cooper); Canard (Doyle); Oie (Kraus et Doerr); Dindon (Picard, Lucam, Schneider); Pigeon (Maue), etc.

D'autres auteurs ont proposé différentes espèces de mammifères : Cheval (Spalatin, Mitchell et Walker); Porc (Spalatin, Hegydi); Mouton, Chèvre, etc.

Nous nous sommes efforcés, à notre tour, d'hyper-immuniser la Chèvre

au moyen du virus de Newcastle et nous avons essayé de préparer ainsi un sérum efficace, malgré la réserve dont témoigne en cette matière Schneider lorsqu'il écrit : « un sérum actif ne saurait être réalisé que par hyperimmunisation des organismes sensibles ».

Nous avons utilisé une souche isolée au Maroc sur embryon de poulet à partir d'un broyat de rate d'une poule naturellement infectée. Ce virus, inoculé dans le sac allantoïdien de l'embryon le 10e jour de l'incubation, tue celui-ci entre 48 et 72 h à la dose de 1/10 de centimètre cube d'une dilution atteignant 10^{-6}.

Ce virus de passage (liquide allantoïque) s'est montré virulent pour quatre poules neuves. Inoculées à la dose de 1 cm^3 dans le muscle pectoral, elles succombent entre 6 et 7 jours avec les symptômes et les lésions classiques de la maladie.

Après broyage avec des billes de verre, le matériel virulent est centrifugé 15 mn à 6 000 tours. Le liquide surnageant est dilué en eau physiologique tamponnée à pH 7,1-7,2.

La première inoculation a été pratiquée dans la veine saphène de la chèvre avec 5 cm^3 de liquide virulent dilué dans 50 cm^3 d'eau physiologique tamponnée; 22 jours après, l'animal reçoit par voie sous-cutanée 10 cm^3 de liquide virulent dans 100 cm^3 d'eau physiologique; 15 jours après cette deuxième injection, une nouvelle recharge est opérée par inoculation sous la peau de 15 cm^3 de matériel virulent, dilué dans 100 cm^3 d'eau physiologique. Un mois après cette dernière opération, l'animal est saigné et le sérum recueilli pour l'épreuve.

A. *Essai in vitro.* — Le pouvoir inhibiteur de l'immun-sérum sur l'hémagglutination (épreuve de Hirst) ne peut pas être considéré comme un test valable; nos recherches nous ont montré en effet que le sérum normal de chèvre possède dans une forte proportion la faculté d'agglutiner les globules de poules [1].

B. *Essai in vivo.* — Qautre poules neuves reçoivent sous la peau 1 cm^3 et 2 cm^3 par tête de cet immun-sérum de chèvre; 24 h après, elles sont inoculées au moyen d'une dose mortelle de virus de Newcastle, en même temps que deux témoins. Les témoins meurent en 6 jours. On observe un léger retard pour les sérumisées qui meurent en 8 et 10 jours.

Inoculé à 18 sujets spontanément infectés lors de périodes diverses de l'évolution de la maladie, le sérum ne montre aucun pouvoir curatif.

Quatre lots de cinq poules, dont un réservé comme témoin, reçoivent du sérum normal de chèvre, du sérum normal de cheval et du sérum préparé. Tous les sujets sont ensuite éprouvés par l'inoculation d'une dose viru-

---

[1] Nous poursuivons en ce moment des recherches sur le pouvoir agglutinant des divers sérums vis-à-vis des globules d'espèces variées.

lente de virus de passage. Deux seulement survivent, l'un traité avec le sérum normal de cheval, l'autre avec l'immun-sérum de chèvre.

Nous avons essayé de mettre en évidence le virus dans l'organisme de la Chèvre. A cet effet nous avons prélevé du sang total à l'animal infecté et l'avons inoculé dans les muscles pectoraux de volailles neuves. Ces prélèvements ont été faits 8 h, 24 h et 4 jours après chacune des injections de virus.

Les poules neuves, inoculées aux doses de 5 cm^3 dans les muscles, sont restées complètement indifférentes.

Conclusions. — Ces essais, tentés après différents auteurs pour obtenir chez la Chèvre un sérum actif contre le virus de Newcastle, sont demeurés infructueux. Ces échecs mettent une nouvelle fois en lumière les nombreuses difficultés qui régissent l'obtention d'un immun-sérum spécifique véritablement efficace dans les affections à ultra-virus.

MÉDECINE. — *Étude des modifications électroencéphalographiques provoquées par l'injection intraveineuse de novocaïne dans les traumatismes crâniens graves.* Note de MM. **Pierre Wertheimer, Jean Courjon** et **Georges Allegre**, présentée par M. René Leriche.

Depuis plus de deux ans, nous nous sommes efforcés à chercher dans l'électroencéphalographie une méthode propre à pallier les insuffisances des moyens cliniques dans l'appréciation pronostique des traumatismes crâniens graves.

De cette gravité, il est encore difficile de fournir une interprétation précise. Tout à tour ont été invoqués l'œdème cérébral, cellulaire et interstitiel, les variations de l'équilibre liquidien, la paralysie vasomotrice, l'atteinte élective des formations basales. Il était naturel d'espérer que l'électroencéphalographie dont Puech et Fischgold avaient déjà sollicité les informations, fournirait une documentation précieuse. Sur le plan expérimental, Earl Walker, Lorente de No, Ranson, Dusserre de Barenne, Moruzzi avaient montré qu'aux perturbations électriques du fonctionnement central correspondaient les signes cliniques de gravité des traumatismes cérébraux. La neurophysiologie enregistre habituellement une augmentation de l'amplitude, un ralentissement de la fréquence, le caractère intermittent ou l'absence de rythme de base et interprète ces témoignages comme la traduction d'un phénomène de facilitation de fonctionnement neuronal. Les impulsions passeraient dans des « circuits en écho » du fait de la diminution du seuil d'excitation neuronale du cortex et des formations sous-corticales.

Dans nos recherches cliniques qui ont porté sur 78 traumatisés crâniens récents, considérés comme graves, nous avons retrouvé les anomalies

signalées par nos devanciers, Williams et Hoefer en particulier : ondes très lentes, δ en général, diffuses, revêtant volontiers un caractère rythmique dans les régions frontales; association de ces ondes δ avec un rythme de base θ à 6-7 c : s; disparition complète du rythme de base au profit des seules ondes δ; présence de pointes-ondes localisées revêtant parfois un caractère rythmique. Nous avons rarement trouvé des pointes de haut voltage. Le mécanisme de ces altérations serait initialement une dépolarisation massive des membranes des cellules nerveuses. La dépolarisation provoque une décharge électrique susceptible de demeurer localisée ou de diffuser rapidement. Du fait de la dépolarisation, les électrolytes, tels l'acétyl-choline, passeraient librement dans le milieu ambiant; il se produirait une véritable réaction en chaîne. La lésion fonctionnelle au début deviendrait anatomique et, de ce fait, irréversible. Le blocage de la conduction axonale s'opposerait, par contre, à cette évolution.

Sur la foi de cette conception, nous avons tenté de réaliser ce blocage par l'introduction de novocaïne en solution à 1 % par voie intraveineuse, dont M. Leriche a montré l'usage et les résultats dans la pathologie du système sympathique, et dont la pratique neurochirurgicale fait depuis longtemps un large emploi dans la prévention des complications post-opératoires. Le contrôle des effets de cette méthode thérapeutique fut assuré par l'enregistrement électroencéphalographique. Chez nos blessés, après un long tracé de repos pris dans de multiples montages, nous avons injecté de 20 à 40 cm³ de novocaïne à la vitesse de 20 cm³ en 90 s. L'enregistrement fut pris pendant l'injection et les 15 mn suivantes.

Voici nos résultats; ils portent sur 18 observations :

1° Quatre blessés n'ont pas subi de modifications appréciables de leur tracé. Trois d'entre eux qui présentaient des anomalies localisées ont guéri; le 4ᵉ qui avait un tracé très perturbé de façon diffuse avec des ondes très lentes à 1 c : s est mort très rapidement.

2° Douze blessés qui ne présentaient aucun signe clinique de lésions en foyer ont eu un tracé transformé favorablement par la novocaïne. Cette transformation a été variable : diminution de l'amplitude des ondes lentes, ou disparition partielle de celles-ci sauf dans les régions frontales, ou disparition totale avec naissance d'une onde α.

Cette transformation fut parfois spectaculaire, se prolongeant jusqu'à 15 mn, sans modifications importantes de l'état clinique :

— huit de ces blessés ont guéri;

— quatre sont morts malgré la thérapeutique par la novocaïne faite en perfusion et en dépit de l'amélioration enregistrée sur les tracés.

3° Deux blessés ont eu leur tracé aggravé par l'injection de novocaïne.

Nos observations enseignent que l'injection de novocaïne chez les trau-

matisés crâniens ne modifie pas le tracé électroencéphalographique lorsque les anomalies de celui-ci sont localisées.

Son action s'exerce électivement sur les anomalies diffuses traduisant l'existence d'une souffrance basale. Dans notre brève expérience, cette règle n'a souffert qu'une exception chez un blessé qui succomba rapidement, sans doute en raison de lésions irréversibles.

Dans ces notions, il est permis d'apercevoir un moyen d'individualiser les lésions traumatiques focales et la souffrance des formations basales. Cependant, dans un cas d'hématome cérébral, nous avons vu les anomalies s'effacer par la novocaïne, pour peu de temps il est vrai.

En dehors du procédé d'analyse qu'elle représente, la novocaïne intraveineuse peut-elle prétendre à une action thérapeutique ? Nous le pensons, encore que sur les 12 blessés dont elle améliora le tracé, quatre aient succombé; les huit autres en furent bénéficiaires. Cette méthode mérite en conséquence de s'inscrire parmi les moyens dont dispose la thérapeutique actuelle des traumatisés crâniens dont la gravité est authentifiée par des anomalies électriques de caractère diffus.

La séance est levée à 16 h.

L. B



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 JANVIER 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur le vidage d'une conduite de transport de gaz à grande distance.* Note de M. **GUSTAVE RIBAUD.**

Nous envisagerons ici le cas d'une conduite de transport de gaz qui a été préalablement remplie à une pression uniforme P_m; nous supposerons qu'à l'extrémité d'arrivée on règle ensuite l'ouverture d'une vanne de façon à maintenir un débit constant Q_o.

Les équations qui, en chaque point x de la conduite et au temps t, régissent la pression P et le débit local Q, sont les suivantes (¹)(S, section de la conduite; A, coefficient numérique) :

(1) $$P\frac{\partial P}{\partial x} = -AQ^2,$$

(2) $$S\frac{\partial P}{\partial t} = -\frac{\partial Q}{\partial x}.$$

Au début du vidage on peut considérer que la pression absolue P a peu varié et, en première approximation, on peut écrire l'équation (1) sous la forme

(1 *bis*) $$P_m\frac{\partial P}{\partial x} = -AQ^2.$$

Les équations (1 *bis*) et (2) admettent la solution suivante (²)

(3) $$P_m - P = P_1 t^{\frac{1}{2}} f\left(axt^{-\frac{1}{2}}\right),$$

(4) $$Q = Q_0 \varphi\left(axt^{-\frac{1}{2}}\right),$$

les fonctions f et φ ayant la valeur 1 pour $x = 0$.

(¹) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1153.

(²) Nous avons déjà attiré l'attention sur des solutions de cette forme dans la référence précédente.

On voit en particulier que la chute de pression $(P_m - P)$ à l'arrivée varie proportionnellement à $\sqrt{t}$. On remarquera également que les courbes qui fixent $P_m - P$ sont homothétiques; le rapport d'homothétie a pour valeur $\sqrt{t}$. L'identification donne par ailleurs

$$\boxed{a = \sqrt{\frac{AQ_0 S}{P-m}}, \qquad P_1 = \sqrt{\frac{AQ_0^2}{P_m S}}.}$$

Les fonctions f et φ de la variable $z = axt^{-1/2}$ sont fixées par les deux équations

$$(5) \qquad f' = -\varphi^2, \qquad f - zf' = -2\varphi'.$$

La résolution numérique des équations (5) peut s'effectuer comme il est indiqué dans notre précédente Note; pour serrer la réalité de plus près, on peut même remplacer φ^2 par $\varphi^{1,8}$; on peut également remarquer que la fonction φ est définie par l'équation

$$(6) \qquad \varphi'' = -\varphi\varphi' z.$$

Cette résolution conduit aux valeurs suivantes de la fonction $f(z)$:

z..........	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,4	1,8	2,2	2,6	3,0
$f(z)$.......	0,80	0,63	0,51	0,39	0,30	0,20	0,12	0,09	0,04	0,02

On voit que cette fonction s'éteint pour une valeur de z de l'ordre de 3; un planimétrage de la courbe montre en outre que son aire est sensiblement égale à 0,9.

Bien entendu la loi en $\sqrt{t}$ ainsi que la fonction f ne sont plus valables dès que la pression de sortie est devenue assez sensiblement différente de P_m. Il est impossible par un calcul rigoureux d'aller plus loin. On peut toutefois remarquer qu'au fur et à mesure que t croît, la valeur « moyenne » à adopter à la place de P_m dans l'équation (1 *bis*) tend à diminuer, ce qui entraîne une augmentation de P_1 et de a; en d'autres termes la chute de pression est plus grande que celle qui résulterait de la loi en $\sqrt{t}$ et la distance du « front de pression » est plus faible. Il doit d'ailleurs bien en être ainsi pour que l'aire située sous la courbe $P'_1 A'_1$ soit la même que celle sous la courbe $P_1 A_1$ (*fig.* 1) (aires hachurées égales).

On peut résoudre plus avant le problème par le raisonnement géométrique suivant. Désignons par y la quantité $(P_m - P'_1)/P_m$ et par l la longueur $\overline{BB'_1}$ découpée par la tangente en P'_1. L'équation (1) se traduit à la sortie par la relation

$$(7) \qquad y\frac{(1-y)}{l} = \frac{AQ_0^2}{P_m^2},$$

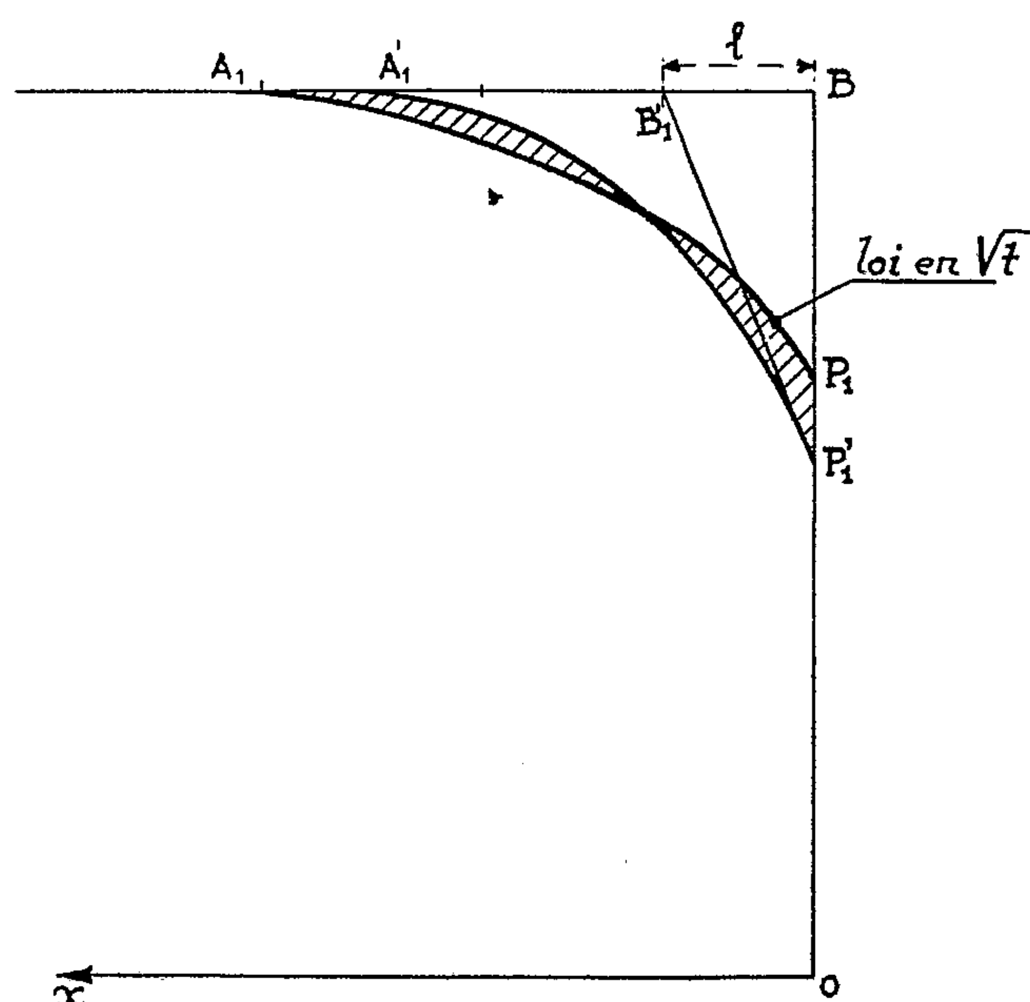
On peut admettre également que l'aire située sous la courbe $P'_1 BA'_1$, égale à $Q_0(t/S)$, est aussi approximativement égale à $0,8 l \overline{BP'_1}$, d'où la relation

$$(8) \qquad 0,8 S y l = \frac{Q_0 t}{P_m}.$$

Les deux relations (7) et (8) fournissent immédiatement :

$$y^2(1-y)=\left(\frac{Q_0}{P_m}\right)^3\frac{At}{0,8S} \quad \text{et} \quad l=\left(\frac{Q_0}{P_m}\right)\frac{t}{0,8Sy}.$$

Il se trouve d'ailleurs que, pour des valeurs de y qui vont de 0 à 0,6, la fonction $y^2(1-y)$ est sensiblement égale à $0,35\,y^{3/2}$, de sorte que y est sensiblement proportionnelle à $(Q_0/P_m)^2$ et à $t^{2/3}$, alors que l est proportionnelle à $t^{1/3}$ et à



(P_m/Q_0). Ces résultats, valables uniquement jusqu'au moment où le front de pression atteint l'extrémité opposée de la conduite, se montrent en bon accord avec des mesures effectuées sur des feeders de transport.

On notera également que tous les résultats précédents s'appliquent au « gonflage » d'une conduite qui a été préalablement remplie à une pression uniforme P_m.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la teneur des vins en méthanol.* II. Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Lazare Silberstein**.

Au cours de recherches publiées en 1949, il nous a été possible, grâce à une méthode sensible et précise, de démontrer la présence d'une petite proportion de méthanol ou alcool méthylique dans tous les vins que nous avions analysés : en opérant sur 21 échantillons authentiques de vins de France et d'Algérie, de 38 à 188 mg : l (¹). On n'apercevait pas de rela-

(¹) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1281.

tion entre ces proportions, qui diffèrent d'environ 1 à 5, et l'origine géographique des vins, mais, chose inattendue, on en découvrait une en considérant la couleur de ces liquides fermentés : les vins blancs étaient parmi les moins pourvus de méthanol, de 38 à 113 mg : l, et presque tous les vins rouges se situaient parmi les plus riches, de 138 à 188 mg.

Nous n'avons pas manqué de nous procurer et d'analyser dans la suite de nouveaux échantillons de vins pour savoir si nous avions affaire à une simple coïncidence et de chercher, dans le cas contraire, quelle pouvait être la cause de cette curieuse discrimination.

La nature et les conditions d'exécution si différentes de ces deux recherches ont renversé l'ordre dans lequel nous avons pu les réaliser : nous avons d'abord démontré par voie expérimentale que le méthanol présent dans le vin n'est pas un produit de fermentation du sucre par une levure; nous ne sommes parvenus à réunir et analyser la nouvelle série de vins que plus tard. Les premiers résultats ont été publiés [2], nous faisons connaître les nouveaux aujourd'hui. Grâce au concours de M. Marçais, professeur de Viticulture à l'Institut national agronomique, de M. Marocke, directeur du Centre de Recherches agronomiques d'Alsace et de M. le baron Ricasoli, propriétaire des vignobles de Chianti, nous avons pu analyser une nouvelle série de vins français « authentiques, naturels et non traités aux produits chimiques » (Marçais), comprenant quatre échantillons de vins alsaciens et, en outre, un échantillon de vin du Chili et trois de vins italiens.

Le tableau I ci-contre rassemble les résultats obtenus. Les vins y sont présentés d'après leur origine géographique, avec les quelques renseignements : variété du raisin utilisé, année de la préparation, etc., qui ont accompagné leur envoi au laboratoire. Les proportions d'alcool éthylique sont indiquées en grammes par litre et celles de l'alcool méthylique, beaucoup plus faibles, en milligrammes.

En regroupant l'essentiel de ces résultats de manière à faire ressortir simultanément la couleur des vins et leur teneur en rubidium, comme nous l'avions fait dans notre première Communication sur ce sujet, on obtient le tableau II ci-après.

Les deux vins alsaciens mentionnés comme Pinot gris et Pinot noir diffèrent à peine de composition. Ils ne diffèrent pas beaucoup non plus de couleur : le premier de couleur paille peu accentuée, le second de couleur rose pâle. C'est dire que celui-ci aurait pu être rangé aussi parmi les vins blancs.

---

(2) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 800.

TABLEAU I.

Noms des vins.	Couleur des vins.	Éthanol (g : l).	Méthanol (mg : l).	Méthanol (% d'Éthanol).
Vins de Bourgogne.				
Beaune, Clos des Avaux (Pinot fin) 1945..	Rouge	106,3	125	0,12
Pouilly-Fuissé (Pinot Chardonnay).......	Blanc	106,3	50	0,05
Laboratoire de Viticulture (Pouilly)......	»	100,0	103	0,10
Vin de Bordeaux.				
Graves (Sèmillon)......................	Blanc	100,0	109	0,11
Vin des Côtes-du-Rhône.				
Châteauneuf-du-Pape (Grenache) 1945 (Château Fortia).....................	Rouge	118,8	156	0,13
Vin de Champagne.				
Sec, Perrier-Jouët (Pinots)..............	Blanc	100,0	56	0,06
Vin de la Loire.				
Sancerre (Sauvignon « Clos Paradis ») 1949.	Blanc	96,9	114	0,12
Vin du Midi.				
Cornas, Ardèche (Syrah) 1942...........	Rouge	87,5	175	0,20
Vins d'Alsace.				
Sylvaner...............................	Blanc	87,5	53	0,06
Traminer Bergheim 1950................	»	100,0	41	0,04
Traminer Ribeauvillé 1950..............	»	106,3	56	0,05
Pinot gris (vinifié en blanc), Bergheim 1950.	»	96,9	66	0,07
Pinot noir (vinifié en rosé), Bergheim 1950.	Rosé	100,0	62	0,06
Vins d'Italie.				
Arbia (Chianti) 1950..................	Blanc	90,6	63	0,07
Brolio »	Rouge	93,8	163	0,17
Meleto »	»	93,8	200	0,21
Vin du Chili.				
Cabernet. Casablanca (importé en 1949)...	Blanc	96,9	144	0,15

TABLEAU II.

Vins blancs.	Vins rosés.	Vins rouges.	Méthanol (mg : l).
Traminer Bergheim	–	–	41
Pouilly-Fuissé	–	–	50
Sylvaner	–	–	53
Champagne	–	–	56
Traminer Ribeauvillé	–	–	56
–	Pinot noir	–	62
Arbia	–	–	63
Pinot gris	–	–	66
Laboratoire de Viticulture	–	–	103
Sancerre	–	–	114
–	–	Beaune	125
–	–	Cabernet	144
–	–	Châteauneuf-du-Pape	156
–	–	Meleto	163
–	–	Cornas	175
–	–	Brolio	200

Cette remarque faite, on voit que les teneurs en méthanol s'élèvent de 41 à 200 mg : l. Dans les précédentes recherches, il en avait été trouvé de 38 à 188 mg. Ces chiffres sont très concordants et l'on peut dire en conséquence qu'il y a environ de 38 à 200 mg de méthanol par litre de vin, soit une proportion variant selon l'origine des vins à peu près de un à cinq.

Quant au rapport entre la couleur et la teneur en méthanol, elle est au moins aussi nette dans la série des vins étudiée aujourd'hui que dans la précédente : tous les vins blancs renfermant de 41 à 114 mg de méthanol et tous les rouges en contenant de 125 à 200 mg. Cette dualité de caractères, loin d'être une coïncidence due à l'examen d'un trop petit nombre de vins, peut donc être considérée comme une relation biochimique importante et très générale.

IMMUNOLOGIE. — *Longue durée de l'infection latente métacritique et de la prémunition corrélative, dans la fièvre récurrente hispano nord-africaine.* Note (*) de M. **Edmond Sergent**.

Chez des Cobayes inoculés de fièvre récurrente hispano-nord-africaine, on a encore retrouvé des spirochètes virulents dans le cerveau 3 ans et demi après l'inoculation. D'autres cobayes du même lot ont résisté à une réinoculation après 3 ans 8 mois (longévité moyenne du Cobaye, 7 ans). La résistance acquise contre la fièvre récurrente relève de la prémunition.

Les Notes qui suivent ne sont que la continuation des recherches instituées en 1933 par André Sergent sur le processus infectieux et l'immunologie de la fièvre récurrente hispano-nord-africaine expérimentale du Cobaye.

La souche de *Spirochæta hispanica* « Chiffalo-homme », isolée en 1933 par André Sergent du sang d'un malade, a été conservée depuis 18 ans par inoculation, à des cobayes neufs, de sang prélevé à des cobayes au cours de leur accès de première invasion. On a effectué, en moyenne, deux passages de virus par mois. Du 4 juin 1933 au 14 janvier 1952 on a employé, pour ces passages de virus, 3 680 cobayes.

Au cours de ces 18 années, la durée et la gravité de l'infection expérimentale du Cobaye n'ont pas changé. La virulence de la souche « Chiffalo-homme » n'a pas fléchi et ne s'est pas non plus exaltée. Après l'inoculation sous-cutanée de 2 cm^3 de sang parasité, les cobayes présentent tous un accès aigu, fébrile et parasitaire : accès thermique de 3 jours environ, atteignant 41°,8 ; accès parasitaire de 4 jours à 22 jours, en moyenne 13 jours, avec des maxima de plus de 250 spirochètes par champ microscopique de goutte épaisse. L'accès est mortel dans 17 % des cas (178 sur 1018).

(*) Séance du 21 janvier 1952.

L'intensité de l'accès aigu n'est aucunement en rapport avec le nombre de spirochètes inoculés.

Sur les 3 680 cobayes, un seul a donné un exemple remarquable de résistance innée absolue à l'inoculation de *Spirochæta hispanica*. Le cobaye 3161 ne présente pas d'accès aigu après trois inoculations successives à 3 semaines d'intervalle. Pour voir s'il n'a pas contracté une infection latente d'emblée, on inocule, 1 mois plus tard, la totalité de son cerveau à 4 cobayes neufs et sensibles dont aucun ne s'infecte. Il s'agit donc d'une solide « résistance innée » (1).

A l'accès aigu succède un très long stade d'infection latente métacritique, dont l'existence a été démontrée par l'expérience suivante : de 1933 à 1951, des cobayes au nombre de 107 ont été sacrifiés, à des époques diverses, au cours des 41 mois qui ont suivi leur inoculation. Le cerveau de chacun d'eux a été inoculé en totalité à 4 cobayes neufs : à 2 cobayes sous la peau, aux 2 autres dans le péritoine. L'expérience a montré que, sur ces 107 cobayes sacrifiés, 28 avaient encore des spirochètes dans leur cerveau :

Chez	17	cobayes sur	34	dans la	1re	année après l'inoculation
»	8	»	40	»	2e	»
»	2	»	23	»	3e	»
»	1	»	10	»	4e	»

On estime que la durée moyenne de la vie d'un cobaye est de 6 à 8 ans. Les expériences montrent donc que les spirochètes peuvent survivre dans le cerveau d'un cobaye pendant la moitié au moins de sa vie.

Un fait remarquable est mis en évidence par les courbes des accès aigus parasitaires des sujets inoculés avec le cerveau de cobayes dont l'infection remonte à plusieurs années : ces accès sont aussi violents que ceux des sujets inoculés avec le sang prélevé à des cobayes en accès aigu de première invasion. Ainsi donc, une souche microbienne qui a survécu à l'état latent, au ralenti, pendant des années, dans les organes d'un cobaye, a conservé, en puissance, toute sa pathogénéité. Sa virulence n'a été aucunement atténuée, elle était seulement assoupie, tenue en échec par les défenses organiques de son hôte. Elle s'est réveillée intacte lorsque le cerveau a été inoculé à des sujets neufs.

Une autre série d'expériences a eu pour objet de voir si l'infection latente métacritique prémunissait les cobayes contre une réinoculation de la même souche de spirochètes : des cobayes, au nombre de 67, ont été réinoculés, à des dates diverses, au cours des 44 mois qui ont suivi leur primo-inoculation. La réinoculation a été effectuée sous la peau avec la même souche « Chiffalo-homme » qui avait servi pour la primo-inoculation,

(1) *Arch. Inst. Pasteur d'Algérie*, 20, 1942, p. 298.

et à la même dose de 2 cm^3. En même temps que chaque cobaye « ancien infecté », deux cobayes neufs servant de « témoins » étaient inoculés, suivant la même technique.

Les 130 cobayes neufs « témoins » ont tous présenté un accès thermique et parasitaire normal.

Sur les 67 cobayes « anciens infectés » réinoculés, 61 (les 9/10) ont complètement résisté.

Les 6 autres ont présenté un accès parasitaire extrêmement léger. En comptant par année, ont montré des parasites :

1	cobaye sur	37	réinoculés dans la	1re	année	après la primo-inoculation
2	»	20	»	2e	»	»
2	»	8	»	3e	»	»
1	»	2	»	4e	»	»

On remarque que la proportion des légers accès présentés par les réinoculés augmente avec l'ancienneté de l'infection. C'est que la prémunition diminue à mesure que les sujets sont déparasités.

En résumé, des cobayes qui avaient été inoculés avec *Spirochæta hispanica* ont conservé des spirochètes dans leur cerveau pendant longtemps, jusqu'à 3 ans et demi.

D'autres cobayes du même lot, qui ont été réinoculés au cours du même espace de temps (jusqu'à 3 ans et 8 mois), ont résisté.

Il faut rapprocher les résultats de ces expériences du fait que la longévité moyenne d'un cobaye est de 7 ans.

En conclusion, ces expériences apportent une nouvelle confirmation à notre thèse : les récurrentes sont des maladies présentant une longue infection latente métacritique, qui confère la prémunition aux porteurs de germes.

Les Ouvrages suivants sont présentés :

par M. **Albert Pérard**.

1° Encyclopédie du froid, traité théorique et pratique des industries frigorifiques, publiée sous la direction de M. Maurice Piettre. *Conservation par le froid des denrées d'origine carnée*, par Maurice Piettre.

2° Id. *Isolants et technique de l'isolation*, par Léon Mironneau.

3° Id. *Fabrication de la glace. Glace hydrique-glace eutectique*, par Léon Mironneau.

4° Id. *Les très basses températures. Production et emplois*, par Édouard Gomonet.

5° Id. *Le conditionnement de l'air. Procédés et calculs utilisés en climatisation*, par Albert Judet de La Combe.

par M. ROGER HEIM;

Carte de la végétation de la France, publiée par le Centre national de la Recherche scientifique avec le concours du Ministère de l'Agriculture : *Le Puy*, par JULES CARLES.

DESIGNATIONS.

M. THÉODORE MONOD est désigné pour représenter l'Académie à l'*International Symposium on Desert Research*, que le CONSEIL DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES D'ISRAËL tiendra à Jérusalem, au mois de mai 1952.

CORRESPONDANCE.

M. MAURICE FRÉCHET prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de géométrie, par le décès de M. *Élie Cartan*.

L'Académie est informée de l'organisation du CENTRE INTERNATIONAL DE CALCUL, à Rome.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Travaux du Laboratoire de l'Hôpital de Saint-Germain-en-Laye*, Directeur du Service : RAOUL LECOQ.

2° Comité interministériel de l'alimentation et de l'agriculture. *Rapport annuel sur l'état de l'alimentation et de l'agriculture en* 1950-1951.

3° *Étude expérimentale de l'évolution du fer et du manganèse dans les sols*, par R. BÉTRÉMIEUX.

4° *Claude Bernard, July* 12, 1813-*February* 10, 1878, par JEAN MAYÉR.

5° *The Academy of sciences' labor of love*, by GEO. B. WATTS, in *The French Review*.

6° Royal Society of New South Wales. *Monograph*, n° 1.

7° Universidad autonoma de el Salvador. *Anuario del Instituto tropical de investigaciones cientificas*. Tomo I, 1950.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Propriétés fonctionnelles des capacités* [1] *alternées ou monotones. Exemples.* Note (*) de M. **Gustave Choquet**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

On étudie des opérations qui, appliquées à des capacités d'ordre $\mathcal{A}_\alpha$ (resp. $\mathcal{M}_\alpha$) donnent une capacité de même ordre. Et l'on donne divers exemples caractéristiques de capacités d'ordre $\mathcal{A}_\infty$ ou $\mathcal{M}_\infty$.

Propriétés fonctionnelles des capacités alternées. — 1° Soit $\mathcal{F}_\alpha$ l'ensemble des capacités d'ordre $\mathcal{A}_\alpha$ sur un même ensemble $\mathcal{E}$. Toute combinaison linéaire à coefficients positifs (et toute lim. unif.) d'éléments de $\mathcal{F}_\alpha$ est élément de $\mathcal{F}_\alpha$.

2° Si $\lambda(u)$ est une fonction numérique continue croissante alternée d'ordre n $[(-1)^{p+1}\lambda^{(p)}\geqq 0$ pour tout $p\leqq n]$ et si f est une capacité d'ordre $\mathcal{A}_n(n=2, 3, \ldots)$, il en est de même de $\lambda(f)$. Ceci permet, dans l'étude de la f-capacitabilité, de supposer f bornée supérieurement.

3° Si $f(X)$ est d'ordre $\mathcal{A}_n(n\geqq 3)$, $\nabla_1(X, A_1)$ est, d'ordre $\mathcal{A}_{n-1}$.

4° Soient E et F deux espaces topologiques, et $\mathcal{E}$, $\mathcal{F}$ deux ensembles de parties de E et F respectivement, $\mathcal{E}$ étant additif. Une application $Y=\varphi(X)$ de $\mathcal{E}$ dans $\mathcal{F}$ est *un* $\cup$*-homomorphisme continu à droite* si :

a. Pour tout $A\in\mathcal{E}$ et tout voisinage V de $B=\varphi(A)$, il existe un voisinage U de A tel que, pour tout $X\in\mathcal{E}$ vérifiant $X\subset U$, on ait $\varphi(X)\subset V$.

b. $\varphi(A_1\cup A_2)=\varphi(A_1)\cup\varphi(A_2)$ quand A_1 et $A_2\in\mathcal{E}$.

Si f est une capacité d'ordre $\mathcal{A}_\alpha$ sur $\mathcal{F}$, la fonction $e(X)=f(Y)$ [où $Y=\varphi(X)$ avec $X\in\mathcal{E}$] est une capacité d'ordre $\mathcal{A}_\alpha$ sur $\mathcal{E}$.

Exemples de tels $\cup$ *- homomorphismes.* — α. Soit $E\equiv F$ et $\mathcal{E}\equiv\mathcal{F}$. Pour tout $A\in\mathcal{E}$, l'application $Y=A\cup X$ convient; si en outre $\mathcal{E}$ est multiplicatif et A fermé, l'application $Y=A\cap X$ convient aussi.

β. Soit $x=\psi(y)$ une application continue de F compact dans E séparé. Alors $\varphi=\psi^{-1}$ convient si tout élément de $\mathcal{E}$ est compact et $\varphi(\mathcal{E})\subset\mathcal{F}$.

γ. Soit $y=\varphi(x)$ une application continue de E dans F; l'extension de φ à $\mathcal{E}$ convient lorsque $\varphi(\mathcal{E})\subset\mathcal{F}$.

Cas particulier important de γ. — E est le produit de F et G séparés; et φ est la projection canonique de E sur F. On suppose que tout élément de $\mathcal{E}$ est compact, que $\mathcal{F}=\varphi(\mathcal{E})$ et que, pour tout compact K de E, $[\varphi(K)\in\mathcal{F}]$ entraîne $K\in\mathcal{E}$. Alors, pour tout ouvert ω de E, $e(\omega)=f[\varphi(\omega)]$ donc, pour tout $A\subset E$, on a $e^*(A)=f^*[\varphi(A)]$ et $e_*(A)\leqq f_*[\varphi(A)]$. Donc la e-capacitabilité de A entraîne la f-capacitabilité de $\varphi(A)$ et $e(A)=f[\varphi(A)]$.

Propriétés fonctionnelles des capacités monotones. — Énoncés analogues.

(*) Séance du 21 janvier 1952.

[1] *Voir* les Notes précédentes : G. Choquet, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 35 et 383.

Le (1) reste vrai. Dans (2), on remplace $\lambda(u)$ par une fonction monotone d'ordre $n(\lambda^{(p)} \geqq 0$ pour $p \leqq n)$. Dans (3), $\bigvee_1$ est remplacé par $\bigwedge_1$.

4° Avec les mêmes notations, nous dirons que $Y = \varphi(X)$ est *un $\cap$-homomorphisme continu à droite* si a reste vrai, si $\mathcal{E}$ est multiplicatif et si

b. $\varphi(A_1 \cap A_2) = \varphi(A_1) \cap \varphi(A_2)$ quand A_1 et $A_2 \in \mathcal{E}$.

Si f est une capacité d'ordre $\mathcal{M}_\alpha$ sur $\mathcal{F}$, la fonction $e(X) = f(Y)$ [où $Y = \varphi(X)$ avec $X \in \mathcal{E}$] est une capacité d'ordre $\mathcal{M}_\alpha$ sur $\mathcal{E}$.

Exemples de tels $\cap$-homomorphismes. — α. Soit $E \equiv F$ et $\mathcal{E} \equiv \mathcal{F}$. Pour tout fermé $A \in \mathcal{E}$, l'application $Y = A \cap X$ convient; si en outre $\mathcal{E}$ est additif, pour tout $A \in \mathcal{E}$, l'application $Y = A \cup X$ convient aussi. β. Comme le (β) précédent;

γ. Mêmes conclusions que dans le (γ) précédent lorsque φ est biunivoque ou simplement lorsque $\mathcal{E}$ et φ sont tels que $\varphi(A_1 \cap A_2) = \varphi(A_1) \cap \varphi(A_2)$ soit encore satisfaite.

δ. Soit E séparé et supposons compact tout élément de $\mathcal{E}$.

δ_1. Soit $F = E^I$ et, pour $X \in \mathcal{E}$, posons $Y_1 = \varphi_1(X) = X^I$, (I quelconque).

δ_2. Prenons pour F l'espace topologique des compacts de E et, pour tout $X \in \mathcal{E}$, posons $Y_2 = \varphi_2(X) =$ ensemble des compacts de X.

L'application φ_1 (resp φ_2) convient si $\varphi_1(\mathcal{E})$ [resp. $\varphi_2(\mathcal{E})$] $\subset \mathcal{F}$.

Dans les deux groupes d'exemples qui suivent, $\mathcal{E}$ sera toujours l'ensemble $\mathcal{K}(E)$ des compacts K de l'espace E choisi.

Exemples de capacités alternées d'ordre $\mathfrak{A}_\infty$. — 1° Toute mesure de Radon positive, sur un espace E localement compact.

2° La capacité classique pour la fonction de Green d'un domaine E de R^n.

3° Dans E séparé on pose, pour tout $T \in \mathcal{E}$ et tout $X \in \mathcal{E}$: $f_T(X) = 0$ ou 1 suivant que $T \cap X = \emptyset$ ou $\neq \emptyset$. Cette importante capacité sera dite *capacité élémentaire alternée d'indice* T.

4° E est un ensemble fini de parties de pile ou face. Pour tout $K \subset E$, on pose $f(K) =$ probabilité d'avoir pile une fois au moins sur K. Nous généraliserons plus tard cet exemple et montrerons l'identité entre les capacités d'ordre $\mathfrak{A}_\infty$ et certaines probabilités.

5° E est un plan et $f(K)$ désigne la mesure (invariante classique) de l'ensemble des droites du plan qui rencontrent K.

6° Soit E séparé, F loc. compact et une mesure de Radon positive μ sur F. Soit A un compact fixe de $E \times F$. Pour $K \in \mathcal{E}$, on pose $f(K) = \mu$-mesure de la projection sur F des points de A se projetant sur E dans K.

7° Soit $E = R^n$. Pour tout $K \in \mathcal{E}$ et tout nombre $\rho > 0$, posons $K(\rho) =$ ensemble des points m tels que $d(m, K) \leqq \rho$. Si $g(K)$ est une capacité d'ordre $\mathfrak{A}_\infty$ sur $\mathcal{E}$, il en est de même de la fonction $f_\rho(K) = g[K(\rho)]$ et, de plus, $g(K) = \lim\limits_{\rho \to 0} f_\rho(K)$.

8° Soit μ une mesure de Radon sur $E = R^n$ et soit $h(u, M)$ $(u \geqq 0, M \in E)$ une fonction continue de (u, M), décroissante en u. On définit f par

$$f(K) = \int h(u_M, M)\, d\mu_M, \qquad \text{où} \quad u_M = d(M, K).$$

Exemples de capacités monotones d'ordre $\mathfrak{M}_\infty$. — 1° Comme ci-dessus.

2° Si μ est une mesure de Radon positive dans E loc. compact et si $h(P, Q)$ est une fonction numérique continue non négative du couple (P, Q) $(P \neq Q)$, la fonction $f(K) = \int_{K^2} h(P, Q)\, d\mu_P\, d\mu_Q$ convient si elle est toujours finie.

3° Dans E séparé, on pose, pour T et $X \in \mathcal{E} : f_T(X) = 0$ ou 1 suivant que $T \not\subset X$ ou que $T \subset X$. C'est la *capacité élémentaire monotone d'indice* T.

4° Avec les notations de l'exemple 4° ci-dessus, on pose $f(K) =$ probabilité pour que l'on n'ait pas pile sur $(E - K)$.

5° Dans $E = R^n$, on pose $f(K) = h[\rho(K)]$, où $\rho(K)$ désigne le rayon de la plus grande sphère de centre O contenue dans K, et $h(u)$ une fonction de u, non décroissante et continue à droite.

Caractérisation des mesures de Radon positives. Généralisation. — Dans E loc. compact, pour qu'une fonction f sur $\mathcal{K}(E)$ soit une mesure de Radon positive, il faut et il suffit que 1° f soit finie; 2° $f(\emptyset) = 0$; 3° f soit croissante et continue à droite; 4° $f(K_1 \cup K_2) + f(K_1 \cap K_2) = f(K_1) + f(K_2)$, autrement dit que f soit une capacité sur $\mathcal{E}$ d'ordres $\mathfrak{A}_2$ et $\mathfrak{M}_2$ à la fois, finie et telle que $f(\emptyset) = 0$.

Dans E séparé, f sur un ensemble $\mathcal{E}$ additif et héréditaire de compacts de E sera dite *mesure de Radon généralisée*, si elle vérifie 1°, 2°, 3°, 4°.

On montre que si les conditions 1°, 2°, 3° sont vérifiées, 4° équivaut à :

4° *bis*. $f(K_1 \cup K_2) \leqq f(K_1) + f(K_2)$, l'égalité étant réalisée lorsque $K_1 \cap K_2 = \emptyset$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Théorème d'existence pour des systèmes d'équations aux dérivées partielles à quatre variables*. Note de Mme **Yvonne Fourès-Bruhat**, présentée par M. Joseph Pérès.

Je résous le problème de Cauchy relatif à un système d'équations aux dérivées partielles du second ordre à quatre variables, hyperboliques normales, quasi linéaires du type le plus général.

1. Je considère le système d'équations aux dérivées partielles, à 4 variables x^α et N fonctions inconnues W_S :

$$(E) \qquad A^{\lambda\mu}(W_T, W_{T\alpha}, x^\alpha) \frac{\partial^2 W_S}{\partial x^\lambda \partial x^\mu} + f_S(W_T, W_{T\alpha}) = 0 \qquad \text{avec} \quad W_{S\alpha} = \frac{\partial W_S}{\partial x^\alpha},$$

les données de Cauchy sont

$$W_S(x^i, 0) = \varphi_S(x^i), \qquad W_{S4}(x^i, 0) = \psi_S(x^i) \qquad (i = 1, 2, 3).$$

Sur le système (E) et les données de Cauchy, je fais les hypothèses suivantes :

1° Dans le domaine $(D_0) : |x^i - \overline{x}^i| \leqq d (i = 1, 2, 3)$, φ_S et ψ_S possèdent des dérivées partielles continues, bornées et satisfaisant à des conditions de Lipschitz jusqu'aux ordres 6 et 5.

2° Dans le domaine $(D) : |x^i - \overline{x}^i| \leqq d$, $|x^4| \leqq \varepsilon(x^i)$ et pour des valeurs

des fonctions inconnues satisfaisant à

$$|W_S - \varphi_S| \leqq h, \qquad |W_{Si} - \varphi_{Si}| \leqq h, \qquad |W_{S4} - \psi_S| \leqq h.$$

a. $A^{\lambda\mu}$ et f_S admettent des dérivées partielles continues, bornées et satisfaisant à des conditions de Lipschitz, jusqu'au cinquième ordre.

b. la forme quadratique $A^{\lambda\mu}X_\lambda X_\mu$ est de type hyperbolique normal.

2. Je dérive les équations (E) par rapport à x^α et je considère les équations obtenues comme un système intégro-différentiel aux fonctions inconnues $W_{S\alpha}$:

$$(E')\quad \begin{cases} A^{\lambda\mu}(W_T, W_{T\beta}, x^\beta)\dfrac{\partial^2 W_{S\alpha}}{\partial x^\lambda \partial x^\mu} + F_{S\alpha}\left(W_T, W_{T\beta}, \dfrac{\partial W_{T\beta}}{\partial x^\alpha}\right) = 0, \\ W_S = \displaystyle\int_0^{x^4} W_{S4}\, dx^4 + \varphi_S(x^i). \end{cases}$$

3. Soient $W'_{S\alpha}$ des fonctions données, admettant dans (D) des dérivées partielles jusqu'au quatrième ordre, continues bornées et satisfaisant à des conditions de Lipschitz par rapport aux x^i. Les fonctions $W'_S = \int_0^{x^4} W'_{S4}\, dx^4 + \varphi_S$ possèdent les mêmes propriétés.

Je remplace dans les $A^{\lambda\mu}$ les inconnues $W_{S\alpha}$, W_S par $W'_{S\alpha}$, W'_S. J'obtiens le système

$$(E'_1)\quad \begin{cases} A^{\lambda\mu}(W_T, W_{T\beta}, x^\alpha)\dfrac{\partial^2 W_{S\alpha}}{\partial x^\lambda \partial x^\mu} + F_{S\alpha}\left(W_T, W_{T\beta}, \dfrac{\partial W_{T\beta}}{\partial x^\alpha}\right) = 0, \\ W_S = \displaystyle\int_0^{x^4} W_{S4}\, dx^4 + \varphi_S. \end{cases}$$

Je résous le problème de Cauchy pour les équations (E'_1) en utilisant des relations intégrales vérifiées par les solutions, analogue à celui considéré dans des Notes précédentes (¹), mais où interviennent en outre les nouvelles inconnues W_S et $\partial W_S/\partial x^\alpha = W'_{S\alpha}$, ..., $\partial^4 W_S/\partial x^\alpha \partial x^\beta \partial x^\gamma \partial x^\delta = W'_{S\alpha\beta\gamma\delta}$, qui ne coïncident pas en général avec les $W_{S\alpha}$, ..., $\partial^3 W_{S\alpha}/\partial x^\beta \partial x^\gamma \partial x^\delta = W_{S\alpha\beta\gamma\delta}$, mais qui satisfont à

$$W_S = \int_0^{x^4} W_{S4}\, dx^4 + \varphi_S, \quad \ldots, \quad W'_{S\alpha\beta\gamma\delta} = \int_0^{x^4} W_{S4\alpha\beta\gamma\delta}\, dx^4 + W_{S\alpha\beta\gamma\delta}(x^i, 0).$$

J'adjoins ces équations aux relations intégrales précédentes et j'obtiens un système d'équations intégrales qui a une solution unique $W^2_{S\alpha}$, W^2_S satisfaisant aux mêmes hypothèses que $W'_{S\alpha}$, W'_S et solution du problème de Cauchy relatif à (E'_1).

4. Par itération du procédé précédent, je forme une suite de fonctions $W^n_{S\alpha}$, W^n_S possédant dans O des dérivées partielles jusqu'au quatrième ordre continues, bornées, satisfaisant à des conditions de Lipschitz par rapport aux x^i et convergeant uniformément vers des fonctions $W_{S\alpha}$, W_S jouissant des mêmes propriétés et solutions des équations (E').

(¹) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 618 et **231**, 1950, p. 318.

Je montre alors que les fonctions W_s sont solutions des équations (E) et admettent pour dérivées partielles les $W_{s\alpha}$, en utilisant l'approximation par des fonctions analytiques. J'obtiens le théorème :

Théorème. — *Les équations* (E) *admettent dans* (O) *une solution* W_s *possédant des dérivées partielles jusqu'au cinquième ordre continues et bornées.*

TOPOLOGIE. — *Sur la complétion d'un espace uniforme quelconque.* Note de M. **Paul Jaffard**, présentée par M. Henri Villat.

On se propose dans ce qui suit de montrer le théoréme suivant :

Théorème. — *Soit* E *un espace uniforme quelconque* (*séparé ou non*). *On peut attacher à* E *un espace* Ê *complet, tel que* E *y soit partout dense et tel que le complémentaire de* E *dans* Ê *soit séparé. Un tel espace* Ê *est alors parfaitement défini à un isomorphisme près. C'est de plus un espace « universel » : Si* E′ *est un espace complet contenant* E, *l'application identique de* E *sur lui-même se prolonge en un isomorphisme de* Ê *sur un sous-espace* E″ *de* E′.

Montrons d'abord l'existence de Ê :

L'ensemble $\mathcal{C}$ des filtres de Cauchy sur E est la réunion des deux ensembles disjoints $\mathcal{C}_1$ et $\mathcal{C}_2$ ainsi définis : Un filtre de Cauchy F sera dit appartenir à $\mathcal{C}_1$ s'il converge sur E, il sera dit appartenir à $\mathcal{C}_2$ dans le cas contraire. On considère sur $\mathcal{C}$ la relation d'équivalence habituelle ([1]) : Deux filtres de Cauchy F et F′ seront dits équivalents si et si seulement pour tout entourage V de E il existe un sous-ensemble A de E, commun à F et F′, qui soit petit d'ordre V. Si deux filtres F et F′ sont équivalents, ils appartiennent tous deux soit à $\mathcal{C}_1$, soit à $\mathcal{C}_2$. Si à toute classe d'équivalence contenue dans $\mathcal{C}_2$ on attache un élément appartenant à cette classe, on obtient un sous-ensemble $\mathcal{C}'_2$ de $\mathcal{C}_2$, Si $x \in$ E, désignons par (x) le filtre de Cauchy formé par tous les sous-ensembles de E qui contiennent x. Soit $\mathcal{C}'_1 = ((x))_{x\in E}$ le sous-ensemble de $\mathcal{C}_1$ formé par tous ces filtres et soit $\hat{E} = \mathcal{C}'_1 \cup \mathcal{C}'_2$. On munit Ê de la structure uniforme habituellement considérée sur $\mathcal{C}$. A tout entourage V de E on fait correspondre un entourage V′ de Ê ainsi défini : (F, G) $\in$ V′ si et si seulement il existe un sous-ensemble A de E qui soit commun à F et G et qui soit petit d'ordre V. Considérons donc Ê comme un espace uniforme. La fonction $f(x) = (x)$ définit un isomorphisme des structures uniformes de E et de $\mathcal{C}'_1$. On voit comme dans le cas classique (où l'on considère tous les filtres de Cauchy) que $\mathcal{C}'_1$ est partout dense dans Ê.

([1]) A. Weil, *Sur les espaces à structure uniforme et sur la topologie générale*, Paris (Hermann), 1937; N. Bourbaki, *Topologie générale*, Chap. II. Paris (Hermann), 1940.

V étant un entourage de $\hat{E}$ et $X \in E$, on désigne par V_X le voisinage de X ainsi défini : $Y \in V_X \Rightarrow (X, Y) \in V'$.

Montrons que $\hat{E}$ est complet. Pour cela il suffit de montrer que toute base de filtre de Cauchy sur $\mathcal{C}'_1$ est convergente dans $\hat{E}$. Or une base de filtre de Cauchy sur $\mathcal{C}'_1$ est l'image d'un filtre de Cauchy F sur E. Si $F \in \mathcal{C}_1$, il converge sur E et le filtre de Cauchy correspondant converge sur $\hat{E}$. Si $F \in \mathcal{C}_2$, il existe un filtre de Cauchy F' équivalent à F et appartenant à $\mathcal{C}'_2$, on voit facilement que le filtre correspondant sur $\hat{E}$ converge vers F'.

Montrons enfin que le complémentaire $\mathcal{C}'_2$ de $\mathcal{C}'_1$ dans $\hat{E}$ est séparé : soient X, $Y \in \mathcal{C}'_2$ et $Y \neq X$, par définition X n'est pas équivalent à Y et il existe donc un entourage V de E tel que $X \cap Y$ ne contienne pas d'ensemble petit d'ordre V. On a $V_X \cap V_Y = 0$ et $\mathcal{C}'_2$ est bien séparé. Si l'on identifie E à $\mathcal{C}'_1$ par l'application f, on voit que $\hat{E}$ est bien un espace vérifiant les conditions cherchées.

Soit g l'application réciproque de f et supposons que E soit plongé dans un espace complet E' : montrons que g se prolonge en un isomorphisme $\bar{g}$ de $\hat{E}$ dans E'.

Si $X \in \mathcal{C}'_2$, X est un filtre de Cauchy sur E qui va converger en au moins un point de E' (non contenu dans E). On choisit un de ces points, soit x et l'on pose $\bar{g}(X) = x$. Sur $\mathcal{C}'_1$ on pose $\bar{g}(X) = g(X)$. Montrons que cette application est biunivoque. Soient X, $Y \in E$ tels que $X \neq Y$. Si X, $Y \in \mathcal{C}'_1$ on voit que $\bar{g}(X) \neq \bar{g}(Y)$. Si X et Y n'appartiennent pas tous deux à $\mathcal{C}'_1$ on voit que les filtres X et Y ne sont pas équivalents. Ils ne peuvent donc converger en un même point de E' et l'on a encore $\bar{g}(X) \neq \bar{g}(Y)$. $\bar{g}$ est bien biunivoque.

Soit $E'' = \bar{g}(\hat{E})$. On voit que le complémentaire de E dans E'' est séparé et que E est partout dense dans E''. De plus toute base de filtre de Cauchy sur E étant convergente dans E'', on en déduit que E'' est complet.

Pour montrer que $\bar{g}$ est un isomorphisme on opère comme dans le cas où E est séparé.

On remarque que dans le cas où le complémentaire de E dans E' est séparé, le choix de $\bar{g}$ ne peut se faire que d'une seule manière et que $\bar{g}(E) = E'$. On a complètement démontré le théorème annoncé.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les congruences de sphères de Ribaucour arbitrairement déformables.* Note de M. **Paul Vincensini**, présentée par M. Paul Montel.

1. Pour une congruence de sphères (σ) nous désignerons : par S, la déférente (lieu du centre P de σ) rapportée à un système quelconque de coordonnées curvilignes u, v, par $R(u, v)$, le rayon de σ, par (r_1, r_2), (r'_1, r'_2) les rayons de courbure principaux des deux nappes Σ et Σ' de l'enveloppe de σ en deux points caractéristiques homologues M, M', et par α, l'angle des rayons PM, PM' avec

le plan tangent en P à S. Si l'on déforme la congruence en déformant (au sens de Gauss) la déférente S, R et σ restent les mêmes fonctions de u, v, et il en est de même [1] des deux quantités $A = 1/(R+r_1)(R+r_2) + 1/(R+r'_1)(R+r'_2)$ et $B = 1/(R+r_1) + 1/(R+r_2) + 1/(R+r'_1) + 1/(R+r'_2)$. M. G. Ricci [1] a montré que les congruences de sphères de Ribaucour (dont les lignes de courbures se correspondent sur Σ et Σ') restant telles par déformation arbitraire de S (que nous dirons arbitrairement déformables et que nous représenterons par $\mathcal{R}_a$), peuvent être caractérisées par l'existence d'une relation $f(r_1, r_2, r'_1, r'_2, u, v) = 0$, invariante au cours de la déformation, et dont le premier membre n'est pas uniquement fonction de A, B, u, v. J. Drach avait, antérieurement [2], envisagé le cas où il existe entre les rayons de courbure principaux r_1, r_2 d'une même nappe Σ une relation invariante, et retrouvé ainsi les théorèmes de Guichard sur la déformation des quadriques de révolution. J'indique ici *la forme explicite précise* de la relation invariante dont la proposition de M. G. Ricci affirme l'existence.

2. Introduisons, à côté de A, B, les quantités $A' = 1/(R+r_1)(R+r_2) - 1/(R+r'_1)(R+r'_2)$, $B' = 1/(R+r_1) + 1/(R+r_2) - 1/(R+r'_1) - 1/(R+r'_2)$, A' et B' ne sont pas invariantes par déformation de S, mais elles s'expriment par des *combinaisons linéaires* des coefficients D, D', D'' de la deuxième forme fondamentale de S, et, si l'on cherche la condition pour que ces deux combinaisons soient *proportionnelles*, on trouve qu'*il faut et qu'il suffit pour cela que la congruence* (σ) *soit du type* $\mathcal{R}_a$.

On démontre facilement d'autre part que le *seul cas* où il existe, pour une congruence de sphères, une relation entre r_1, r_2, r'_1, r'_2, u, v invariante pour toute déformation de S [n'ayant pas la forme $f(A, B, u, v) = 0$] est celui où il y a entre les *seules quantités* A', B', u, v une relation valable pour chaque déférente déformée. La forme de cette relation s'obtient en observant que, D, D', D'' étant liés par la relation quadratique de Gauss, et A', B' étant des formes linéaires en D, D', D'', la seule possibilité est la *proportionnalité* entre ces deux formes. Cela exige, comme on l'a dit plus haut, que la congruence soit une $\mathcal{R}_a$, et la proportionnalité annoncée montre que *la relation* qui doit obligatoirement lier r_1, r_2, r'_1, r'_2 *est nécessairement de la forme* $A' - \lambda(u, v)B' = 0$.

3. Le coefficient de proportionnalité λ est susceptible d'une expression simple. Pour une $\mathcal{R}_a$ quelconque, la déférente S est, comme l'on sait, applicable sur une surface de révolution; si u est l'arc de la méridienne de cette dernière, le ds^2 de S a la forme $ds^2 = du^2 + \cot^2\alpha\, dv^2$ où $\alpha(u)$ est l'angle défini au n° 1, et λ a alors pour expression $\lambda = (d\alpha/du)/\sin\alpha$. λ est, comme α, une fonction arbitraire de u, et toute $\mathcal{R}_a$ *peut être caractérisée par le coefficient* λ *associé*.

---

(1) *Verhandlungen der internationalen mathematiker-Kongress Zurich*, 1932, II Band, *Sektions-Vorträge*, p. 154.

(2) *Sur les surfaces enveloppes de sphères et la déformation des surfaces* (*Comptes rendus du Congrès des Sociétés Savantes en* 1925, Sciences).

A titre d'exemple, les $\mathcal{R}_a$ pour lesquelles $\lambda = \text{const.} = 1/k$ s'obtiennent pour $\operatorname{tg}(\alpha/2) = e^{u/k}$, le ds^2 de leurs déférentes étant $ds^2 = du^2 + [1/\sinh^2(u/k)]\,dv^2$. Ce ds^2 se déduit de celui des surfaces pseudosphériques $ds^2 = du^2 + G\,dv^2$ par le remplacement de G par son inverse, et appartient à des surfaces signalées par J. Drach (*loc. cit.*) au sujet d'un problème relatif aux systèmes cycliques, tout différent de celui qui est envisagé ici.

4. Il convient d'observer que, pour une congruence *quelconque* de sphères, il ne peut y avoir plus de *trois* relations invariantes indépendantes entre r_1, r_2, r'_1, r'_2, u, v (le maximum *trois* correspondant aux congruences $\mathcal{R}_a$). Une relation invariante entre ces six arguments peut en effet s'exprimer au moyen de A, B, A′, B′, u, v; s'il y avait plus de trois relations indépendantes entre ces six dernières variables, l'élimination de A, B fournirait un nombre de relations indépendantes entre A′, B′, u v au moins égal à *deux*, et cela ne saurait être puisque ces dernières relations devraient toutes exprimer la proportionnalité de A′ et B′.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Étude statistique de la transmission d'un caractère héréditaire.* Note de M. **Paul-I. Richards**, présentée par M. Émile Borel.

Dans une Note récente, M. Emile Borel [1] a proposé le problème suivant. Considérons dans une grande population un petit nombre n d'hommes adultes, mariés, portant le même nom de famille. Supposons que chaque famille a deux enfants arrivant à l'âge du mariage avec des chances égales d'être garçon ou fille, et qu'il en sera de même pour tous les hommes des générations suivantes. Le problème est alors de déterminer la probabilité pour qu'il y ait k hommes portant ce même nom de famille après m générations successives.

Il est possible d'obtenir les moments de la répartition par la méthode des fonctions génératrices. Considérons d'abord le cas d'un seul ancêtre, $n = 1$. On a directement pour $m = 1$, $g_1(x) = (1/4)(1+x)^2$ et selon un théorème bien connu

$$g_m(x) = \left(\frac{1}{4}\right)[1 + g_{m-1}(x)]^2 = \Sigma p_k x^k. \tag{1}$$

Les p_k sont les probabilités de trouver k hommes dans la génération m. On en déduit successivement

$$\tag{2} \left\{ \begin{aligned} g'_m(1) &= 1 = \overline{k}, \\ g''_m(1) &= \left(\frac{1}{2}\right) m = \overline{k(k-1)}, \\ g'''_m(1) &= \left(\frac{3}{8}\right) m(m-1) = \overline{k(k-1)(k-2)}, \\ g^{\text{IV}}_m(1) &= \left(\frac{3}{8}\right) m(m-1)\left(m - \frac{3}{2}\right) = \overline{k(k-1)(k-2)(k-3)}, \text{ etc.} \end{aligned} \right.$$

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1241.

Puisque dans le cas de plusieurs ancêtres les n familles sont indépendantes les unes des autres, la fonction génératrice $G_m(x)$ est simplement donnée par $G_m = (g_m)^n$. Cette indépendance a encore comme résultat que les trois premiers écarts moyens (mais pas le quatrième) sont simplement n fois les écarts pour $n = 1$. On déduit des formules (2)

$$(3)\quad \begin{cases} \bar{k} = n, \quad \overline{(k-\bar{k})^2} = \left(\frac{1}{2}\right) nm, \quad \overline{(k-\bar{k})^3} = \left(\frac{3}{8}\right) nm(m-1), \\ \overline{(k-\bar{k})^4} = \left(\frac{1}{2}\right) nm + \left(\frac{3}{4}\right) n(n-1)m^2 + \left(\frac{3}{8}\right) mn(m-1)\left(m+\frac{1}{2}\right), \text{ etc.} \end{cases}$$

On peut dériver une approximation pour la probabilité d'extinction du nom de famille. Celle-ci est donnée par $G_m(O) = [g_m(O)]^n$. Selon (1), on peut écrire

$$(4)\qquad g_m(O) - g_{m-1}(O) = \frac{1}{4}[1 - g_{m-1}(O)]^2, \qquad g_1(O) = \frac{1}{4}.$$

Ce résultat montre immédiatement que $g_m(O)$ approche la valeur 1 ; il devient de plus en plus probable que le nom de famille disparaîtra. On a $g_1(O) = 1/4$, $g_2(O) = 25/64$, $g_3(O) = 7921/16384$, etc. Pour les valeurs élevées de m, on remplace (4) par une équation différentielle dont la solution est

$$g_m(O) \sim 1 - \frac{4}{m+4}.$$

Une seconde approximation donne pour n familles

$$G_m(O) \sim \left[1 - \frac{4}{m+4} + \frac{4\log\left(1+\frac{1}{4}m\right)}{(m+4)^2}\right]^n.$$

ASTROPHYSIQUE. — *Études de détail en lumière monochromatique* Hα. *Noyaux d'émission dans la nébuleuse* M. 51. Note de M. **Georges Courtès**, présentée par M. André Danjon.

Dans une précédente Note [1] je montrais comment on pouvait utiliser les filtres interférentiels sur les grands télescopes pour aborder l'étude de détail de l'émission.

Le montage se compose d'un collimateur L de distance focale F dont le plan focal coïncide avec celui du télescope, les faisceaux de rayons parallèles issus de L vont tous passer par l'image I du grand miroir, donnée par L et située un peu au delà de son foyer; un objectif o de distance focale f est placé en I et reçoit ainsi la totalité des faisceaux issus de L (*fig.* 1). L'image définitive donnée par o est réduite dans le rapport F/f,

[1] G. Courtès, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 795 et 1283.

sans autre perte de lumière que celle due à la transmission de l'optique supplémentaire, dont les surfaces sont traitées. Le filtre interférentiel peut être près du plan focal du télescope ou, plus commodément, devant *o* où l'incidence des faisceaux reste compatible avec le champ du filtre et

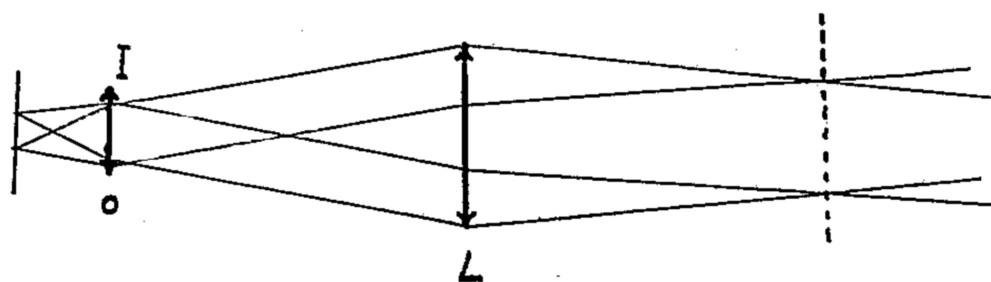


Fig. 1.

où la substitution des divers filtres en faisceaux parallèles n'entraîne pas de changement de mise au point. Le choix du télescope définit le champ et l'échelle. Si l'on prend $F/f = 4$, le télescope de 120 cm de l'Observatoire de Haute-Provence équivaut à un télescope de même diamètre ouvert à F/1,5 dont le champ de pleine lumière a un diamètre de 25′.

Plusieurs régions de la Voie Lactée ont été observées (IC 1318 b, NGC 7 000, NGC 1434 et les nébulosités reliant NGC 1982 à NGC 1976). Leur image monochromatique, presque entièrement débarrassée du fond d'étoiles faibles et des nébulosités à spectre continu, montre la structure des nuages d'émission. Les nébuleuses extragalactiques M 31 et M 51 ont été aussi observées de la même façon. Les noyaux d'émission apparaissent avec un grand contraste sur le cliché Hα (cliché de comparaison

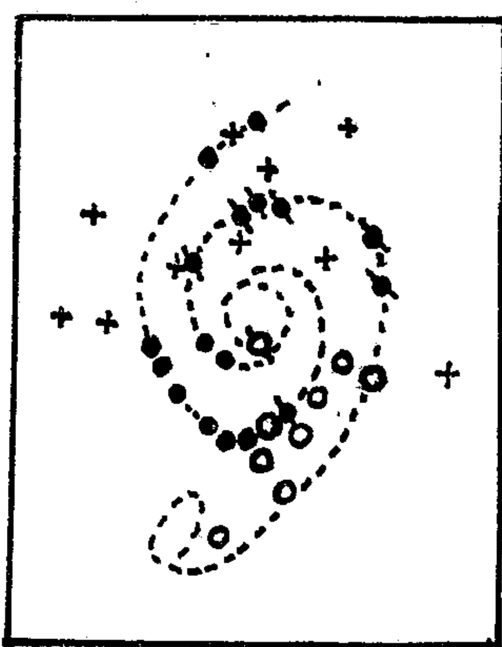


Fig. 2.

pris avec filtre 6150 Å) [1]. Les poses étaient de 2 h sur plaques 103 *a*E Kodak. Entre le noyau de M 31 et NGC 205 on obtient les mêmes résultats que ceux de W. Baade et N. U. Mayall [2]. Pour M 51, les noyaux d'émis-

(2) *Problems of cosmical aerodynamics*, 1951, p. 167-175.

sion sont nombreux et intenses, huit d'entre eux correspondent à ceux, soupçonnés en émission depuis l'étude photométrique de couleur de C. K. Seyfert ([3]); ils sont signalés par un point barré, les autres par un point, et ceux jugés incertains, par un cercle (*fig.* 2).

Ce montage a, de plus, été conçu pour recevoir entre *o* et L des appareils nécessaires à l'étude de l'émission et des nébuleuses en général (interféromètres, filtres plus sélectifs du type Lyot, polariseurs, etc.). Sa haute luminosité a permis dans ces conditions l'emploi d'un interféromètre Pérot-Fabry ([4]) à couches multiples, qui a donné des anneaux Hα dans les régions faibles avec des poses de 4 h. L'interféromètre présente, sur le spectrographe, l'avantage de donner sur un même cliché la possibilité de mesurer en de nombreux points les vitesses radiales et la largeur de raie, permettant ainsi une étude de détail de la turbulence. L'interféromètre de J. Bricard et A. Kastler ([5]) du type Savart-Lyot, très sensible aux faibles taux de lumière monochromatique, a donné des franges dont l'étude microphotométrique permettra une évaluation de l'intensité de l'émission indépendante du fond continu. Ces résultats sont en cours de dépouillement à l'Observatoire de Marseille.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Mécanique géométrique non linéaire et la Mécanique ondulatoire correspondante.* Note de M. **Bernard Kwal**, présentée par M. Louis de Broglie.

Possibilité d'une Mécanique géométrique non linéaire du point matériel dont l'énergie et l'impulsion ne peuvent dépasser E_c et $\sqrt{E_c m}$. Construction d'une Mécanique ondulatoire ayant les mêmes caractères et où s'introduit une longueur d'onde critique λ_c, les $\lambda < \lambda_c$ ne pouvant être assignées qu'aux états instables des particules. Déplacements des nivaux atomiques.

1. Nous nous proposons de généraliser la Mécanique de Newton du point matériel, de façon que celle-ci n'apparaisse qu'en première approximation, valable seulement lorsque l'énergie, l'impulsion et l'accélération ont des valeurs faibles vis-à-vis de certaines valeurs critiques.

Soit $\mathcal{L}(q, \dot{q})$ la fonction de Lagrange à laquelle correspond le hamiltonien $\mathcal{H}$:

$$(1) \qquad \mathcal{H}(q, p') = -\mathcal{L} + \dot{q}p', \qquad p' = \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{q}}.$$

Le trait essentiel de la Mécanique non linéaire est que le moment p' diffère de $p = m\dot{q}$.

([3]) *Ap. J.*, **91**, p. 528.
([4]) Buisson, Fabry, et Bourget, *Ap. J.*, **40**, 1914, p. 241.
([5]) *An. de Géophysique*, **6**, n° **4**, 1950, p. 286.

Les équations de Hamilton-Jacobi s'écrivent donc

(2) $$\mathcal{H}\left(q, \frac{\partial S}{\partial q}\right) = \frac{\partial S}{\partial t}, \qquad p' = \frac{\partial S}{\partial \dot{q}}.$$

2. Considérons, à titre d'exemple, le hamiltonien non linéaire suivant

(3) $$\mathcal{H}(q, p') = E_c\left[1 - \sqrt{1 - \frac{2}{E_c}\left(\frac{1}{2m}p'^2 + U\right)}\right],$$

(4) $$m\dot{q} = m\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial p'} = \frac{p'}{\sqrt{1 - \frac{2}{E_c}\left(\frac{1}{2m}p'^2 + U\right)}}, \qquad p' = m\dot{q}\sqrt{\frac{1 - \frac{2U}{E_c}}{1 + \frac{m\dot{q}^2}{E_c}}}.$$

L'énergie E et l'impulsion p' du point matériel qui suivrait les lois d'une pareille mécanique ne pourraient dépasser les valeurs limites E_c et $\sqrt{mE_c}$, respectivement, tandis que les régions d'espace où le champ potentiel U aurait une valeur supérieure à $(1/2)E_c$ seraient inaccessibles à ce point matériel.

3. Les raisonnements de M. L. de Broglie, qui furent à l'origine de la Mécanique ondulatoire, se transposent sans peine à la Mécanique non linéaire et conduisent aux relations suivantes pour la vitesse de phase u et la longueur d'onde λ de l'onde associée :

(5) $$u = \frac{E}{|\operatorname{grad} S|} = \frac{E}{p'},$$

(6) $$\lambda = \frac{h}{p'}\left(= \frac{h}{m\dot{q}}\sqrt{\frac{1 - \frac{2U}{E_c}}{1 + \frac{m\dot{q}^2}{E_c}}}\right).$$

En choisissant pour l'hamiltonien l'expression (3), on voit que la longueur d'onde associée au mouvement géométrique ne peut dépasser la valeur critique

(7) $$\lambda_c = \frac{h}{\sqrt{mE_c}}.$$

Du point de vue de la Mécanique ondulatoire les valeurs $\lambda < \lambda_c$ peuvent être associées aux états *instables* (E imaginaire, $\psi \sim e^{-\gamma t}$) des particules élémentaires.

4. L'équation d'onde semble pouvoir s'obtenir de la façon suivante. Nous déduisons de (2) la relation

(8) $$\frac{1}{2m}p'^2 + U = f\left(\frac{\partial S}{\partial t}\right),$$

à laquelle nous faisons correspondre l'équation d'onde :

(9) $$\left(-\frac{h^2}{8\pi^2 m}\Delta + U\right)\psi = f\left(\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial t}\right)\Psi,$$

(10) $$\left(-\frac{h^2}{8\pi^2 m}\Delta + U\right)\psi = \frac{h}{2\pi i}\dot{\Psi} + \frac{h^2}{8\pi^2 E_c}\ddot{\Psi}$$

avec la condition $E < E_c$ [pour tenir compte de la détermination négative du radical dans (3)]. En l'absence du champ extérieur, les solutions de l'équation (10) sont de la forme

$$\psi \sim \exp\left\{\frac{2\pi i}{h}(Et - p'x)\right\}, \qquad E = E_c\left(1 - \sqrt{1 - \frac{p'^2}{mE_c}}\right).$$

5. Soit ${}^0E$ une valeur propre de l'équation de Schrödinger. Dans notre théorie cette valeur est liée à l'énergie E par la relation ${}^0E = f(E)$. On a ainsi

$$E = E_c\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2\,{}^0E}{E_c}}\right), \qquad \delta E \approx \frac{{}^0E}{E_c} \quad \text{si} \quad {}^0E \ll E_c,$$

et l'on trouve un déplacement des niveaux d'énergie par rapport aux valeurs propres de l'équation de Schrödinger.

THÉORIE CINÉTIQUE DES GAZ. — *Probabilité de choc des molécules sphériques en fonction de leur vitesse d'agitation.* Note de M. **Jean-J. Bernard**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. Le gaz considéré est constitué de molécules toutes identiques; on désigne par ν leur nombre dans l'unité de volume, par $\vec{q}_1$, $\vec{q}_2$, $\vec{q}'_1$, $\vec{q}'_2$ les vitesses de deux molécules respectivement avant et après un choc mutuel, par f_1, f_2, f'_1, f'_2 la fonction de répartition correspondant à chacune de ces vitesses. L'équation de Boltzmann peut ainsi s'écrire sous la forme condensée suivante :

$$\frac{d}{dt}(\nu f_1) = \nu^2 \mathcal{J}(f'_1 f'_2 - f_1 f_2).$$

La différence qui figure au second membre sous le signe intégral $\mathcal{J}$ est identiquement nulle en régime d'écoulement uniforme, la fonction f étant alors celle de Maxwell; pour les régimes non uniformes, cette différence s'annule seulement avec la déviation que le choc fait subir aux deux molécules, c'est-à-dire à la limite de leur domaine d'interaction. Le second membre ainsi pris globalement, a généralement un sens, mais dans la méthode d'approximations successives, indiquée par Enskog [1], qui consiste à écrire l'équation sous la forme

$$\frac{d}{dt}(\nu f_{1,n}) = \nu^2 \{\mathcal{J}(f'_{1,n-1} f'_{2,n-1}) - f_{1,n}\mathcal{J}(f_{2,n-1})\},$$

les intégrales $\mathcal{J}$ ne convergent, pour des molécules ponctuelles répulsives, que dans le domaine d'interaction limité de la sphère de choc [2]; de plus, dans le

(1) *Arkiv för Mat., Ast. och Fys.*, **21**, 1929, p. 2.
(2) P. Langevin, *Le Radium*, **10**, 1913, p. 142.

cas particulier du modèle moléculaire de Maxwell, l'expression de $\mathcal{J}(f_2)$ ne dépend pas de la vitesse $\vec{q}_1$.

2. Dans le cas de molécules sphériques, le domaine d'interaction est essentiellement limité et la notion de sphère de choc n'est pas nécessaire; $\mathcal{J}(f_2)$ ne semble cependant pas avoir été explicitée en fonction de $\vec{q}_1$, même dans le cas où la fonction f_2 est la distribution correspondant au régime uniforme. Nous nous proposons d'appliquer au calcul de cette première approximation la transformation que nous avons indiquée dans une Note précédente ([3]) dont nous conservons les notations. $\mathcal{J}(f_2)$ s'écrit ainsi

$$\mathcal{J}(f_2)=\sigma^2\int_0^{2\pi}d\varphi\int_0^{\infty}dt\iiint_{-\infty}^{+\infty}f_2\,|\,x\,|\,dx\,dy\,dz,$$

et la fonction f_2 peut s'exprimer en fonction des variables x, y, z sous la forme

$$f_2=\left(\frac{h}{\pi}\right)^{\frac{3}{2}}e^{-h\left[(1+t^2)\left(x+\frac{u+rt\cos\varphi}{1+t^2}\right)^2+\frac{1+t^2}{t^2}\left(y+t\frac{ut-r\cos\varphi}{1+t^2}\right)^2+(z+r\sin\varphi)^2\right]}.$$

On voit que les trois intégrations en x, y, z sont indépendantes : les deux dernières donnent respectivement les termes $t\sqrt{\pi/h(1+t^2)}$ et $\sqrt{\pi/h}$, l'intégrale en x peut s'exprimer d'une façon formelle simple en utilisant la fonction hypergéométrique à deux paramètres ${}_1F_1$ de Kummer; l'expression $\mathcal{J}(f_2)$ est ainsi réduite à l'intégrale double

$$\mathcal{J}(f_2)=\frac{\sigma^2}{\sqrt{h\pi}}\int_0^{2\pi}d\varphi\int_0^{\infty}{}_1F_1\left[-\frac{1}{2};\frac{1}{2};-h\frac{(u+rt\cos\varphi)^2}{1+t^2}\right]\frac{t\,dt}{(1+t^2)^{\frac{3}{2}}},$$

qu'on peut calculer en substituant à ${}_1F_1$ son développement en série : chaque terme en effet est majoré par le terme correspondant de l'exponentielle, et le changement de variables $\xi=t\cos\varphi$, $\eta\sqrt{1+\xi^2}=t\sin\varphi$ permet de séparer les variables ξ et η dans l'intégration. $\mathcal{J}(f_2)$ est finalement donné par un développement en série où ne figure plus que le module $q_1^2=u^2+r^2$ et qu'il est possible de sommer par une nouvelle fonction de Kummer

$$\mathcal{J}(f_2)=2\sigma^2\sqrt{\frac{\pi}{h}}\,{}_1F_1\left(-\frac{1}{2};\frac{3}{2};-hq_1^2\right).$$

3. La fonction ${}_1F_1(-1/2;3/2;-hq_1^2)$, constamment croissante, tend vers l'infini avec hq_1^2; son développement asymptotique étant

$${}_1F_1\left(-\frac{1}{2};\frac{3}{2};-hq_1^2\right)\sim q_1\frac{\sqrt{\pi h}}{2}\left(1+\frac{1}{2hq_1^2}\right)+e^{-hq_1^2}O\left(\frac{1}{hq_1^2}\right),$$

où $O(1/hq_1^2)$ désigne les termes d'ordre supérieur à 1, le produit $f_1\mathcal{J}(f_2)$ est

([3]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1348.

borné et tend vers zéro quand hq_1^2 augmente indéfiniment; de même, l'intégrale

$$j_n = \int_0^{\infty} f_1 \mathfrak{J}(f_2) q_1^n \, dq_1$$

converge pour toute valeur de n et peut être calculée analytiquement; on a en effet

$$\int_0^{\infty} e^{-hq_1^2} {}_1F_1\left(-\frac{1}{2}; \frac{3}{2}; -hq_1^2\right) q_1^n \, dq_1 = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{2h}\right)^{\frac{n+1}{2}} \Gamma\left(\frac{n+1}{2}\right) {}_2F_1\left(2, \frac{n+1}{2}; \frac{3}{2}; \frac{1}{2}\right).$$

On peut ainsi donner, sans ambiguïté, l'interprétation statistique de ces quantités : $f(q)$ est évidemment la densité de probabilité des molécules ω dont la vitesse est comprise dans le domaine $(\vec{q}, \vec{q} + d\vec{q})$; le produit $\nu f \mathfrak{J}(f)$ représente la densité de probabilité des molécules exclues de la classe ω par un choc pendant l'unité de temps (au moins en régime stationnaire); par suite $\nu \mathfrak{J}(f)$ est la probabilité de choc pendant l'unité de temps d'une molécule de la classe ω et cette probabilité peut augmenter indéfiniment avec q puisque le nombre de ces molécules s'annule pour les grandes valeurs de la vitesse d'agitation; pour une molécule quelconque, la probabilité de choc a la valeur finie $4\pi\nu j_2 = 2\sqrt{2}\,\sigma^2 \nu \sqrt{\pi/h}$, dont la valeur est usuelle et qui est inférieure à 1 tant que la raréfaction du gaz permet de négliger les chocs secondaires des molécules.

CHALEUR. — *Propagation d'une déflagration dans un tube recouvert d'une pelliculle d'huile.* Note de M. **Roger Loison**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Une déflagration peut se propager à grande vitesse, en mettant en jeu des pressions élevées, dans un tube ne renfermant aucun mélange gazeux inflammable et recouvert seulement d'une mince pellicule d'huile, de l'ordre de 0,1 mm d'épaisseur.

Ce phénomène a été mis en évidence par les expériences suivantes, réalisées au laboratoire du Centre d'Études et Recherches des Charbonnages de France, à Verneuil (Oise).

Une canalisation métallique de 250 mm de diamètre, 7 mm d'épaisseur et de 80 à 100 m de longueur, est prolongée par une chambre de combustion, dont elle est séparée par une membrane de klingérite de très faible épaisseur. La chambre de combustion est constituée par un élément de canalisation de 250 mm de diamètre également et de 4 m de longueur. Elle est pleine d'un mélange gazeux inflammable (oxygène : 25 %, méthane : 12,5 %, azote : 62,5 %) à la pression de 7 kg. La canalisation proprement dite est pleine d'air pur à la pression de 7 kg; sa paroi est recouverte intérieurement d'une pellicule d'huile de 0,1 à 0,3 mm d'épaisseur (huile de graissage D 15).

On provoque, au moyen d'une étincelle électrique, l'inflammation du mélange gazeux. Si le dépôt d'huile est suffisamment important (par exemple 180 g : m de canalisation, soit 0,3 mm d'épaisseur en moyenne), une explosion violente se propage sur toute la longueur de la canalisation. Elle se manifeste, d'une part par une onde de pression dont la vitesse atteint rapidement 1200 m : s et se stabilise à cette valeur et, d'autre part, par une flamme visible jusqu'à l'extrémité de la canalisation. La combustion du dépôt d'huile donne naissance à un dépôt de suie. La canalisation se rompt en plusieurs endroits suivant des ouvertures généralement très larges; en particulier, le fond est toujours projeté à grande distance.

Cette déflagration est évidemment amorcée par celle du mélange gazeux contenu dans la chambre de combustion, mais elle s'entretient et se propage en étant seulement alimentée par le dépôt d'huile. Elle semble pouvoir se propager aussi longtemps qu'elle trouve devant elle un dépôt d'huile suffisant.

Si le dépôt d'huile est insuffisant, l'onde de pression engendrée par l'explosion du mélange gazeux, dont la vitesse atteint 300 à 400 m : s à la sortie de la chambre de combustion, s'amortit progressivement. Dans les cas intermédiaires, on a pu observer une accélération rapide de l'onde de pression à la sortie de la chambre de combustion, suivie aussitôt d'un amortissement très sensible, réduisant sa vitesse à 200 m : s. On note, dans ce cas, une combustion du dépôt d'huile sur une longueur de quelques mètres.

L'interprétation qui nous paraît la plus vraisemblable est la suivante :

L'onde de pression engendrée par l'explosion du mélange gazeux s'accompagne d'une élévation de température, sous l'effet de laquelle l'huile se vaporise et s'enflamme; sa combustion s'effectue donc en phase gazeuse. Elle est, à son tour, à l'origine d'une élévation de température, donc de pression, qui suffit à entretenir l'onde de pression qui la devance et à lui assurer une vitesse nettement supérieure à celle du son.

La température, au front d'une onde se propageant à 1200 m : s, est telle que l'huile peut se vaporiser et s'enflammer spontanément. La vaporisation de l'huile n'étant pas, cependant, un phénomène extrêmement rapide, il est probable qu'il existe un décalage important entre l'onde de pression et le front de la flamme; nos moyens expérimentaux ne nous ont pas permis de le vérifier.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur la répartition du courant le long d'une antenne cylindrique.* Note de M. **Paul Poincelot**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'auteur étudie la répartition du courant le long d'une antenne cylindrique en partant des équations de Maxwell; l'antenne a la forme d'un cylindre de

rayon fini, ouvert et limité à deux plans de section droite. L'intensité du courant a la symétrie de révolution autour de l'axe du cylindre; elle est symétrique par rapport au plan de symétrie perpendiculaire à l'axe; on suppose que les connexions ne modifient pas la symétrie de révolution. Il existe deux nappes de courant, l'une interne, l'autre externe; on considère dans ce qui suit leur somme algébrique.

L'auteur applique une méthode inspirée de l'étude des régimes transitoires dans les circuits électriques : considérant un cylindre indéfini avec une répartition sinusoïdale du courant, il trouve pour le champ magnétique la solution :

$$\mathcal{H}_{en} = A_n K_1(\alpha_n r) \qquad \text{(extérieur)},$$
$$\mathcal{H}_{in} = B_n I_1(\alpha_n r) \qquad \text{(intérieur)},$$

avec

$$\alpha_n^2 = n^2 p^2 - k^2.$$

Il détermine les coefficients A_n et B_n en calculant le potentiel-vecteur suivant l'axe. Pour rendre les intégrales convergentes, il considère un courant de la forme

$$I(z, t) = D\, e^{ipz + i(\omega - i\beta)t},$$

en faisant tendre β vers zéro, ce qui introduit des conditions dont il est tenu compte dans toute la suite du calcul.

D'où la composante E_z parallèle à l'axe du champ électrique le long de la paroi

$$\frac{1}{c^2}\frac{\partial E_z}{\partial t} = -\, i\pi D\, e^{i(\omega t + pz)}\, \alpha^2 J_0(\alpha a)\, H_0^{(2)}(\alpha a), \qquad \text{avec} \quad \alpha = \sqrt{k^2 - p^2}.$$

Le courant réel le long de l'antenne peut être exprimé par une série d'intégrales de Fourier :

$$I(z, t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} D_{2n+1}\, e^{i[\omega t + (2n+1)pz]}\, \frac{1}{\pi}\int_{(C)} \frac{e^{iuz}}{u} \sin\frac{ul}{2}\, du,$$

l étant la longueur de l'antenne, le contour (C) étant infiniment voisin de l'axe réel, et du côté négatif de l'axe imaginaire.

Dans le cas de l'antenne d'émission, en exprimant que la composante tangentielle du champ électrique E_z est nulle le long de la paroi, on trouve la relation

$$\sum_{n=-\infty}^{+\infty} D_{2n+1}(-1)^n \int_{(C_1)} \frac{e^{iuz}\left[e^{iu\frac{l}{2}} - e^{-iu\frac{l}{2}}\right]}{u - (2n+1)p}\, \alpha^2 J_0(a\alpha)\, H_0^{(2)}(a\alpha)\, du = 0,$$

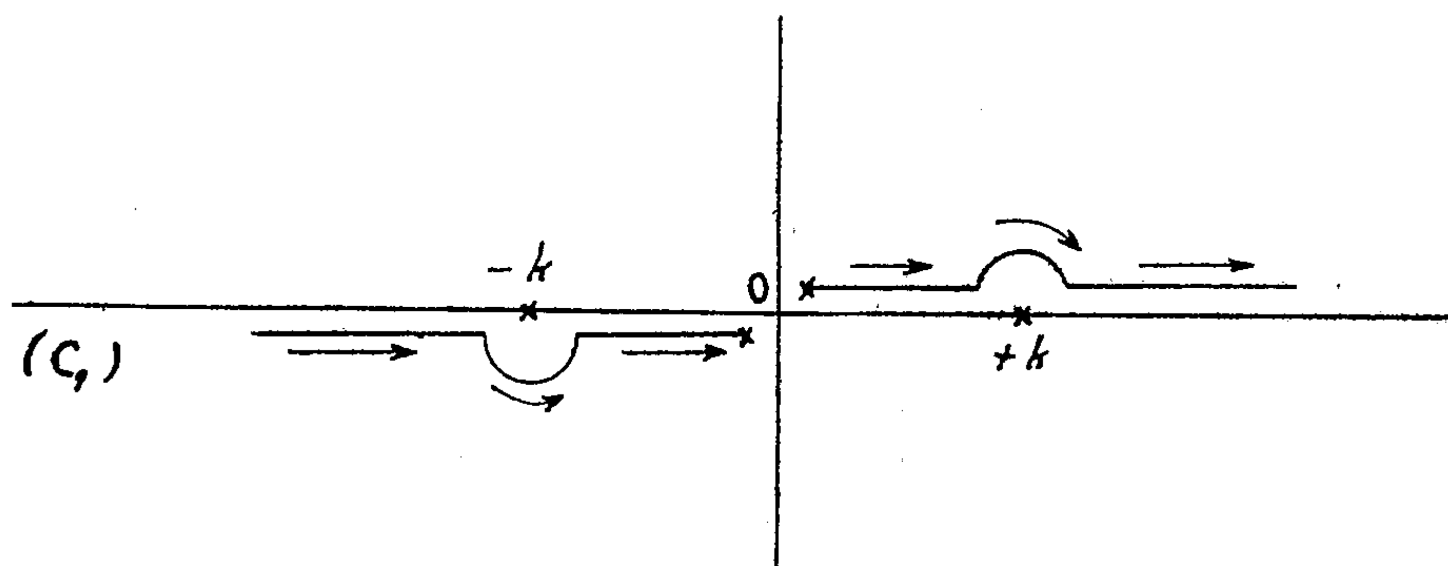
le contour (C_1) étant celui de la figure, infiniment voisin de l'axe réel.

L'auteur transforme cette intégrale en appliquant la méthode des résidus. Il trouve une équation dont il multiplie chacun des 2 membres par $e^{-i(2n+1)pz}$, puis il intègre de $-l/2$ à $+l/2$.

La relation finale s'écrit

$$(-1)^n D_{2n-1}\pi l \alpha_{2n-1}^2 I_0(a\alpha_{2n-1}) H_0^{(2)}(-ia\alpha_{2n-1})$$
$$= 8\sum_{r=+1}^{+\infty}(-1)^r D_{2r-1}\int_0^k \frac{\alpha^2 u^2 J_0^2(a\alpha)}{[u^2-(2n-1)^2p^2][u^2-(2r-1)^2p^2]}\left(\cos^2 u\frac{l}{2} - \frac{i}{2}\sin u\frac{l}{2}\right)du$$

c'est un système d'une infinité d'équations à une infinité d'inconnues. En le discutant, on trouve que la répartition du courant est parfaitement sinusoïdale dans le cas de l'antenne en demi-onde, en nombre impair de demi-ondes, ainsi que dans celui de l'antenne très courte.



Pour l'antenne de réception, on trouve le même résultat, ce qui justifie les calculs d'impédances et de rayonnement dans ces cas. Notons, comme nous l'avons dit plus haut, qu'il s'agit de la somme algébrique des deux nappes de courant. Dans le cas d'un fil long et fin, les effets de bout peuvent être négligés, et les résultats précédents étendus à un cylindre plein.

ÉLECTRONIQUE. — *Analyseur d'impulsions à dix canaux.* Note de MM. **Michel Langevin** et **Gilbert Allart**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Un dispositif a été réalisé pour l'étude de la répartition des impulsions données par un compteur à scintillations ou un compteur proportionnel. Les impulsions sont classées par amplitude en dix canaux distincts et équidistants.

Le condensateur C_1 (*fig.* 1) est chargé à la tension de crête de l'impulsion incidente par la triode V_1, puis déchargé par la triode à courant constant V_2. Cette tension attaque symétriquement les plaques de déviation d'un tube à faisceau laminaire à dix anodes fabriqué par les Laboratoires d'Électronique et de Physique appliquées. Le faisceau d'électrons dont la position d'équilibre était légèrement en deçà de la première anode, va alors, selon l'amplitude de l'impulsion incidente, balayer rapidement un certain nombre d'anodes, puis revenir à vitesse constante relativement lente vers sa position



Fig. 1. — Analyseur d'impulsions.

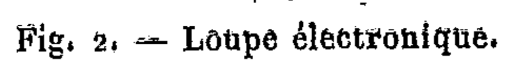


Fig. 2. — Loupe électronique.

d'équilibre. La décharge par le faisceau de la première anode rencontrée sera alors suffisante pour déclencher l'univibrateur V_5 adjoint à cette anode. L'impulsion rectangulaire fournie agit d'une part sur le système de comptage correspondant et, d'autre part, sur la grille de V_3, ce qui décharge rapidement C_1. Le faisceau revient alors rapidement à sa position d'équilibre sans donner d'effet notable sur les anodes balayées en retour.

Les dix seuils de sensibilité des anodes définissent les dix canaux de l'appareil. On peut les amener à être rigoureusement équidistants à l'aide des potentiomètres P_1 qui définissent la sensibilité électrique de chaque univibrateur.

Suivant le principe de cet appareil, aucune impulsion ne peut être comptée deux fois ou ne pas être comptée du tout. Au bout d'une demi-heure de fonctionnement, la stabilité est excellente et aucune dérive ne peut être décelée durant plusieurs heures.

Le nombre moyen maximum d'impulsions admissibles par minute est de 20 000 si l'on utilise des échelles de numération (perte 1 %). Pour des raisons de simplicité, notre réalisation utilise des numérateurs, ce qui limite *a priori* le taux de comptage admissible.

Les possibilités de cet analyseur ont été étendues en intercalant entre l'amplificateur proportionnel et l'analyseur une « loupe électronique » (*fig.* 2) dont les principales fonctions sont les suivantes :

1° Mise en forme des impulsions;

2° Décalage et réglage de largeur de la zone d'impulsions couverte par les dix canaux.

A titre d'essai, l'analyseur a été utilisé pour l'étude du spectre d'impulsions donné par le rayonnement γ de ^{198}Au, dans un compteur à scintillations

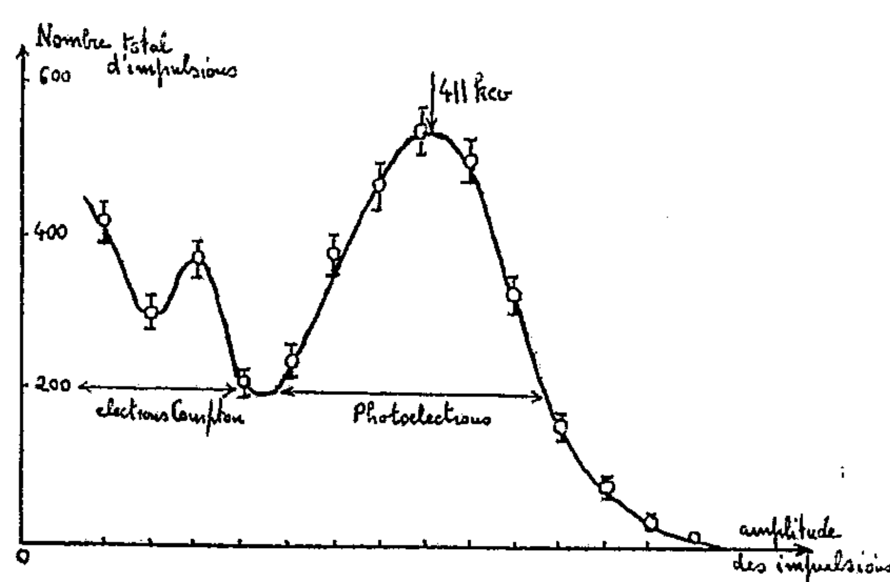


Fig. 3.

(*fig.* 3). Les scintillations produites dans le cristal de NaI activé au thallium étaient détectées par un tube photomultiplicateur à huit étages, fabriqué par M. Lallemand à l'Observatoire de Paris.

Le spectre obtenu montre que le fonctionnement de l'analyseur est correct pour des impulsions réparties au hasard; il correspond, en effet, à la répartition théorique de l'énergie des électrons Compton et des photoélectrons dans l'iodure de sodium.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Un nouvel abaque pour la détermination de la permittivité des diélectriques en hyperfréquence.* Note de M. **André Lebrun**, présentée par M. Camille Gutton.

La mesure de la permittivité des diélectriques, en ondes décimétriques et centimétriques, s'effectue souvent en remplissant avec la substance à étudier une portion court-circuitée, de longueur h, d'un guide d'onde (onde du type H) ou d'une ligne coaxiale. De la mesure d'un déplacement et de la détermination de la largeur de la courbe de résonance ou du taux d'ondes stationnaires, on peut déduire les composantes (A, B) de l'impédance (ou de l'admittance) d'entrée du tronçon. Il faut ensuite déduire les parties réelle et imaginaire (ε', ε'') de la permittivité. Des abaques ont été proposés pour cet usage [1], [2], [3].

Deux catégories principales d'abaques peuvent être construites.

1° Dans un système de référence cartésien (A, B), on peut construire des réseaux de courbes U = const., V = const. (U et V étant deux fonctions simples de ε', ε'' et h)

2° Dans un système (U, V) on peut construire les courbes A = const., B = const. A et B variant très rapidement avec la longueur d'onde et la hauteur de la « cellule » utilisée, les abaques de la deuxième catégorie sont d'un emploi plus commode que ceux de la première.

Posons pour l'impédance (ou l'admittance) normalisée d'entrée du tronçon avec le diélectrique

$$\frac{Z_1}{Z_c} = \frac{Z_{1c}}{Z_c}\,\mathrm{th}\,P_1 h = j\left(\frac{2\pi h}{\lambda_g}\right) z^{-1}\,\mathrm{th}\,z, \qquad \frac{Z_c}{Z_1} = -j\left(\frac{\lambda_g}{2\pi h}\right) z\,\coth z.$$

(L'indice 1 concerne le diélectrique.)

Pratiquement on est conduit à construire un abaque d'un des types suivants :

$$z^{-1}\,\mathrm{th}\,z = c + jd, \qquad z^{-1}\,\mathrm{th}\,z = \mathrm{R}^{j\Phi}, \qquad z\coth z = g - jb,$$

avec

$$z = u + jv \quad \text{ou} \quad z = \rho e^{j\theta} \qquad (u,\ v,\ \rho,\ \theta \text{ fonctions de } \varepsilon',\ \varepsilon'' \text{ et } h).$$

Pour les abaques de la 2e catégorie, Roberts et von Hippel construisent dans

(1) S. Roberts et A. von Hippel, *J. Appl. Phys.*, 17, 1946, p. 610.

(2) J. Benoît, *Ann. Télécom.*, 4, 1949, p. 16.

(3) S. Le Montagner et J. Le Bot, *Comptes rendus*, 233, 1951 p. 1017.

le système cartésien ρ, θ les courbes : $R = \text{const.}$, $\Phi = \text{const.}$; Le Montagner et Le Bot dans le système (u, v), les courbes : $R = \text{const.}$, $T = \text{tg}\,\Phi = \text{const.}$

Ces abaques ont des singularités, en particulier dans les régions $v = (2k + 1)\pi/2$ où se trouvent la plus grande partie des points expérimentaux; ils sont longs à construire si l'on ne dispose pas de tables spéciales et se prêtent mal à des développements approchés.

Nous utilisons depuis quelques années un abaque où nous avons tracé, dans le plan (u, v), les courbes $g = \text{const.}$, $b = \text{const.}$ On a alors *les relations simples :*

(1) $$b = (v \sin 2v + u \,\text{sh}\, 2u) : (\text{ch}\, 2u - \cos 2v),$$

(2) $$g = (v \,\text{sh}\, 2u - u \sin 2v) : (\text{ch}\, 2u - \cos 2v).$$

Réseau de courbes $b = \text{const.}$ — Pour $u = 0$, $b = v_0 \cot\text{g}\, v_0$: le point de départ des courbes sur l'axe Ov est bien défini et les courbes sont normales à cet axe. Après construction de quelques-unes d'entre elles on constate qu'elles

sont sensiblement parallèles (sauf dans les régions $v \neq k\pi$). Ce fait facilite grandement le tracé et l'interpolation.

Réseau de courbes $g =$ const. — Pour $\operatorname{sh} 2u \neq 2u$ et $u^2 \ll \sin^2 v$:

$$u = g(1 - \cos 2v) : (2v - \sin 2v). \tag{3}$$

Pour de très nombreuses mesures, u sera obtenu à partir de (3).

En résumé, la marche à suivre pour obtenir la valeur des composantes de la permittivité est la suivante : on pose $\coth(m + jn) = g_1 - jb_1$ (m et n sont fournis directement par la mesure); b_1 et g_1 sont corrigés s'il y a lieu pour tenir compte de la présence d'un mica. On pose alors

$$g_1 - jb_1 = \left(\frac{\lambda_g}{2\pi h}\right)(g - jb) \quad \text{et} \quad g - jb = -j(u + jv)\coth(u + jv).$$

L'abaque proposé donne u et v et la permittivité s'obtient à partir des relations connues,

$$\varepsilon' - \frac{\lambda^2}{\lambda_c^2} = \left(\frac{\lambda^2}{4\pi^2 h^2}\right)(v^2 - u^2), \qquad \varepsilon'' = \left(\frac{\lambda^2}{4\pi^2 h^2}\right) 2uv, \qquad \text{avec} \quad \frac{\lambda}{\lambda_g} = \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda_c}{\lambda}\right)^2}.$$

OPTIQUE. — *Application des lames uniaxes à l'observation des objets transparents isotropes ou non en microscopie.* Note (*) de M. MAURICE FRANÇON, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons donné le principe d'un nouveau dispositif interférentiel basé sur l'emploi du polariscope de Savart et destiné à l'étude des objets transparents quelconques. Ce dispositif était aussi bien adapté à l'observation microscopique qu'à l'observation macroscopique. Les interférences étaient produites en dédoublant l'objet par biréfringence et en faisant interférer des parties différentes du champ d'observation. L'objet était donc vu par interférences avec un fond cohérent pris à côté de l'objet lui-même et dans une région dépourvue de détails. Le dédoublement donnant naissance à deux images du même objet n'était pas gênant à condition que l'objet ne soit pas trop grand. Nous avons indiqué ensuite un moyen de faire disparaître l'une de ces images en interposant la préparation microscopique entre les deux lames du polariscope de Savart. Nous donnons, dans la présente Note, un procédé plus simple pour obtenir le même résultat et seulement applicable à la microscopie.

On interpose entre la préparation et l'objectif une lame cristalline

(*) Séance du 21 janvier 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1176.

perpendiculaire à l'axe, telle qu'une lame de spath par exemple. On polarise la lumière incidente par un polariseur placé n'importe où avant le spath, l'analyseur étant également à un endroit quelconque après le spath. Un diaphragme annulaire placé dans le plan focal du condenseur permet d'éclairer la préparation. On règle la largeur de l'anneau et son diamètre moyen de façon qu'il se projette sur le premier anneau à l'infini pourpre (teinte sensible) de la lame de spath. A la sortie de celle-ci et pour un point de la source annulaire, on a deux ondes planes en retard l'une par rapport à l'autre de $\lambda/2$ pour le jaune moyen du spectre. Le champ d'observation apparaît donc avec la teinte sensible pourpre du premier ordre. Si la lame de spath a une épaisseur suffisante, la distance de l'image ordinaire à l'image extraordinaire de l'objet peut être assez grande pour que, la mise au point étant faite sur l'image ordinaire, l'image extraordinaire disparaisse complètement. L'image ordinaire interfère alors avec un fond cohérent produit par l'image extraordinaire non au point. Dans les régions où la phase varie, la teinte sensible vire aussitôt, décelant ainsi la présence de l'objet déphasant avec une grande sensibilité. C'est le principe que nous avons déjà donné à propos de l'emploi du polariscope de Savart, mais réalisé maintenant d'une façon encore plus simple.

Si l'épaisseur de la lame de spath n'est pas suffisante, l'image ordinaire peut être troublée par les colorations de l'image extraordinaire non au point. Il est possible d'éviter cet inconvénient en employant un filtre coloré diminuant beaucoup la différence entre les teintes de l'image extraordinaire et du fond pourpre tout en conservant un contraste suffisant à l'image ordinaire.

Ici également il est possible de faire coïncider l'image du diaphragme annulaire avec un anneau à l'infini coloré d'une façon quelconque. L'ajustement pourrait se faire en employant un compensateur formé de deux coins d'un cristal uniaxe, tous les deux perpendiculaires à l'axe. En plaçant un tel compensateur sous la préparation et en déplaçant les deux coins l'un par rapport à l'autre, on pourrait faire varier à volonté le diamètre des anneaux à l'infini de l'ensemble compensateur-lame de spath. Une lame de spath perpendiculaire à l'axe de 1 mm d'épaisseur convient très bien pour un objectif d'ouverture numérique $n \sin u = 1$ ou même plus faible. Il suffit d'utiliser un objectif de frontale suffisante ayant malgré tout une grande ouverture numérique. De tels objectifs existent, mais il faut qu'ils soient calculés pour travailler avec une immersion d'indice égal à l'indice ordinaire de la lame uniaxe employée.

Enfin, au lieu d'utiliser un polariseur et un analyseur ordinaires, on peut prendre un polariseur et un analyseur circulaires, ce qui supprime les lignes neutres et donne plus de lumière.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Les spectres alpha des réactions* $^{8}_{3}$Li(, β)2α *et* $^{11}_{5}$B(*p*, α)2α *et les possibilités de tripartition du noyau composé* $^{12}_{6}$C*. Note de M. **Raymond Chastel**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Les difficultés d'interprétation des spectres alpha de $^{8}_{3}$Li(, β)2α et $^{11}_{5}$B(*p*, α)2α suggèrent la possibilité de tripartition du noyau composé $^{12}_{6}$C dans la réaction sur le bore 11 qui s'écrirait $^{11}_{5}$B(*p*, 3α).

Dans deux Notes précédentes (1), (2) j'ai montré la possibilité de réactions de tripartition ou quadripartition (réactions à 3 ou 4 particules) pour expliquer certains résultats expérimentaux obtenus sur la photodésintégration de noyaux légers.

Li et Ward Waling (3) ont publié une étude des spectres α des réactions (*a*)...$^{8}_{3}$Li(, β)2α et (*b*)...$^{11}_{5}$B(*p*, α)2α avec un spectromètre magnétique à grande résolution. Ces auteurs partant du fait qu'un niveau large de $^{8}_{4}$Be au voisinage de 3 MeV peut intervenir dans au moins 6 réactions nucléaires différentes, ont été frappés par la discordance des résultats expérimentaux concernant les énergies et les largeurs de ce niveau. Ils ont entrepris leurs mesures pour voir si ce ou ces niveaux présentent une structure fine. Et il n'ont observé aucune structure fine dans les deux réactions qu'ils ont étudiées.

Ils ont trouvé pour les particules α de $^{8}_{4}$Be une énergie du maximum à $E_\alpha = 1,52 \pm 0,02$ MeV et une demi-largeur de 0,8 MeV. Ce qui donne pour le $^{8}_{4}$Be formé après désintégration β de $^{8}_{3}$Li une énergie de $3,04 \pm 0,04$ MeV en prenant pour zéro l'énergie au repos des 2 particules α résultantes.

Soit une énergie de $3,04 - 0,077 = 2,96 \pm 0,08$ MeV par rapport au $^{8}_{4}$Be dans son état fondamental, en prenant la valeur de Carlson (4) pour l'énergie $Q = 0,077$ MeV pour $^{8}_{4}\text{Be} \rightarrow 2\alpha + Q$, valeur en bon accord avec celles de Crussard (5), Hemmendinger (6), (7) et de Tollestrup, Fowler et Lauristen (8).

D'autre part, ils ont trouvé une énergie $E_\alpha = 4,37 \pm 0,02$ MeV pour le maximum du spectre de la réaction du bore avec une demi-largeur de 0,75 MeV. Ils indiquent donc que les deux niveaux observés sont distincts.

On peut donc, compte tenu des résultats que j'ai publiés (1), (2), se demander si les mécanismes antérieurement admis faisant intervenir un $^{8}_{4}$Be excité

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1440.
(2) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 318.
(3) *Phys. Rev.*, 81, 1951, p. 661.
(4) *Phys. Rev.*, 84, 1951, p. 749.
(5) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 141.
(6) *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 1267.
(7) *Phys. Rev.*, 73, 1948, p. 806.
(8) *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 428.

sont exacts pour les deux réactions étudiées. L'étude publiée de la réaction $^{12}_{6}C(\gamma, 3\alpha)$ (1) permet de comprendre l'absence de structure fine du groupe de 4,37 MeV, la tripartition du « nuclide composé » $^{12}_{6}C^*$ en 3 particules α permet en outre d'expliquer la largeur anormale du groupe [observée également dans la réaction $^{12}_{6}C(\gamma, 3\alpha)$]. Bethe (9) signalait déjà un désaccord avec l'hypothèse du passage par $^{8}_{4}Be$ en ce qui concerne le côté des basses énergies du groupe de particules α de ce niveau. L'hypothèse de la tripartition dans la réaction $^{11}_{5}B(p, 3\alpha)$ doit vraisemblablement correspondre à la présence d'anomalies du fond continu de particules α sur lequel se détacherait le pic de 4,37 MeV.

Dans le cas de la désintégration de $^{8}_{3}Li$ (10) on aurait un mécanisme différent comportant le passage par un niveau large de $^{8}_{4}Be$ à 2,9 MeV.

Li et Ward Whaling indiquent pour la réaction (b) le passage par $^{8}_{4}Be$ à l'état fondamental avec une probabilité de 1/35 par rapport au mécanisme le plus fréquent de la réaction, ce qui est en accord avec ce qui a été publié sur la réaction $^{12}_{6}C(\gamma, 3\alpha)$ (11).

L'argument tiré des mesures de Li et Ward Whaling en faveur de phénomènes de tripartition dans d'autres réactions sur des noyaux légers, semble montrer que l'hypothèse de réactions à plusieurs particules même pour les noyaux légers a une probabilité plus grande qu'on le pensait auparavant (12).

La conception suivant laquelle les réactions à deux particules ont une grande probabilité, valable pour les noyaux moyens et lourds (12), paraît avoir été abusivement utilisée pour les noyaux légers. Ceci est en accord avec la propre conception de Bohr émise à propos de la réaction $^{9}_{4}Be(\alpha, n)3\alpha$ (13).

MÉTALLOGRAPHIE. — *Étude aux rayons X du vieillissement de l'alliage aluminium-magnésium à 7 % de magnésium.* Note (*) de Mme ADRIENNE-R. WEILL, présentée par M. Pierre Chevenard.

Alors que le revenu à 160° ou à 250° des alliages Al-Mg type AG7 s'accompagne de la formation de précipités riches en magnésium, après 6 mois à 55°, on détecte aux rayons X seulement un fort état de tension du réseau, qui n'avait pas été constaté aux températures plus élevées avant l'apparition des précipités.

Le traitement des alliages aluminium-magnésium à 7 % Mg pendant des temps variables entre 125 et 250° permet d'observer différents mécanismes d'appauvrissement de la solution-solide et la formation de préci-

(9) *Rev. Mod. Phys.*, 9, 1937, p. 218.
(10) VENDRYES, Thèse, Paris, 1951.
(11) GOWARD, TELEGDI et WILKINS, *Proc. Phys. Soc.*, 63 A, 1950, p. 402.
(12) BETHE, *Rev. Mod. Phys.*, 9, 1937, p. 219; *Elementary Nucl. theory*, 1947.
(13) BOHR et KALEKAR, *Kgl. Dansk. Acad.*, § 51, 56, 77, 79, 81, 90, 1939.

(*) Séance du 21 janvier 1952.

pités, que le microscope révèle plus tôt que les diagrammes de rayons X ([1]).

L'appauvrissement de la solution solide en magnésium se manifeste au bout d'une période variable selon la température de traitement, par une contraction de la maille ([2]), qui se mesure sur l'anneau de retour d'un diagramme de diffraction.

En opérant sur un alliage commercial provenant de bouteilles destinées à renfermer de l'air comprimé, c'est-à-dire ayant été filé à chaud, trempé, puis déformé à froid, nous avons étudié l'évolution de la solution solide à la température de 55°. L'analyse chimique du spécimen était la suivante : 6,36 % Mg, 0,31 % Mn, 0,38 % Fe, 0,14 % Si.

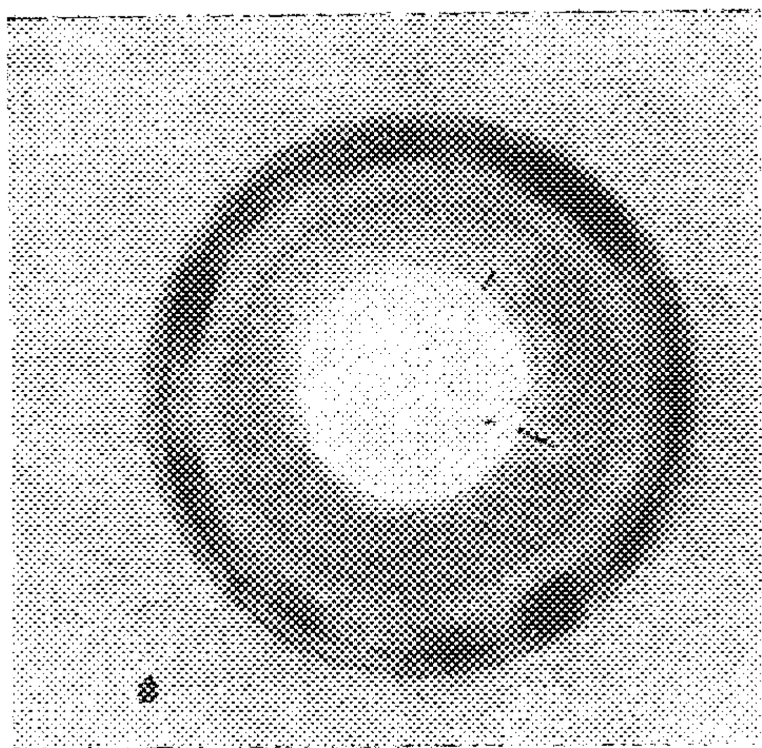


Fig. 1.

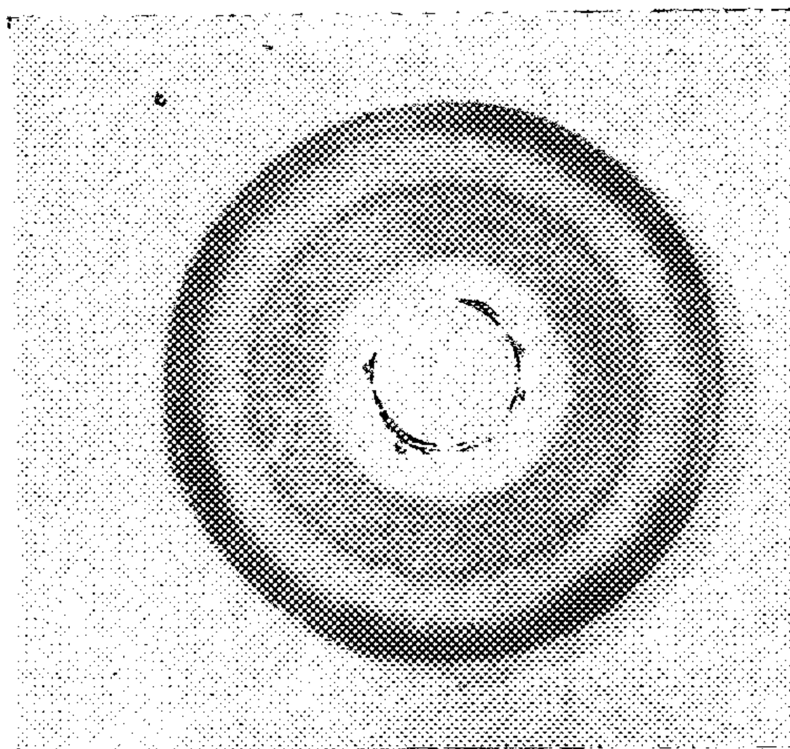


Fig. 2.

Fig. 1. — A. G. 7. vieilli 1000 h à 55°. L'anneau (400) α_2 du molybdène chevauche l'anneau (333-511) α_1 de l'alliage. Diagramme en retour. Radiation du cuivre. Calibrage au molybdène.

Fig. 2. — A. G. 7. vieilli 4400 h à 55°. L'anneau (400) $\alpha_1\alpha_2$ du molybdène encadre l'anneau (333-511) α_1 de l'alliage. Diagramme en retour. Radiation au cuivre. Calibrage au molybdène.

L'échantillon brut présente des tensions résiduelles reconnaissables au flou de l'anneau continu de la réflexion de retour (333-511), vers l'angle de 80° pour les examens effectués avec la radiation du cuivre; elles sont résorbées après 2 h de revenu à 250° ou après une vingtaine d'heures à 160°. L'anneau est alors résolu, continu malgré quelques renforcements, sans être jamais aussi fin pour les traitements à 55 ou 160° que pour ceux à 250°. Le paramètre est mesuré par calibrage des clichés avec de la poudre

---

([1]) A. C. W. Perryman et G. B. Brook, *J. Inst. Metals*, 79, 1951, n° 1, p. 19.

([2]) A. R. Weill, *Communication à la Société française de Métallurgie*, séance du 28 novembre 1951 (à paraître dans la *Revue de Métallurgie*, 1952).

de molybdène recuite : la réflexion $(400)\alpha_2$ de l'étalon chevauche la réflexion α_1 de l'alliage. On trouve un paramètre de 4,071 (± 0,001) kUX.

L'effet des tensions résiduelles commence à s'estomper au bout de 226 h de vieillissement à 55°. L'anneau est résolu après 1000 h, plus régulier après 1800 h. Le paramètre demeure fixe, sa valeur moyenne est de 4,071 (± 0,001) kUX (*fig.* 1). Mais un effet important d'élargissement apparaît si l'on prolonge le traitement pendant 4 400 h : la réflexion s'insère alors entre le doublet (400) du molybdène (*fig.* 2), le paramètre varie suivant les points examinés de 4,0755 à 4,0775 (± 0,0015) kUX. L'anneau demeure résolu avec des réflexions α_1 et α_2 élargies.

Dans les expériences faites sur le même alliage aux températures plus élevées, 160 ou 250°, on n'a jamais constaté de *dilatation* de la maille au début des traitements, avant l'apparition des précipités. Dès que ceux-ci se forment, on assiste, au contraire, à une *contraction* du réseau par appauvrissement en magnésium ([2]). A 55°, il se manifeste, en opposition avec les cas précédents, un fort état de tension dans le réseau du fait de la lenteur de la diffusion du magnésium, défavorable à la formation de précipités; d'ailleurs, l'observation au microscope confirme l'absence de précipités dans la masse des grains ([3]).

On se propose de développer, dans une autre publication (en confrontant ces résultats avec ceux obtenus par P. A. Jacquet au microscope) ([3]), les conséquences pratiques, du point de vue de la tenue à la corrosion sous tension de l'alliage AG 7, du mode d'évolution de la solution solide à des températures voisines de l'ambiante.

Remarques sur la Note de Mme Adrienne Weill,
par M. **Pierre Chevenard**.

Les résultats de Mme Weill ont l'intérêt de mettre en évidence ce qui se passe à l'intérieur d'une solution solide sursaturée par hypertrempe, durant la première phase du revenu, c'est-à-dire avant toute précipitation d'un second constituant. Au cours de cette première étape, à laquelle on attache des noms variés : induction, maturation, etc., la certitude d'une réaction physicochimique ne repose, en général, que sur la nécessité d'un laps de temps habituellement bien déterminé, avant qu'apparaisse le seuil des modifications visibles au microscope ou décelables par analyse physicothermique.

Les expériences anciennes que M. Portevin et moi avions instituées sur les ferronickels chromés carburés, susceptibles de durcissement struc-

([3]) P. A. Jacquet, *Communications à la Société française de Métallurgie*, séances des 28 novembre et 19 décembre 1951 (à paraître dans la *Revue de Métallurgie*, 1952).

tural, nous avaient fait assister au « trouble d'homogénéité » qui, durant les premiers instants du revenu, précède la précipitation proprement dite. Ce trouble d'homogénéité, accompagné de durcissement, était mis en évidence et chiffré, dans son amplitude et son étendue, d'après l'étalement de la transformation thermomagnétique. Cette méthode très sensible ne s'applique malheureusement qu'aux seuls alliages ferromagnétiques à point de Curie peu élevé. La technique radiocristalline utilisée par Mme Weill offre l'avantage d'un emploi beaucoup plus général.

Chose digne de remarque : la décomposition de la solution solide hypertrempée qui, par le jeu de la précipitation, doit aboutir à réduire les dimensions de la maille cristalline, débute par une expansion de cette maille au cours de l'étape préliminaire. Pour employer une image familière, tout se passe comme si les atomes de magnésium « jouaient des coudes » pour s'évader de la solution solide sursaturée et comme si cette bousculade, exercée sur les atomes d'aluminium, durcissait le métal, à l'instar d'un écrouissage causé par une intervention mécanique extérieure.

Il faut souhaiter que Mme Weill poursuive ses recherches par une combinaison systématique de l'analyse radiocristalline, de la dilatométrie et de la microsclérométrie.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation de monoarylidènecyclanones à l'aide de t. amylate de sodium.* Note de MM. **Gustave Vavon** et **Jean M. Conia**, présentée par M. Marcel Delépine.

Par mélange rapide, à froid, de solutions toluéniques de cyclanone, de t. amylate de Na (une mol. pour une mol.) puis d'aldéhyde aromatique (une demi-mol.), il se fait *instantanément* la monoarylidène cyclanone. Cas étudiés : cyclopentanone, cyclohexanone avec le benzaldéhyde et le pipéronal. Rendements de 45 à 65 % par rapport à l'aldéhyde.

La condensation cyclanones et aldéhydes aliphatiques [1] au moyen des divers agents acides ou alcalins, conduit surtout à des produits de polymérisation. Par contre, les aldéhydes aromatiques [2] plus stables, donnent facilement les arylidènes-cétones. Cependant lorsque la cyclanone de départ possède deux —CH_2 actifs, les diverses méthodes de condensation conduisent presque exclusivement au dérivé diarylidéné [3], même en employant un gros excès de cétone. Seul le procédé de Vorlander et Kunze [4], où l'on utilise une très grande quantité de soude aqueuse très diluée, permet d'obtenir avec des rendements satisfaisants *de petites quantités en dérivé mono.*

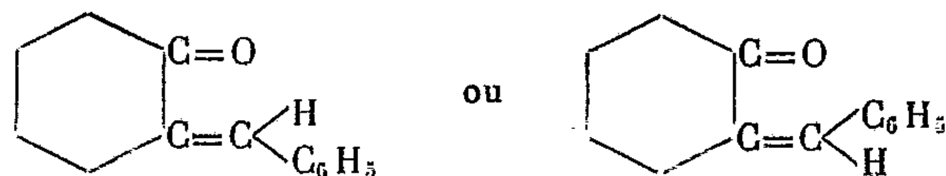
(1) Garland et Reid, *Amer. Chem. Soc.*, 47, 1925, p. 2335.
(2) Vorlander, *Ber.*, 29, 1896, p. 1838.
(3) Wallach, *C. R.*, 1908, (1), p. 637.
(4) *Ber.*, 59, 1926, p. 2081.

Nous avons déjà montré que l'amylate tertiaire de Na, excellent agent de sodation des cétones était un intermédiaire intéressant pour leur alcoylation ([5]) et leur acylation ([6]). Nous nous sommes proposé de *préparer les mono-arylidène-cyclanones en faisant réagir directement la cyclanone préalablement sodée (par simple mélange avec une solution toluénique de t. amylate de* Na) *avec l'aldéhyde aromatique*. En opérant ainsi en phase homogène et avec un *excès de cétone sodée*, on obtient les monoarylidène-cyclohexanones et cyclopentanones avec des rendements respectifs de 60 à 65 et de 45 à 50 % par rapport à l'aldéhyde.

Mode opératoire. — On refroidit, par le mélange glace et sel, trois solutions toluéniques N/1 de : une molécule de cétone, une molécule de t. amylate de Na (on arrête le refroidissement s'il y a prise en masse), une demi-molécule d'aldéhyde. On mélange d'un seul coup solution cétonique et amylate et agite quelques secondes; puis on introduit aussitôt, en une seule fois, la solution aldéhydique. Après quelques minutes d'agitation à la main (il y a échauffement), le mélange organique est lavé à l'eau chlorhydrique, puis à l'eau pure, décanté, séché sur Cl_2Ca, débarrassé du solvant par distillation à la pression ordinaire et rectifié sous vide. On récupère ainsi une partie de l'excès de cétone et isole la cétone condensée sur elle-même; la monoarylidène cyclanone brute passe ensuite sur 20° environ; après solidification elle est recristallisée dans l'alcool *avec faible perte en poids par rapport à la cétone brute*. Le résidu de la rectification est constitué surtout par la diarylidènecyclanone.

Remarque. — Dans le cas de la cyclohexanone, beaucoup plus stable que la cyclopentanone à l'état de dérivé sodé, on peut introduire peu à peu la solution aldéhydique dans la solution de cétone sodée agitée mécaniquement et refroidie simplement par de la glace. D'autre part, l'excès de cyclohexanone est presque entièrement récupéré.

1° *Monobenzylidènecyclohexanone* $C_{13}H_{14}O$. — A partir de 120 g de cyclohexanone, 1200 cm³ d'amylate N/1 et 65 g de benzaldéhyde, on obtient 70 g de monobenzylidènecyclohexanone brute $É_{15}$, 175-195° (Rdt 63 %). Recristallisé dans l'alcool, le produit est blanc; F 56°,5. Divers essais de solidification du produit brut ont toujours conduit au même point de fusion; il semble donc que cette méthode de préparation donne *un seul des deux isomères possibles :*



([5]) VAVON et CONIA, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 157 et 245; CONIA, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 17, (5), 1950, p. 533-541.

([6]) VAVON et CONIA, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 876.

De plus, en opérant à des pH et à des températures variés, le corps F 56°,5 ne donne qu'*une semicarbazone* F 216-218° (bloc Maquenne) et *une seule oxime* F 126°. Constantes en accord avec celles de la bibliographie (1), (2).

2° *Monopipéronylidènecyclohexanone* $C_{14}H_{14}O_3$. — A partir de 40 g de cyclohexanone, 400 cm³ d'amylate N/1 et 30 g de pipéronal, on isole 28 g de monopipéronylidènecyclohexanone brute (cétone non encore décrite) E_{20} 225-245° (Rdt 61 %). Le produit recristallisé dans l'alcool est jaunâtre F 88-89° (analyse C : calculé, 73,04; trouvé 73,14; H : calculé, 6,09; trouvé, 5,91). *Oxime* (recristallisée dans l'alcool aqueux) F 138° (analyse N : calculé, 5,71; trouvé, 5,73).

3° *Monobenzylidènecyclopentanone* $C_{12}H_{12}O$. — 43 g de cyclopentanone, 500 cm³ d'amylate N/1 et 27 g de benzaldéhyde conduisent à 20 g de monobenzylidènecyclopentanone brute E_{12} 165-185° (Rdt 45 %). Le produit pur est blanc F 71-72°. On n'a obtenu également qu'un seul isomère, lequel n'a donné qu'*une semicarbazone*, très peu soluble dans l'alcool absolu bouillant F 245° (bain sulfurique) et 255° (bloc Maquenne) (analyse N : calculé, 18,34; trouvé, 18,25) et *une oxime* F 129° (analyse N : calculé, 7,49; trouvé, 7,53). La bibliographie donne pour cette cétone : F 68°; on ne connaissait pas de dérivés caractéristiques.

4° *Monopipéronylidènecyclopentanone* $C_{13}H_{12}O_3$. — 43 g de cyclopentanone, 500 cm³ d'amylate N/1 et 38 g de pipéronal conduisent à 24 g de monopipéronylidènecyclopentanone brute E_{15} 215-235° (Rdt 44 %) (cétone non encore décrite). Le produit pur est d'un jaune brillant F 102° (analyse C : calculé, 72,22; trouvé, 72,13; H : calculé, 5,56; trouvé, 5,72). *Oxime* F 194° (alcool absolu) (analyse N : calculé, 6,06; trouvé, 5,84).

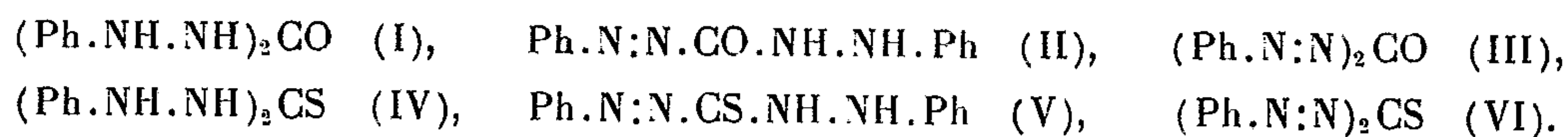
Nous continuons cette étude sur d'autres aldéhydes aromatiques et cherchons à appliquer la méthode aux aldéhydes aliphatiques.

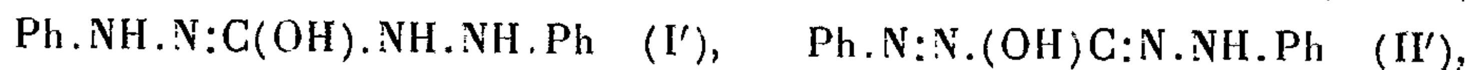
CHIMIE ORGANIQUE. — *Structure du diphénylcarbazide et de ses produits d'oxydation ainsi que de leurs dérivés soufrés isologues d'après leur absorption dans l'ultraviolet moyen et le visible.* Note (*) de M. **Panos Grammaticakis**, présentée par M. Marcel Delépine.

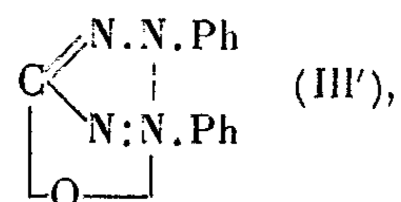
On admet couramment que le « diphénylcarbazide » (I) et ses produits d'oxydation « diphénylcarbazone » (II) et « diphénylcarbodiazone » (III) ainsi que les isologues soufrés de ces composés « diphénylthiocarbazide » (IV), « diphénylthiocarbazone » (V) et « diphénylthiocarbodiazone » (VI) peuvent être également représentés par les formules (de types hydrazone, formazyle,

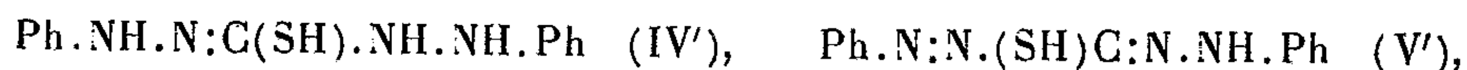
(*) Séance du 21 janvier 1952.

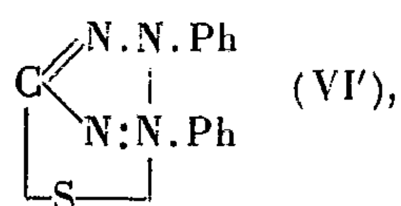
bétaïne d'azonium) (I'), (II'), (III'), (IV'), (V') et (VI'):


$(Ph.NH.NH)_2CO$ (I), Ph.N:N.CO.NH.NH.Ph (II), $(Ph.N:N)_2CO$ (III),
$(Ph.NH.NH)_2CS$ (IV), Ph.N:N.CS.NH.NH.Ph (V), $(Ph.N:N)_2CS$ (VI).


Ph.NH.N:C(OH).NH.NH.Ph (I'), Ph.N:N.(OH)C:N.NH.Ph (II'),




Ph.NH.N:C(SH).NH.NH.Ph (IV'), Ph.N:N.(SH)C:N.NH.Ph (V'),



(où $Ph = C_6H_5$)

De plus, on peut admettre, comme d'habitude, que ces substances sont susceptibles d'exister en solution sous leurs formes tautomères en équilibre.

Étant donné que les hydrazides, les hydrazones, les azoïques, les dérivés formazyliques et les bétaïnes d'azonium dans les séries aliphatique et aromatique possèdent, en général, des absorptions très différentes (forme et position des bandes), il était évident que la contribution spectrale à l'éclaircissement de la structure des composés ci-dessus devait être importante.

Je donne sur la figure les courbes des solutions alcooliques de : « diphénylcarbazide » (courbe 1, N/2000), « diphénylthiocarbazide » (courbe 2 N/3000), « diphénylcarbazone » (courbe 3, N/300 et N/3000), « diphénylthiocarbazone » (courbe 4, N/5000), « diphénylcarbodiazone » (courbe 5, N/400 et N/4000) et « diphénylthiocarbodiazone » (courbe 6, N/1000 et N/10 000).

En examinant ces courbes, on peut remarquer que :

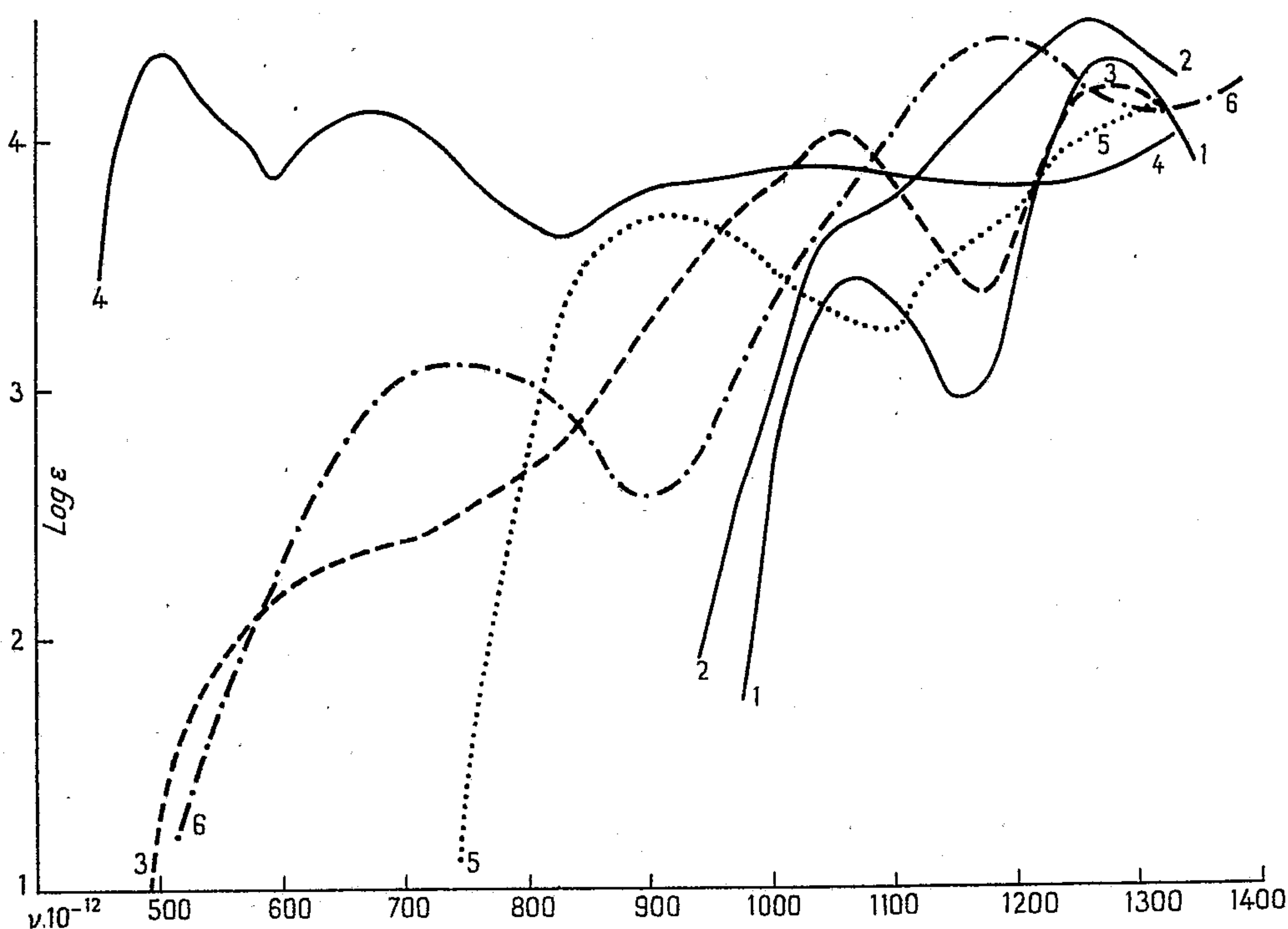
a. les courbes du « diphénylcarbazide » et du « diphénylthiocarbazide » sont assez voisines de celle du 1-phénylsemicarbazide (¹);

b. les courbes de la « diphénylcarbazone » et de la diphénylthiocarbazone » sont très différentes, celle de la première ressemblant aux courbes des azoïques et celle de la seconde présentant des analogies avec les courbes des dérivés formazyliques (²);

c. les courbes des « diphénylcarbodiazone » et « diphénylthiocarbodiazone » ont la même allure, différente de celle des azoïques et rappelant l'allure des courbes des sels d'azonium et de leurs bétaïnes.

(¹) D. BIQUARD et P. GRAMMATICAKIS, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 6, 1939, p. 1599.
(²) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 245.

En tenant compte de ces remarques générales, qui seront approfondies dans un Mémoire ultérieur, on peut admettre que les dérivés du « diphénylcarbazide » étudiés possèdent, du moins dans les conditions expérimentales utilisées,



principalement les structures (I), (II), (III′), (IV), (V′) et (VI′), sans toutefois exclure la possibilité d'existence dans leurs solutions, en très faibles quantités, des formes tautomères (I′), (II′), (IV′), (V) et (VI).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse du dibenzo-2.3-6.7 subérène-4*. Note de MM. **Jean Colonge** et **Jacques Sibeud**, présentée par M. Marcel Delépine.

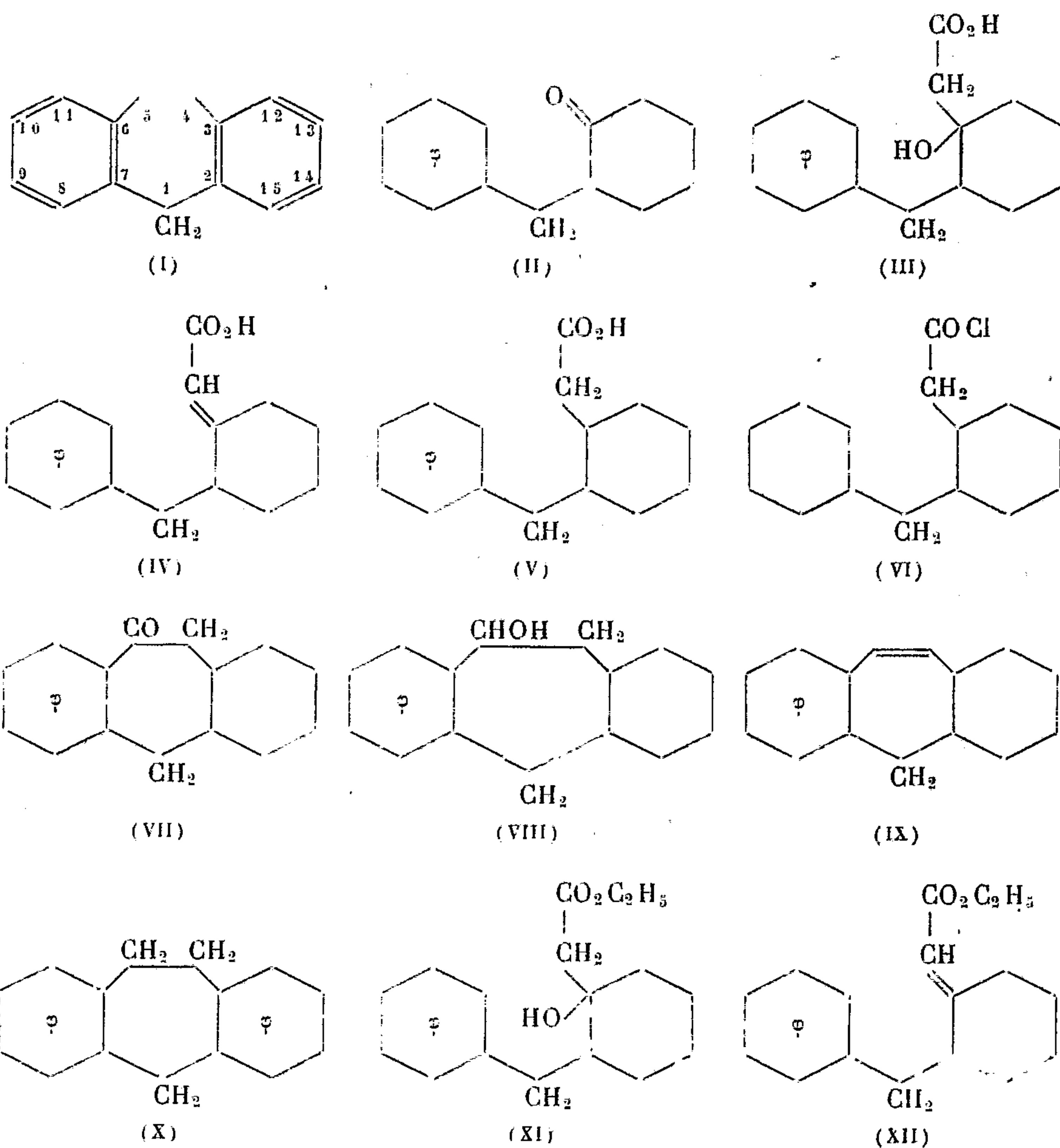
La synthèse du dibenzosubérène a été faite à partir de l'*o*-benzylcyclohexanone; l'hydrocarbure obtenu est identique à celui récemment décrit.

Le dibenzo-2.3-6.7 subérène-4 (I), premier terme d'une série inconnue d'hydrocarbures, est un composé vinylogue du fluorène. Il n'a été décrit qu'assez récemment par Treibs et Klinkhammer [1] qui l'ont préparé par une voie distincte de la nôtre; de même qu'il est possible de préparer des

(1) *Ber.*, 84, 1951, p. 671.

hydrocarbures fluoréniques, ainsi que nous l'avons décrit ([2]), à partir des arylméthyl-1 cyclohexanones, de même, il est possible d'obtenir le dibenzosubérène à partir de la plus simple de ces cétones, en passant successivement par les composés de formules (II) à (IX) dont nous ne donnerons ci-dessous que les constantes, les détails devant faire l'objet d'une autre publication.

Le dibenzosubérène et le dibenzosubérane que nous obtenons présentent les points de fusion respectifs de 129° et de 75°, identiques ou très voisins de ceux indiqués par Treibs et Klinkhammer ([1]) et ([3]) qui sont de 131° et 75°.



(*Benzyl-2 hydroxy-1*)-*cyclohexyléthanoïque* $C_{15}H_{20}O_3$ (III). — La condensation de la benzylcyclohexanone (II) avec le chloracétate d'éthyle, en présence

([2]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 845.
([3]) *Ber.*, **83**, 1950, p. 367.

de magnésium activé, conduit à un mélange de (benzyl-2 hydroxy-1)-cyclohexylacétate d'éthyle (XI) et de (benzyl-2)-cyclohexylidèneéthanoate d'éthyle (XII), recueilli entre 150 et 180° sous 2 mm. Ce mélange fournit uniquement le (benzyl-2 hydroxy-1)-cyclohexyléthanoïque (III) par saponification alcaline; Rdt 48 %. Cristaux, F 94° (éther de pétrole-benzène).

(Benzyl-2)-cyclohexylidèneéthanoïque $C_{15}H_{18}O_2$ (IV). — L'acide alcool précédent est déshydraté par chauffage avec de l'anhydride acétique. Rdt 65 %. Cristaux, F 105-106° (éther de pétrole). Il est possible que nous ayons affaire à son isomère présentant la liaison éthylénique à l'intérieur du cycle, ainsi que Bergmann (1) l'a souligné.

(Benzyl-2)-cyclohexyléthanoïque $C_{15}H_{20}O_2$ (V). — La solution aqueuse du sel de sodium de l'acide précédent est hydrogénée sur nickel Raney; l'acide est ensuite reprécipité. Rdt 89 %. Cristaux, F 58°,5 (éther de pétrole).

Hexahydro-2.3.12.13.14.15 *dibenzosubérone*-5 $C_{15}H_{18}O$ (VII). — Le chlorure (VI) de l'acide précédent est préparé par action du chlorure de thionyle; il n'est pas isolé; on le dissout dans du sulfure de carbone et cette solution est ajoutée à une suspension de chlorure d'aluminium dans du sulfure de carbone. Rdt 78 %. Liquide huileux incolore, E_2 143°; d_4^{26} 1,0795; n_D^{26} 1,5630; R. M. trouvé 64,4; calculé 64,25. *Semicarbazone*, F 193°.

Hexahydro-2.3.12.13.14.15 *dibenzosubérol*-5 $C_{15}H_{20}O$ (VIII). — La cétone précédente est hydrogénée en solution alcoolique sur nickel Raney. Rdt 83 %. On obtient un mélange de deux produits, correspondant probablement aux deux isomères cyclaniques, en quantités égales. Isomère solide, F 123,5° (éther de pétrole), isomère liquide, E_3 155°.

Hexahydro-2.3.12.13.14.15 *dibenzo*-2.3-6.7 *subérène*-4 $C_{15}H_{18}$ (IX). — La déshydratation de l'alcool précédent est réalisée par chauffage avec de l'acide phosphorique à 160°. Rdt 51 %. Liquide incolore, E_3 129,5°-131°; d_4^{23} 1,017; n_D^{23} 1,5808; R. M. trouvé 64,8; calculé 63.

Dibenzo-2.3-6.7 *subérène*-4 $C_{15}H_{12}$ (I). — L'hydrocarbure précédent est déshydrogéné par chauffage à 190°-245° avec du soufre. Rdt 26 %. Cristaux incolores, F 129° (alcool méthylique).

Dibenzo-2.3-6.7 *subérane* $C_{15}H_{14}$ (X). — Hydrogénation de l'hydrocarbure précédent, en solution alcoolique, sur nickel Raney. Cristaux incolores, F 75° (alcool absolu).

Nous poursuivons l'étude des propriétés du dibenzosubérène et la préparation d'homologues.

---

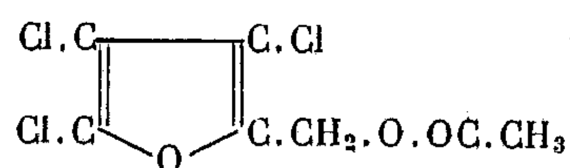
(1) *J. org. Chem.*, 4, 1939, p. 13.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Chloruration de l'alcool furfurylique.* Note de MM. **Pierre Mastagli** et **Zafiri Zafiriadis**, présentée par M. Marcel Delépine.

Préparation de l'alcool furfurylique trichloré dans le noyau par chloruration au moyen du chlore gazeux de l'acétate de cet alcool et saponification de ce dernier.

La chloruration directe de l'alcool furfurylique donnant des résines, nous avons préparé l'alcool furfurylique trichloré dans le noyau en chlorant l'acétate de cet alcool et en saponifiant ce dernier. Cette chloruration a été effectuée au moyen du chlore gazeux avec dégagement de ClH, ce qui prouve que dans ce cas le noyau furanique se comporte vis-à-vis du chlore de la même manière que le noyau benzénique. Il y a substitution d'un H par un Cl.

Partie expérimentale. — *Acétate de l'alcool furfurylique trichloré.* — 100 g d'alcool furfurylique et 250 g d'anhydride acétique ont été chauffés à reflux pendant 2 h (¹). Après refroidissement, nous avons fait barboter du chlore dans ce mélange jusqu'à saturation. L'opération est exothermique et nous avons refroidi le mélange à l'eau et réglé la vitesse de manière à ne pas dépasser 30°. La quantité de chlore absorbé ainsi que celle de ClH dégagé prouvent qu'il y a substitution d'un atome de H par un atome de Cl avec formation d'une molécule de ClH, et que le produit obtenu est un produit trichloré. Après séparation par distillation, de l'acide acétique formé et de l'anhydride acétique en excès, nous avons obtenu 175 g d'acétate de l'alcool furfurylique trichloré (Rdt 72 %) :



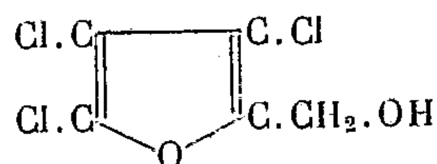
liquide jaune, insoluble dans l'eau, soluble dans les solvants organiques. E_{16} 138-139°; n_D^{18} 1,4962; d_4^{18} 1,504.

Analyse. — $C_7H_5O_3Cl_3$, calculé % C 34,50; H 2,05; Cl 43,74; trouvé %, C 34,05; H 2,09; Cl 44,36.

Alcool furfurylique trichloré. — Pour saponifier l'acétate de l'alcool furfurylique trichloré, nous avons chauffé au bain-marie et en agitant vivement pendant un quart d'heure, 100 g de cet acétate avec un litre d'une solution aqueuse de soude à 2 %. Après décantation, lavage à l'eau et distillation du

(¹) Wissel et Tollens, *Lieb. Ann.*, 272, 1893, p. 291.

produit, nous avons obtenu 52 g d'alcool furfurylique trichloré (Rdt 63 %) :



liquide jaune, insoluble dans l'eau, soluble dans les solvants organiques.

$É_{12}$ 142-143°; n_D^{18} 1,5018; d_4^{18} 1,552.

Cet alcool oxydé par le permanganate nous a donné l'acide furoïque trichloré, décrit par Hill et Jackson (²), ce qui prouve la constitution de cet alcool.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Diphénylène-2.2 indanone et dérivés. Phénomènes de transposition.* Note (*) de M. **Michel Vaillant**, présentée par M. Charles Dufraisse.

La diphénylène-2.2 indanone est hydrogénée en l'indanol V, qui fournit par déshydratation du dibenzo-1.2.3.4 fluorène, VI, et des produits de doublement. L'absence de l'isomère VII exclut l'existence, même transitoire, de l'isoindène VIII.

La déshydratation, étudiée antérieurement (¹) (²), des indanols diarylés au sommet 2 s'accompagne de réarrangements, qui n'ont pas permis d'atteindre l'objectif souhaité, c'est-à-dire la structure isoindénique IV, supposée photo-oxydable. Une nouvelle tentative consiste à relier les deux phényles en 2 directement l'un à l'autre, pour essayer de restreindre leur mobilité. Certes, il est connu (³) que, dans le cycle fluorénique résultant de ce nouveau dispositif, V, les deux noyaux benzéniques possèdent encore chacun une certaine aptitude migratrice, mais cela n'interdisait pas de soumettre à l'épreuve le fluorénylidène-2.2 indanol-1, ou diphénylène-2.2 indanol-1, V.

Pour obtenir cet indanol, on prépare d'abord la diphénylène-2.2 indanone-1, à partir de l'acide phényl-β diphénylène-α.α propionique (⁴), dont le chlorure ($C_{21}H_{15}OCl$, F_{inst} 114-115°) est cyclisé par le chlorure d'aluminium, dans le benzène, à température ambiante. Cette cétone se présente en aiguilles incolores (benzène), $C_{21}H_{14}O$, F_{inst} 234-235°. L'hydrogénation par le borohydrure de potassium dans le méthanol conduit au diphénylène-2.2 indanol-1, V, $C_{21}H_{16}O$, aiguilles incolores (benzène), dimorphisme : premier F_{inst} 160° avec resolidification, puis deuxième F_{inst} 168°, identique à celui qu'on observe directement par chauffage lent.

(²) *Amer. Chem. J.*, **12**, 1890, p. 119.

(*) Séance du 21 janvier 1952.

(¹) Ch. Dufraisse et M. Vaillant, *Bull. Soc. Chim.*, **18**, 1951, p. 106 C.

(²) Ch. Dufraisse et M. Vaillant, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1161.

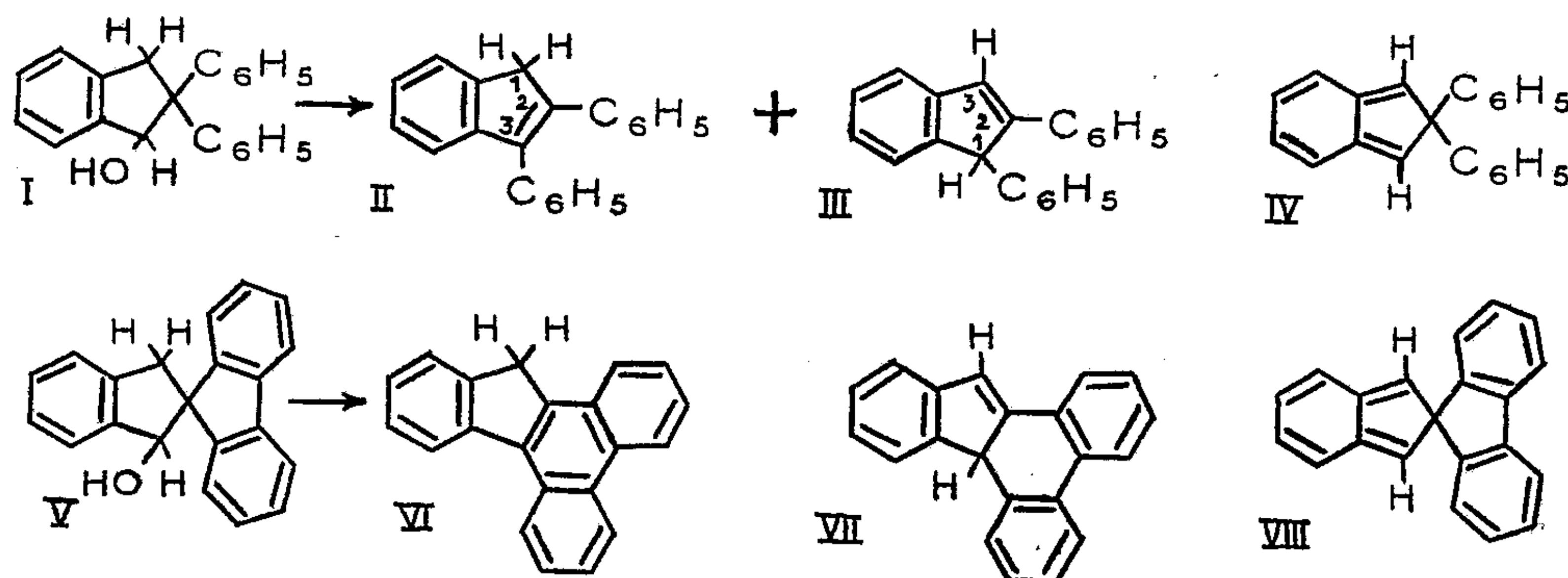
(³) Voir, entre autres, C. F. Koelsch et P. R. Johnson, *J. Amer. Soc.*, **65**, 1943, p. 567.

(⁴) W. Wislicenus et W. Mocker, *B.* **46**, 1913, p. 2784.

Pour déshydrater cet indanol, il est nécessaire de le faire fondre, en présence de chlorure de zinc. Le produit brut est incolore, si l'on opère sous vide. Par chromatographie sur alumine, avec élution au cyclohexane pur, on sépare distinctement, en lumière ultra-violette, deux fractions, dont les quantités respectives représentent environ 80 % et 20 % du mélange initial.

Le premier produit est un hydrocarbure, $C_{21}H_{14}$, que ses caractères permettent d'identifier au dibenzo-1.2.3.4. fluorène, VI, déjà préparé par une tout autre voie ([5]), F_{inst} 158° (Bergmann 158°); picrate : aiguilles vermillon, F_{inst} 153° (Bergmann 153°). On note que cette formation de dibenzo-1.2.3.4 fluorène constitue aussi une préparation de ce corps; c'est même la plus avantageuse, à notre connaissance. Le rendement, calculé sur l'acide phényl-β diphénylène-α.α propionique, dépasse 60 %, c'est-à-dire, globalement, 50 % à partir de l'acide benzilique.

La seconde portion, peu abondante, renferme plusieurs constituants : ce ne sont pas des isomères du dibenzofluorène, car leur masse moléculaire globale (cryoscopie Rast) est le double de celle de cet hydrocarbure. Ce mélange est très sensible à la chaleur, surtout en présence d'air. Néanmoins, il a été possible de séparer un corps pur, qui se présente en prismes courts (acide acétique), $F_{bain\ acide}$ 250° (capillaire scellé sous vide). L'analyse centésimale lui attribue la formule $C_{42}H_{30}$: ce pourrait être un produit de doublement du radical issu de l'indanol. On a isolé, en outre, une quantité infime d'un autre composé fondant à 310°.



Ces résultats satisfont bien à l'interprétation qu'on avait déjà donnée ([1]) de ce genre de phénomènes. Le diphénylène-2.2 indanol-1, V, subit le même réarrangement, de type rétropinacolique, que le diphényl-2.2 indanol-1, I : le cycle du fluorénylidène s'étend en phénanthrène, lequel, accolé au noyau pentagonal de l'indène, reconstitue un autre fluorène, visible en VI.

Pourtant, à la différence de la déshydratation du diphényl-2.2 indanol-1,

([5]) *Voir*, entre autres, *J. Amer. Soc.*, 58, 1936, p. 1678 et *loc. cit.*, 60, 1938, p. 1805.

l'isomère VII correspondant au diphényl-1.2 indène, III, ne se forme pas. La raison vraisemblable en est que, ici, la structure la plus résonnante est aussi la moins gênée stériquement : le dibenzo-1.2.3.4 fluorène, VI, est hautement conjugué et plan, tandis que la molécule VII serait non seulement moins aromatique, mais encore gauchie et légèrement tendue (modèles de Stuart). Au contraire, le gain d'énergie de résonance du diphényl-2.3 indène, II, par rapport au diphényl-1.2, III, est diminué par le fait que les deux phényles en 3 et en 2 du premier ne peuvent se trouver ensemble dans le plan de l'indène.

En conclusion, cette absence de l'[indéno-1'.2'] — 9.10 dihydro-9.10 phénanthrène, VII, confirme une analyse théorique déjà publiée (6) : le diphénylène-2.2 isoindène, VIII, qui n'aurait pu se réarranger qu'en l'isomère VII, n'apparaît pas, même à l'état transitoire.

CRISTALLOGRAPHIE. — *L'organisation réticulaire du méthanol cristallisé entre* 159 *et* 175° K. Note (*) de MM. **Bertrand Dreyfus-Alain** et **Rodolphe Viallard**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les paramètres réticulaires du méthanol cristallisé, pour le domaine de température compris entre le point de congélation (175° K) et le point de transition (159° K) entre deux structures I et II, ont été publiés récemment (1). Ces paramètres, qui définissent un réseau hexagonal compact, sont les suivants : $c/a = 1,63$, $a = 4,44 \pm 0,04$ Å, $c = 7,25 \pm 0,05$ Å, à la température de 165° K.

La maille ainsi définie a un volume de 124 Å^3 environ. La densité du méthanol extrapolée à partir des valeurs données par les tables de constantes est, à 165° K, d'environ 0,905. Le nombre de molécules renfermées dans une maille est dans ces conditions égal à 2. Il est possible, à partir de ces données, et compte tenu des informations relatives à la molécule CH_3OH, de proposer un modèle de maille qui s'accorde avec les propriétés connues du méthanol cristallisé dans la structure I.

On sait que la molécule CH_3OH peut être en première approximation considérée comme ayant la symétrie C_{3v}, avec la liaison de valence C—O comme axe ternaire (2). La symétrie ternaire de la maille doit être reliée à cette particularité.

D'autre part, les nombreuses études effectuées sur les alcools en général ont mis en évidence le rôle primordial joué dans l'organisation intermoléculaire par

(6) M. Vaillant, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1678.

(*) Séance du 21 janvier 1952.

(1) B. Dreyfus-Alain et J. M. Dunoyer, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 320.

(2) A. Borden et E. F. Barker, *J. Chem. Phys.*, 6, 1938, p. 553.

l'association des hydroxyles, selon le mécanisme analysé en particulier par Ed. Bauer et M. Magat ([3]).

Les propriétés diélectriques du méthanol à basse température, enfin, ont pu être reliées à la rotation de dipôles à l'intérieur du réseau ([4]), et il est intéressant de disposer d'un modèle à partir duquel elles puissent être discutées aussi bien dans le solide que dans le liquide, en particulier au voisinage du point de congélation.

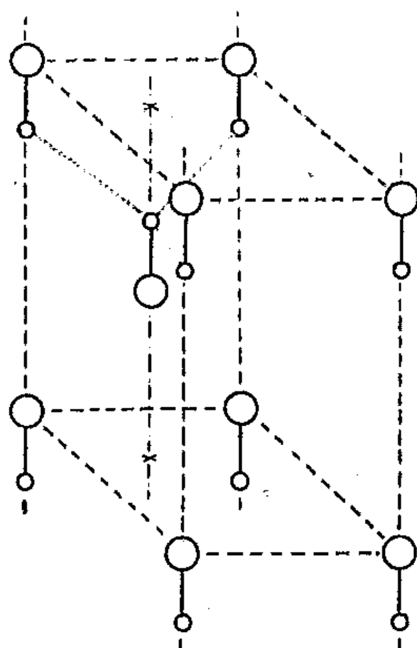


Fig. 1.

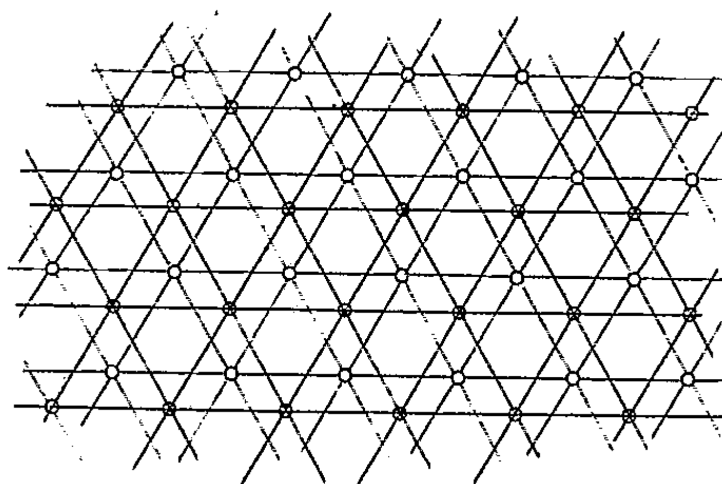


Fig. 2.

Fig. 1. — Disposition des atomes de carbone (◯) et d'oxygène (o) dans la maille. *En trait plein :* position approximative de la liaison CO. *En pointillé :* positions possibles des liaisons hydrogène.

Fig. 2. — Projection du réseau sur un plan 001, montrant la disposition des molécules des deux espèces.

Il n'est pas possible, à partir des données fournies par un diagramme de Debye-Scherrer, de fournir une image extrêmement précise de la maille d'un cristal, mais nous pensons que le modèle proposé est suffisant pour la résolution d'un certain nombre de problèmes. Comme tout arrangement hexagonal compact, celui que nous proposons pour le méthanol consiste en un double assemblage de molécules, comportant un premier réseau à symétrie hexagonale constitué par des molécules parallèles orientées dans le même sens, et un second réseau imbriqué dans le premier, constitué de molécules également parallèles mais orientées en sens inverse.

A travers le réseau, les molécules s'associent par liaisons du type Van der Waals en ce qui concerne les groupements CH_3, par liaisons hydrogène en ce qui concerne les groupements OH. Chaque hydroxyle dispose donc de trois positions distribuées symétriquement. Comme dans le cas de la glace I, où les deux hydroxyles d'une molécule HOH centrale disposent de quatre

([3]) Ed. Bauer et M. Magat, *J. Phys.*, 9, 1938, p. 319; *voir* également Ed. Bauer, *Colloque de la Liaison chimique* (*J. Chim. Phys.*, 46, 1949, p. 420).

([4]) C. P. Smyth et C. S. Hitchcock, *J. Amer. Chem. Soc.*, 56, 1934, p. 1085.

positions distribuées tétraédriquement autour d'elle (5), il en résulte une mobilité des atomes d'hydrogène, autour de l'axe de symétrie C_{3v}. De ce fait, la symétrie ternaire de la maille a un caractère statistique. Il en est de même des distances que l'on peut déterminer à partir des paramètres du réseau et des données relatives à la molécule.

En admettant que la molécule possède un axe C_{3v} qui se confonde avec la liaison de valence CO, et dans l'hypothèse où cet axe coïncide avec celui de la maille, on obtient à partir des valeurs habituellement utilisées pour les distances interatomiques et l'angle de valence COH de CH_3OH (CO = 1,42 Å; OH = 0,96 Å; CH = 1,1 Å; COH = 104°40′) :

longueur de la liaison hydrogène O—H...O = 2,65 Å,

distance séparant les carbones voisins des deux espèces C...C = 4,53 Å.

Si l'on adopte le modèle récemment proposé par D. G. Burkardt et D. M. Dennison (6) (CO = 1,421 Å; OH = 0,958 Å; CH = 1,093 Å; COH = 110°15′), on obtient dans la même hypothèse que précédemment :

$$O—H...O = 2,84 Å, \qquad C...C = 4,11 Å.$$

Ces calculs, qui négligent en particulier les perturbations que peuvent apporter les liaisons hydrogène sur l'orientation des molécules, ne fournissent que des approximations. Il est probable que les distances réelles sont comprises entre les deux couples de valeurs trouvées.

Une étude radiocristallographique sur un monocristal permettrait de préciser les valeurs exactes. La localisation des atomes d'hydrogène pourrait être déterminée par diffraction de neutrons.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur la transition ordre-désordre dans les réseaux cristallins des minéraux radioactifs.* Note de M. **Paul Pellas**, présentée par M. Charles Mauguin.

Dans une Note récente (1) l'auteur a montré que la transition ordre-désordre (état métamicte) observée dans certains minéraux radioactifs. s'opérait sous l'influence de flux très intenses de particules lourdes (rayons α, noyaux de recul) par effet Wigner. Les flux nécessaires avaient été évalués. Selon l'auteur, la condition requise pour que la transition prenne place réside dans l'existence de liaisons partiellement dirigées dans le réseau.

En connaissant le flux de rayons α nécessaire pour établir l'état de désordre, nous pouvons calculer le nombre total d'atomes déplacés dans une couche

(5) Barnes, *Proc. Roy. Soc.* (London), A 125, 1929, p. 670; J. D. Bernal et R. Fowler, *J. Chem. Phys.*, 1, 1933, p. 515.

(6) *Phys. Rev.*, 84, 1951, p. 408.

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1369.

donnée du minéral. Cette *épaisseur efficace*, égale au parcours moyen des α dans le minéral, est liée au pouvoir d'arrêt. En première approximation, la loi de Bragg-Kleeman nous permet d'évaluer l'épaisseur efficace. Dans le tableau joint nous avons porté les épaisseurs efficaces calculées dans le cas de trois minéraux, les flux nécessaires à la transition ordre-désordre et le pourcentage d'atomes déplacés par ces flux dans le réseau.

Minéral.	Épaisseur efficace (μ).	Flux nécessaire à la transition ordre-désordre.	% d'atomes déplacés.
Allanite	28,7	$2,3.10^{17}$: cm^2	9.3
Fergusonite ($YNbO^4$)	19.2	4.10^{17} »	29,4
Thorite ($ThSiO^4$)	27,4	1.10^{19} »	49,0

Une première remarque s'impose : la différence considérable dans le nombre d'atomes déplacés entre l'allanite et la thorite, pour amener les deux minéraux dans le même état de désordre. Le réseau $Th\,Si\,O_4$ possède la même structure et le même groupe spatial que le réseau du zircon ([2]). Or dans le réseau $ZrSiO_4$, chaque Zr^{+4} est entouré par huit atomes d'oxygène, quatre étant placés à une distance de 2,05 Å et les quatre autres à une distance de 2,41 Å. Cette anomalie a été simplement constatée et aucun auteur, à notre connaissance, n'en a tiré des conclusions quant au type de liaison partiellement dirigée qu'elle entraîne. D'autre part, les diagrammes de poudre de zircons métamictes ([3]), montrent que dans certains cas la recristallisation par chauffage du minéral à l'état de désordre, ne reforme pas l'ancienne structure quadratique $ZrSiO_4$; dans les diagrammes on a décelé les raies de la baddeleyte (ZrO_2) et du quartz β ou de la tridymite. Tout se passe comme si le monocristal métamicte était en réalité composé de très petits cristallites de ZrO_2 et d'un agglomérat de silice amorphe. Le chauffage permet alors aux cristallites de ZrO_2 de croître et à la silice de passer à une forme de haute température. Dans la thorite métamicte on a observé que la calcination amenait la formation de tâches noires dans la masse translucide, qui s'expliquent par l'individualisation et la croissance, dans le réseau désordonné, des deux phases ThO_2 et SiO_2 (Fe_2O_3 pouvant être présent).

Parallèlement à cette dégradation définitive et irréversible des réseaux $ThSiO_4$ et $ZrSiO_4$, un deuxième processus prend place pendant l'irradiation par les particules lourdes, à la température normale. Chaque atome déplacé par effet Wigner possède une certaine probabilité de reprendre une place équivalente à celle qui était la sienne dans le réseau non perturbé. Plus cette

([2]) PABST, *Amer. Miner.*, 36, nos 7-8, 1951, p. 557.

([3]) BOROVSKI et BLOKHIN, *Trud. Lomon. Inst. Akad. Nauk. S. S. S. R.*, 7, 1936, p. 197; KOSTYLIEVA, *Fersman. Mem. Vol.*, 1946, p. 27; STOTT et HILLIARD, *Miner. Mag.*, 27, 1946. p. 198.

probabilité est grande et plus la proportion de liaisons dirigées dans le réseau doit être faible. En évaluant à 10 % le nombre des atomes déplacés d'une manière permanente par effet Wigner pour que l'état de désordre puisse être constaté dans un réseau au moyen des données optiques, dans le cas de la thorite, un atome déplacé du réseau possède globalement une probabilité de 1/50 d'être déplacé définitivement dans une position d'insertion énergétiquement métastable. Pour l'allanite et la fergusonite, les probabilités sont respectivement de 1 et de 1/3.

Une deuxième remarque s'impose. Siegel (4) et Seitz (5) ont constaté la transition ordre-désordre dans l'alliage Cu_3Au, irradié par un flux de neutrons de $3{,}3.10^{19}\,n:\mathrm{cm}^2$, neutrons ayant une énergie supérieure à 50 keV. Les calculs permettent d'estimer à quelques pour cent le nombre d'atomes déplacés de telle sorte qu'il est improbable que le désordre total soit produit par des déplacements directs. Les auteurs ont alors suggéré que, outre les déplacements des atomes, les chocs élastiques peuvent produire des oscillations réticulaires le long du parcours des atomes frappés, d'amplitudes bien supérieures à celles produites par la température globale de l'échantillon maintenu à 40° C, en sorte que la température *vraie* le long du parcours des noyaux de recul pourrait atteindre 1500° K, pour de courtes périodes de l'ordre de 10^{-10} sec. Ces hautes températures peuvent alors expliquer le désordre total produit dans l'alliage.

Appliquée à nos exemples, cette explication n'est plus valable. Nous savons qu'une élévation de température dans un minéral métamicte, l'allanite par exemple, permet au réseau de retrouver une structure d'ordre à courtes distances. La température vraie très élevée le long du parcours des noyaux de recul devrait être suffisante, même si la période est courte, pour permettre un rétablissement partiel de l'ordre. En conséquence, les minéraux métamictes ne devraient pas exister dans la nature.

MAGNÉTO-CRISTALLOGRAPHIE. — *Méthode pour calculer la direction de l'axe de susceptibilité magnétique maxima dans le cristal de* $SO_4Cu\,5H_2O$, *d'après les données fournies par la méthode des germes cristallins orientés.* Note de M. **Jean Blandin**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une Note précédente (1) j'ai montré que l'on pouvait calculer la position de l'ellipsoïde magnétique pour les cristaux monocliniques, en prenant le β-naphtol comme exemple. La présente Note a pour objet de montrer que, dans le cas des cristaux tricliniques, on peut calculer la direction de l'axe de

(4) *Phys. Rev.*, 75, n° 12, 1949, p. 1823.
(5) *Disc. Farad. Soc.*, 5, 1949, p. 271.

(1) *Comptes rendus*, 233, 1952, p. 1299-1301.

susceptibilité magnétique maxima, connaissant deux « doubles orientations » différentes du cristal. Le cristal de $SO_4Cu, 5H_2O$ est dans ce cas; c'est un cristal triclinique, prismatique, dont les paramètres sont (²) :

$$\alpha = 82^\circ 16', \quad \beta = 107^\circ 26', \quad \gamma = 102^\circ 40', \quad a:b:c = 0{,}5715:1:0{,}5575.$$

Nous donnons les valeurs des angles suivants que nous utiliserons dans les calculs

$$\widehat{ab} = 100:010 = 79^\circ 06', \quad \widehat{bp} = 010:110 = 53^\circ 02', \quad \widehat{pa} = 110:100 = 26^\circ 04',$$
$$\widehat{ap'} = 100:1\bar{1}0 = 31^\circ 05', \quad \widehat{bc} = 010:001 = 94^\circ 15',$$
$$\widehat{ac} = 100:001 = 73^\circ 47', \quad \widehat{pc} = 110:001 = 78^\circ 48'.$$

Dans les cristallisations rapides que nous opérons, nous observons les faces $p(110)$, $p'(1\bar{1}0)$, $o(111)$. Les trois axes du cristal triclinique sont Oa, Ob, Oc, normaux aux faces (100), (010), (001). Nous introduisons pour nos calculs le système suivant : Oc' normal au plan Oab et parallèle aux arêtes du prisme, Op dirigé suivant la normale à (110), et OP normal aux deux autres axes, et tel que la face (100) soit comprise dans l'angle droit $(\widehat{Op, OP})$. On voit aisément que $\cos\widehat{cc'} = \sin\widehat{bc}\sin\beta$ d'où $\widehat{cc'} = 17^\circ 56'$.

D'autre part, les triangles sphériques cbp et cpP nous permettent de calculer l'angle $\widehat{cP} = 76^\circ 10'$.

Désignons alors par $\vec{u}$ le vecteur unitaire porté par l'axe de susceptibilité magnétique maxima du cristal. Nous avons, en désignant par x, y, z, les composantes à calculer

$$\vec{u} = x\vec{p} + y\vec{P} + z\vec{c'}. \tag{1}$$

Posons $\lambda = (\widehat{\vec{u}, \vec{a}})$, $\mu = (\widehat{\vec{u}, \vec{b}})$, $\nu = (\widehat{\vec{u}, \vec{c}})$. Nous avons les relations

$$(2) \quad \begin{cases} \cos\lambda = x\cos\widehat{pa} + y\sin\widehat{pa}, \\ \cos\mu = x\cos\widehat{pb} - y\sin\widehat{pb}, \\ \cos\nu = x\cos\widehat{pc} + y\cos\widehat{Pc} + z\cos\widehat{cc'}. \end{cases}$$

$$x^2 + y^2 + z^2 = 1. \tag{3}$$

Dans une Note antérieure (³) une photographie relative aux doubles orientations de $SO_4Cu, 5H_2O$, montre qu'effectivement, il existe deux « doubles orientations » de cristaux : les uns reposent sur la face $p(110)$ ou $(\bar{1}\bar{1}0)$ les les autres sur la face $p'(1\bar{1}0)$ ou $(\bar{1}10)$.

(²) TUTTON, *Crystallography and Practical Crystal Measurement*, I, p. 282-98.
(³) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1718-1720.

1° Sur la face p, la projection de $\vec{u}$ est $\vec{u}_p = y\vec{P} + z\vec{c'}$, et l'on a

$$\vec{u}_p.\vec{c'} = \sqrt{y^2+z^2}\cos\theta_p = z,$$

en désignant par θ_p l'angle formé par la projection de la direction de susceptibilité magnétique maxima sur la face p et l'arête c'. On en déduit

$$z\,\mathrm{tg}\,\theta_p = y \tag{4}$$

avec $\theta_p < \pi/2$, donc y et z de même signe

2° Pour la face p', on a les relations

$$\vec{p} = \vec{p'}\cos\widehat{pp'} - \vec{P'}\sin\widehat{pp'}, \qquad \vec{P} = \vec{p'}\sin\widehat{pp'} + \vec{P'}\cos\widehat{pp'}, \tag{5}$$

$\vec{p'}$ et $\vec{P'}$ étant les analogues de $\vec{p}$ et $\vec{P}$ pour la face p'.

En portant les relations (5) dans (1), on en déduit la projection de $\vec{u}$ sur $(1\bar{1}0)$

$$\vec{u}_{p'} = \vec{P'}\left(y\cos\widehat{pp'} - x\sin\widehat{pp'}\right) + z\vec{c'},$$

d'où

$$u_{p'}.c' = \sqrt{\left(y\cos\widehat{pp'} - x\sin\widehat{pp'}\right)^2 + z^2} \qquad \cos\theta_{p'} = z.$$

En tenant compte de (4), on a le système

$$\frac{x}{z} = \frac{\mathrm{tg}\,\theta_p\cos\widehat{pp'} - \mathrm{tg}\,\theta_{p'}}{\sin\widehat{pp'}}; \qquad \frac{y}{z} = \mathrm{tg}\,\theta_p; \qquad \left(\frac{x}{z}\right)^2 + \left(\frac{y}{z}\right)^2 + 1 = \frac{1}{z^2}, \tag{6}$$

x et z sont de signe contraire. En prenant $x > 0, y < 0, z < 0$, nous obtenons, pour $\theta_p = 70°$ et $\theta_{p'} = 71°$:

$x = 0,49030$; $y = -0,81903$; $z = -0,29810$; d'où $\lambda = 85°$; $\mu = 18°$; $\nu = 112°$.

Krishnan, par une méthode toute différente, trouve des angles voisins; pour ν, toutefois, l'accord est un peu moins bon ([4]); En effet, les valeurs paramétriques doivent être légèrement différentes des nôtres, car, chez lui, la somme des carrés des trois composantes x, y, z est voisine de 0,8. En prenant λ et μ pour angles de base, et en recalculant ν, on trouve une valeur se rapprochant de la nôtre. Voici les résultats :

	λ.	μ.	ν.
Notre méthode	85°	18°	112°
Krishnan (théorie)	85°	22°	100° corrigé 116°
Krishnan (observé)	80°	27°	103° corrigé 120°

L'accord est satisfaisant entre les deux méthodes. Toutefois, remarquons

([4]) K. S. KRISNAN and A. MOOKHENJI, *Phys. Rev.*, 50, 1936, p. 860; 54, 1938, p. 533 et 841.

que notre méthode ne permet pas de prévoir la position des autres axes de l'ellipsoïde magnétique. La méthode de suspension du cristal, adjointe à la nôtre, dans le cas des cristaux tricliniques, permet de résoudre le problème en entier.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence de* Collenia *dans le Précambrien III et le Géorgien de l'Anti-Atlas.* Note de MM. **Georges Choubert, Jean Hindermeyer** et **Henri Hollard**, présentée par M. Paul Fallot.

Après la démonstration du large développement du faciès à *Collenia* dans les calcaires attribuables au Géorgien du Haut-Atlas oriental ([1]), il a paru nécessaire de rechercher tout spécialement des formations analogues dans l'Anti-Atlas, notamment dans les séries calcaires du Géorgien et les lentilles calcaires qu'on rencontre dans le Précambrien III. Ces recherches menées simultanément par tous les géologues de la Section de la Carte Géologique du Service Géologique du Maroc à l'occasion de levés des cartes géologiques, ont rapidement abouti à des résultats fort intéressants. Les découvertes se sont succédé dans l'ordre chronologique suivant :

Région de Goulimine-El Ayoun du Dra; en mai 1950. — 1° Découverte de quelques coupoles ressemblant aux *Collenia*, dans les puissants calcaires inférieurs du Géorgien ([2]) de l'Oued Adoudou (piste des Akhsas aux Aït Errha), par G. Choubert, G. Colo, H. Hollard, P. Kuntz et Mlle M. L. Petitot; 2° Découverte de très nombreux niveaux à *Collenia* indubitables près de Tiglit (flanc est du Massif de Guir-Taïssa) dans les calcaires inférieurs (réduits ici à quelques dizaines de mètres), dans les intercalations calcaires des schistes lie de vin et même dans certains bancs de calcaires supérieurs (par G. Ch., J. H. et H. H., accompagnés de A. Blanchot).

Région d'Ouarzazate-Tazenakht-Alougoum; en hiver 1950-1951, ont été découverts. 1° des couches à coupoles surbaissées dans la lentille lacustre du Précambrien III terminal de Tiouiyne (par R. du Dresnay); 2° des formations à *Collenia* dans les intercalations calcaires alternant avec les coulées de laves du volcan géorgien d'Alougoum (série des calcaires inférieurs); dans les bancs calcaires contenus dans les schistes lie de vin, ainsi que des coupoles surbaissées isolées dans les calcaires supérieurs de la région d'Assemlil au Nord d'Alougoum (par G. Ch.); 3° un

---

(1) G. Choubert R. du Dresnay et J. Hindermeyer, *Notes du Service Géologique*, 3; *Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc*, n° 76, 1950, p. 93-103.

(2) Pour la définition des différents termes du Géorgien, *voir* G. Choubert, *Comptes rendus du 18e Congrès géologique International de* 1948, XIVe partie, p. 29-44, Londres, 1951.

magnifique champ de *Collenia* à Amane Tourhart (route d'Ouarzazate au Dra) dans le calcaire lacustre du Précambrien III, signalé en 1947 par E. Raguin (par J. H.); 4° un calcaire lacustre à *Collenia* également dans le Précambrien III du Tifernine ainsi que quelques coupoles dans les calcaires inférieurs de la bordure sud de ce massif (par H. H.); 5° de nombreux niveaux à *Collenia* dans les calcaires inférieurs du Tizi n'Tinifift (route d'Ouarzazate au Dra), ainsi que de plusieurs coupoles surbaissées dans les calcaires supérieurs du synclinal des Aït Saoun (par G. Ch., J. H. et H. H.).

La généralité des faciès à *Collenia* dans les lentilles calcaires du Précambrien III, ainsi que leur fréquence dans les séries calcaires du Géorgien de l'Anti-Atlas, est ainsi démontrée. Pratiquement tous les calcaires, probablement lacustres, qui s'intercalent dans les séries continentales du Précambrien III, sont des calcaires à *Collenia* (Tiouiyne, Amane Tourhart, Tifernine). Au Géorgien, les *Collenia* sont rares dans les calcaires supérieurs. On ne les rencontre jamais dans les régions nord-occidentales, où abondent les Archæocyathidés (par exemple, bordure du Sous). Dans les calcaires inférieurs, les *Collenia* sont également rares lorsque la série est puissante. Elles n'abondent que dans les zones où l'épaisseur de ces calcaires est réduite, c'est-à-dire dans les faciès côtiers. Ainsi leur plus large développement a été constaté dans le voisinage du volcan d'Alougoum où les calcaires alternent avec des formations volcaniques. De même on retrouve ce faciès chaque fois que des intercalations calcaires apparaissent dans la série régressive des schistes lie de vin.

Le plus beau de tous les gisements est sans conteste le champ des *Collenia* d'Amane Tourhart. La lentille calcaire affleure ici largement et est constituée entièrement de *Collenia*. Intactes elles forment en surface des pavages de coupoles jointives de 5 à 20 cm de diamètre; usées par l'érosion, elles apparaissent sous forme de colonnettes formées d'enveloppes concentriques plus ou moins cylindriques, ou en forme de cônes allongés et pointus, pouvant atteindre une hauteur de 50 cm. Généralement verticales, elles sont parfois inclinées ou même couchées. Les couches inférieures de cet ensemble calcaire sont constituées de dépôts d'algues de toute autre forme. Ce sont de petits corps allongés, de quelques centimètres de long et de moins d'un centimètre de large, noyés dans un calcaire compact. Ils forment souvent des allongements caractéristiques rassemblés parfois en gerbes. Sur les bords de la lentille d'Amane Tourhart, on peut observer des *Collenia* partiellement envahies par les boues pélitiques, ce qui donne une idée des conditions régnant dans les lacs où vivaient ces algues.

Parmi les *Collenia* géorgiennes, il y en a qui sont identiques aux coupoles surbaissées des *C. undosa* classiques. Il faut signaler plus spécialement les

formes les plus fréquentes dans la région d'Assemlil, au Nord d'Alougoum. Ce sont des coupoles de 30 à 50 cm de diamètre tantôt circulaires, tantôt allongées. Leurs couches concentriques sont souvent soulignées par des dépôts siliceux. Dans certains cas, ces coupoles s'allongent démesurément et peuvent atteindre plus d'un mètre de longueur. Quand une couche comportant de telles concrétions affleure à plat, on observe à sa surface des plis ou des bourrelets parallèles soulignés par de la silice et imitant la forme de plis ou d'ondulations d'un tapis.

GÉOLOGIE. — *Remarques sur le Crétacé supérieur* (*Cénomanien-Sénonien*) *à l'Ouest d'Uzès* (*Gard*). Note de M. **Jacques Sornay**, transmise par M. Pierre Pruvost.

A l'Ouest d'Uzès, le Crétacé supérieur constitue, entre Aigaliers, Marignac et Foissac, un petit bassin accidenté par de nombreuses failles.

Dans un travail antérieur (¹) j'avais donné de cette série sédimentaire, assez pauvre en fossiles, une interprétation que des trouvailles paléontologiques récentes me permettent de modifier en ce qui concerne la base et le sommet de cette série.

Base de la série. — Sur les marnes gréseuses aptiennes à *E. aquila* viennent quelques bancs gréso-calcaires grisâtres dans lesquels je n'avais pas trouvé de fossiles déterminables et que, par analogie avec ce qui se voit plus au Nord, dans le synclinal de la vallée de la Tave, j'avais rattaché au Vraconien.

J'y ai découvert récemment, près de Marignac, une riche faune silicifiée où dominent les Gastropodes et dont je donne ici une liste provisoire :

Baculites sp., *Hamites* aff. *simplex* d'Orb., *Turritella* aff. *cenomanensis* d'Orb., *Trochactæon joleaudi* de Brun, *Itruvia mazerani* de Brun, *Itruvia* sp., *Nerinea* aff. *bicatenata* Coqu., *Natica* sp. plur., *Inoceramus pictus* Sow. v. *vardonensis* Sorn., *Plicatula* sp., *Exogyra conica* Sow., *E.* cf. *flabellata* d'Orb., *Corbula* sp. gr. *picteti* Choffat, *Serpula* sp., débris de bois silicifiés.

La présence de cette faune ne permet plus de maintenir ces couches dans l'Albien. Elles sont cénomaniennes et certainement assez haut dans l'étage, si l'on en juge par les affinités qu'offre cette faune avec celle du Cénomanien supérieur de la vallée de la Tave au Nord, et avec celle du Cénomanien moyen de Montfaucon (²) à l'Est.

Il existe donc, au moins dans cette partie occidentale du bassin, une

(¹) *Trav. Lab. Géol. Grenoble*, 1950.

(²) de Brun et Chatelet, *Trav. Lab. Géol. Lyon*, 9, n° 8, 1926.

lacune importante entre Aptien et Cénomanien, puisque tout le Gault manque, ainsi que la partie inférieure du Cénomanien.

Sommet de la série. — J'avais admis ([3]), à la suite de Roman ([4]), ([5]), que la série crétacée se termine dans la région d'Uzès par la barre des calcaires lacustres dits « calcaires gris de fumée » ou « calcaires de Bézut ». Le puissant complexe continental de marnes bariolées et de calcaires marneux sans fossiles venant au-dessus était, dans cette hypothèse, d'âge tertiaire. Le fait paraissait confirmé par une légère discordance existant en divers points entre ce complexe et la base des calcaires lacustres. Or, il est certain que la partie inférieure au moins de cet ensemble marneux continental est encore crétacée.

En effet, à hauteur du pont à l'Ouest de Marignac, sur le chemin menant de ce village à la route nationale, on observe, sur les derniers bancs de la barre, des calcaires gris de fumée plongeant ici à 45-50° S-SW :

a. Calcaire grumeleux bréchique blanc : 2,50 m.

b. Marnes rosées, puis jaunes, dont la base m'a fourni : *Anadromus* cf. *proboscideus* Math., *Paludina novemcostata* Math., *Palæostoa tenuicostata* Math. Épaisseur : 1-1,20 m.

c. Banc calcaire dur, type calcaire de Bézut : 0,50-0,75 m.

d. Marnes gréseuses jaunes, puis rosées sans fossiles : 2 m.

e. Banc gréso-calcaire gris rose : 0,40 m.

f. Marnes jaunes et grises où s'intercalent des bancs plus gréseux irréguliers. Le sommet m'a fourni : *A. proboscideus* Math., *P. novemcostata* Math. Épaisseur : 6-7 m.

Ces deux petites faunes contiennent les formes caractéristiques du calcaire de Bézut et doivent, comme celle de ce dernier, être rapportées avec beaucoup de vraisemblance au Fuvélien.

Par conséquent, la partie inférieure du complexe marneux bariolé surmontant la barre des calcaires de Bézut est, non pas tertiaire, mais d'âge sénonien supérieur. Il faut donc revenir, au moins partiellement, aux idées de Sarran d'Allard ([5]) qui voyait du Sénonien dans la majeure partie du complexe continental marneux.

En résumé, la série du Crétacé supérieur à l'Ouest d'Uzès (région de Marignac) est séparée des termes crétacés plus anciens par *une lacune comprenant l'Albien et la base du Cénomanien*. Elle est donc incomplète par le bas. Par contre, il faut lui adjoindre au sommet le début des couches rapportées au Tertiaire par Roman dans les légendes des feuilles d'Avignon et du Vigan, ainsi que par moi en 1950.

([3]) *Légende feuille Le Vigan* (*Terrains secondaires*), 1re édit., 1906.
([4]) *Légende feuille Avignon*, 2e édit., 1924.
([5]) *Bull. Soc. géol. Fr.*, 12, 1884, p. 553.

GÉOPHYSIQUE. — *Sur la répartition des anomalies gravimétriques de l'île de Madagascar.* Note (*) de M. **Louis Cattala**, présentée par M. Pierre Lejay.

Dans une Note précédente nous avons donné les valeurs provisoires de l'anomalie de Bouguer en quelques points de la grande île. Le nombre des stations calculées est encore trop faible pour tracer des isanomales, on remarque cependant déjà que, sur le plateau cristallin, qui forme l'épine dorsale de Madagascar, l'anomalie de Bouguer est, comme il fallait s'y attendre, négative.

Mais, alors que dans la plupart des régions du globe déjà explorées, l'anomalie des massifs montagneux est de l'ordre de 100 mgal pour 1000 m d'altitude le massif central de Madagascar présente une anomalie moins forte, de l'ordre de 60 à 80 mgal pour 1000 m d'altitude (1). H. Besairie, pour des raisons géologiques, pense que le massif de Madagascar, où le granite forme des sommets de 2000 et près de 3000 m d'élévation, doit être posé sur un substratum de gabbros. La gravité donne un argument dans le même sens : la forte densité des gabbros expliquerait que la pesanteur soit plus forte que dans les massifs montagneux d'autres continents.

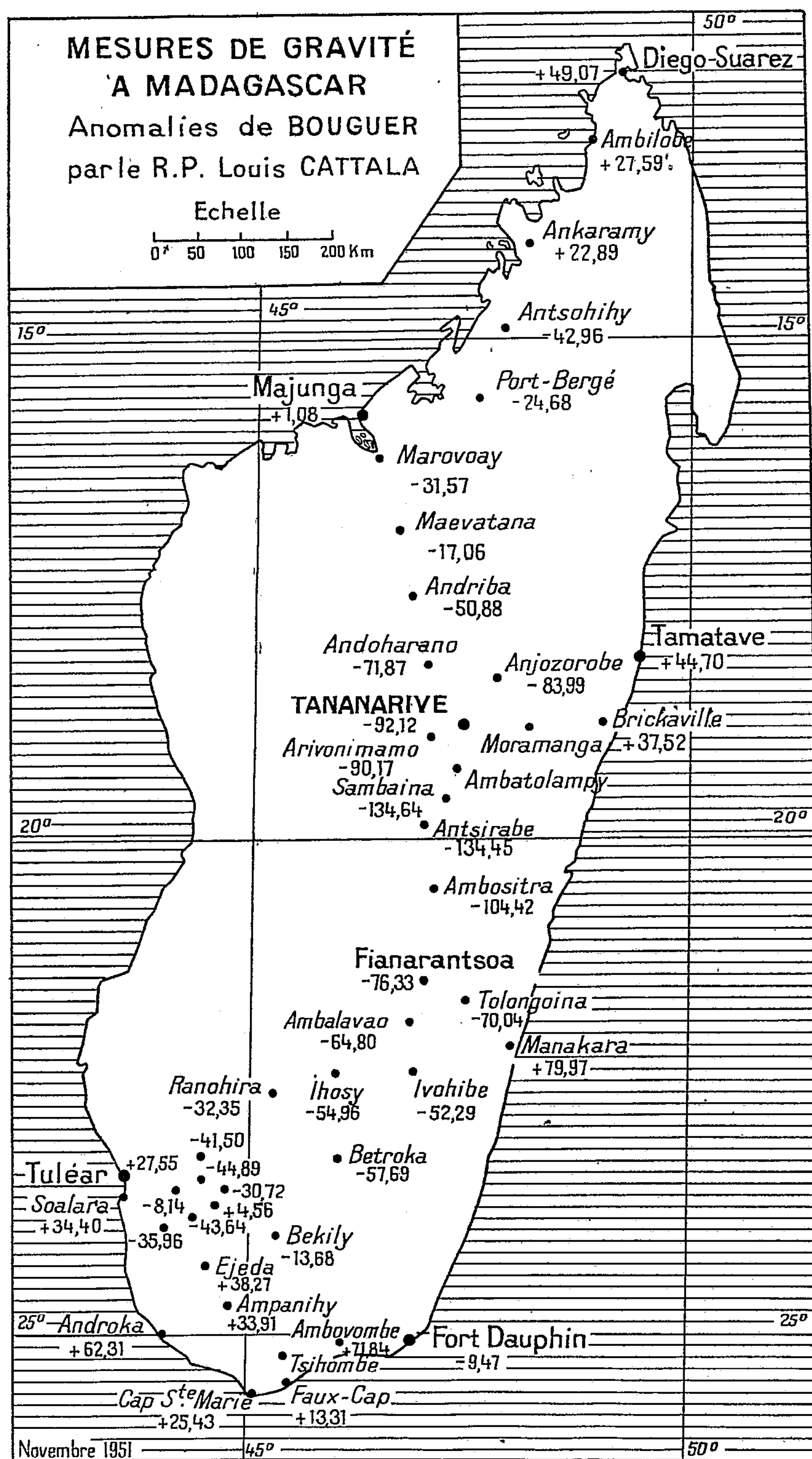
Sur plusieurs points des côtes, on remarque une forte anomalie positive; si en quelques points elles peuvent s'expliquer par la présence de roches basaltiques déjà connues des géologues, soit en surface (Diégo-Suarez), soit en profondeur (Manakara), il n'en est pas de même ailleurs. Dans l'extrême Sud-Ouest de l'île, il y a un bloc d'anomalies positives; ceci tendrait à confirmer une hypothèse des géologues malgaches admettant dans cette région une moindre épaisseur des sédiments, par suite d'un soulèvement du socle cristallin sous-jacent.

La cause de l'anomalie positive de la région Brickaville-Tamatave reste encore cachée.

La réduction des stations déjà mesurées (malheureusement retardée par le calcul des altitudes au moyen du baromètre) et le calcul des corrections isostatiques permettront de préciser ces points de vue et la part de l'influence des fosses océaniques voisines des côtes.

(*) Séance du 19 décembre 1951.

(1) P. Lejay, *Développements modernes de la gravimétrie*, p. 177.


MESURES DE GRAVITÉ
A MADAGASCAR
Anomalies de BOUGUER
par le R.P. Louis CATTALA
Echelle
0 50 100 150 200 Km
50°
45°
15°
20°
25°
Diego-Suarez
+49,07
Ambilobe
+27,59
Ankaramy
+22,89
Antsohihy
-42,96
Port-Bergé
-24,68
Majunga
+1,08
Marovoay
-31,57
Maevatana
-17,06
Andriba
-50,88
Andoharano
-71,87
Anjozorobe
-83,99
Tamatave
+44,70
TANANARIVE
-92,12
Arivonimamo
-90,17
Moramanga
Brickaville
+37,52
Ambatolampy
Sambaina
-134,64
Antsirabe
-134,45
Ambositra
-104,42
Fianarantsoa
-76,33
Tolongoina
-70,04
Manakara
+79,97
Ambalavao
-64,80
Ranohira
-32,35
Ihosy
-54,96
Ivohibe
-52,29
-41,50
Tuléar
+27,55
-44,89
-30,72
Betroka
-57,69
Soalara
+34,40
-8,14
+4,56
-43,64
-35,96
Bekily
-13,68
Ejeda
+38,27
Ampanihy
+33,91
Androka
+62,31
Ambovombe
+71,84
Fort Dauphin
-9,47
Tsihombe
Cap Ste Marie
+25,43
Faux-Cap
+13,31
Novembre 1951

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — VI. *Action de l'oxyde de carbone sur la respiration des feuilles vertes.* Note de MM. **Gaston Ducet** et **Albert-Jean Rosenberg**, présentée par M. Maurice Javillier.

La « glycolyse anaérobie » des feuilles vertes est sensible à l'oxyde de carbone, qui la diminue ou l'exalte selon le stade végétatif. CO inhibe la respiration du broyat de feuilles ou des chloroplastes isolés, mais non celle de la feuille entière ([1]). Nous montrons ici que le Q_{O_2} des feuilles de *Soja hispida, Nicotiana tabacum, Spinacia oleracea* en croissance active, non seulement n'est pas inhibé par 95 % CO + 5 % O_2 par rapport à la respiration dans 95 % N + 5 % O_2, mais qu'il se produit une « glycolyse aérobie » se traduisant par un excès de CO_2 dégagé. Le phénomène correspond à une inhibition de l'effet Pasteur ; cette inhibition semble réversible à la lumière. Cependant nous avons constaté que le Q_{O_2} des feuilles diminue avec la pression d'oxygène (environ 35 % pour 5 % d'O_2 par rapport à l'air).

Technique. — Les mesures des volumes gazeux ont été faites par la méthode indirecte de Warburg avec des fioles à section rectangulaire de 15 cm³. CO préparé au laboratoire; O_2 et N_2 commerciaux de pureté supérieure à 99,5 %. Les échanges gazeux sont mesurés sur rondelles de feuilles de 4 ou 8 mm de diamètre, flottant dans un tampon PO_4H_2K (M/20). Nous utilisons un appareil de Warburg circulaire, construit au laboratoire, permettant l'éclairage des fioles par renvoi de lumière à l'aide d'un miroir. L'éclairage est produit par une lampe Philipps 12 V à ruban de tungstène et intensité réglable entre 13 et 18 A. La respiration a été mesurée dans des mélanges à teneurs variables en O_2, le second gaz étant soit N_2 soit CO.

Le tableau montre que le Q_{O_2} diminue avec la pression d'oxygène et pour une égale teneur en O_2, Q_{O_2} est le même, compte tenu des erreurs expérimentales, que le second gaz soit N_2 ou CO. Le Q_{CO_2} en atmosphère d'azote et d'oxygène suit les variations du Q_{O_2}, le QR reste voisin de 1. Par contre, en atmosphère de CO et O_2 pour une teneur de 5 % en O_2, Q_{CO_2} s'accroît brusquement, donnant un QR nettement supérieur à 1. Exemple :

Deuxièmes feuilles de *Soja hispida* (rondelles de 4 mm).

O_2	20 %.	10 %.		5 %.	
Gaz complémentaire	N_2.	90 % N_2.	90 % CO.	95 % N_2.	95 % CO.
Q_{O_2}	3,45	2,65	2,38	2,15	2,22
Q_{CO_2}	3,70	2,69	2,65	1,99	2,86
QR	1,07	1,02	1,11	0,93	1,29

Les essais effectués avec les trois plantes sur feuilles prélevées *en croissance*

(1) G. Ducet et A. J. Rosenberg, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1136 et 1674.

active ont donné les mêmes résultats. Dans le mélange 5 % O_2 + 95 % N_2, le QR est voisin de l'unité, tandis que dans le mélange 5 % O_2 + 95 % CO, le Q_{CO_2} est très supérieur au Q_{O_2} donnant un QR de 1,3 à 1,9. Il y a inhibition spécifique de l'effet Pasteur. Laser ([2]), puis Stern et Melnick ([3]) ont observé également une augmentation de la « glycolyse aérobie », sans diminution du Q_{O_2}, pour les levures et les tissus animaux en présence de CO. Si l'on passe du mélange 95 % CO + 5 % O_2 à 95 % N_2 + 5 % O_2 ou à l'air, le phénomène est réversible, le QR est de nouveau voisin de 1. On observe, après aération, un extra O_2 consommé, correspondant au « paiement d'une dette d'oxygène » (Maquenne).

Si l'action de CO est due à un blocage du fer, le même résultat devrait être obtenu avec l'orthophénantroline (OP). En essayant ce composé à une concentration M/750, on observe une augmentation du QR (de 1 à 1,2 ou 1,4), mais contrairement à l'action du CO, le Q_{O_2} diminue d'environ 60 %) [diminution déjà observée par Stenlid ([4])].

Nous avons cherché si l'action du CO sur la « glycolyse aérobie » était réversible à la lumière, comme l'ont montré pour la levure, Warburg ([5]), pour les ferments butyriques, Kubowitz et Kempner ([6]). Sous l'action de la lumière, se surajoute, à la respiration, l'assimilation chlorophyllienne, où O_2 produit/CO_2 dégagé = 1. Dans ces conditions, le bilan de la respiration et de la photosynthèse, en atmosphère 5 % O_2 + 95 % CO, doit donner un Q_{O_2} et un Q_{CO_2} différents, si la « glycolyse aérobie » se maintient; ou sensiblement égaux si le phénomène est réversible par la lumière. Voici quelques résultats :

Échanges gazeux, en μl, en présence de 95 % CO + 5 % O, *en* 15 *mn.*

Essai.		Respiration à l'obscurité. (1).	Action de la lumière. (2).	Différence observée. (2-1).	Théorie selon la photosynthèse. (4).	Respiration calculée à la lumière. (2-4).
1.	O_2	−25	+59,5	+84,5	+84,5	−25
	CO_2	+47	−52,6	−99,6	−84,5	+31,9
2.	O_2	−21,1	+38	+59,1	+59,1	−21,1
	CO_2	+32	−37,8	−69,8	−59,1	+21,3
3.	O_2	−18,6	+41,3	+59,9	+59,9	−18,6
	CO_2	+32,3	−35,8	−68,1	−59,9	+24,1

Ainsi le Q_{CO_2} calculé à la lumière est plus faible que le Q_{CO_2} à l'obscurité.

([2]) *Bioch. J.*, **31**, 1937, p. 1671.
([3]) *J. biol. Chem.*, **139**, 1941, p. 301.
([4]) *Physiol. Plant.*, **2**, 1949, p. 61.
([5]) *Bioch. Z.*, **177**, 1926, p. 471.
([6]) *Bioch. Z.*, **265**, 1933, p. 245.

Il nous semble donc que la lumière diminue la « glycolyse aérobie » produite par l'oxyde de carbone.

En conclusion : 1° Le Q_{O_2} est fonction de la pression d'oxygène comme l'ont montré Chevillard, Hanson, Mayer et Plantefol ([7]). 2° Pour l'atmosphère 5 % d'O_2 + 95 % N_2, le quotient respiratoire est voisin de 1. 3° Pour une atmosphère 5 % O_2 + 95 % CO, le quotient respiratoire est supérieur (jusqu'à 1,9), ce qui est dû, non à une diminution de Q_{O_2}, mais à une augmentation de Q_{CO_2} (inhibition de l'effet Pasteur). Le phénomène semble réversible à la lumière. 4° L'orthophénantroline provoque également une augmentation du Q_{CO_2} mais en plus une diminution du Q_{O_2}. La différence d'action de OP et de CO peut être due à ce que OP touche également les enzymes en relation avec l'activation d'O_2 et la fermentation, tandis que la concentration de CO (95 %), insuffisante pour bloquer les enzymes de l'activation de O_2 est suffisante pour inhiber des enzymes liés à la fermentation.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le plasmalemma des cellules végétales, surtout des Desmidiacées.* Note de M. **Karl Höfler**, présentée par M. Roger Heim.

La mise en évidence de la nature des couches protectrices à la surface du plasma est un problème très difficile. Les auteurs classiques, de Vries et Pfeffer, étaient déjà d'avis que les pellicules extérieures diffèrent essentiellement du plasma intérieur. La plupart des savants supposent que la semiperméabilité, c'est-à-dire la résistibilité contre la diffusion des substances hydrophiles, est localisée dans ces pellicules.

La connaissance de la différence entre les couches à la surface du plasma extérieur et intérieur est bien plus récente. La dernière, qui sépare le plasma de la vacuole, est nommée tonoplasme, d'après de Vries, tandis que la couche extérieure porte, d'après Seifriz, le nom de plasmalemma. A propos du tonoplasme, Chambers et Höfler ([1]) ont démontré, après un examen micro-chirurgique, qu'il se compose d'un liquide cohésif, facilement mobile et de préférence lipoïdique, qui ne se mélange point avec l'eau. Le plasmalemma, au contraire, possède une élasticité distincte, ce qui montre que des chaînes de molécules de protéine ont une bien plus grande part à sa composition qu'à celle du plasma intérieur.

Plowe ([2]) suppose que le plasmalemma fonctionne comme organe protecteur en empêchant les substances étrangères et nocives de pénétrer dans le plasma intérieur.

([7]) *Ann. Physiol*, 6, 1930, p. 464.

([1]) *Protoplasma*, 12, 1931, p. 338.

([2]) *Protoplasma*, 12, 1931, p. 196.

Du point de vue de la cytologie comparative du protoplasme, nous avons entrepris en 1950 et 1951 une série d'essais avec différentes sortes de cellules végétales en solutions hypertoniques de Na_2CO_3 [3]. Cette méthode simple donna des résultats surprenants. Il en résulta que la résistibilité des différentes cellules vis-à-vis du sodium est extrêmement variable. En beaucoup de cellules de tissus, par exemple, celles des pellicules intérieures du bulbe d'*Allium cepa*, le plasma périt instantanément sous l'influence du sodium et le tonoplasme seul se rétrécit osmotiquement. En d'autres cellules, il se produit d'abord une plasmolyse d'aspect normal, mais bientôt le plasma se gonfle et se détruit au bout de 15 à 60 mn, tandis que le tonoplasme seul persiste. En comparant les cellules d'épiderme à celles du parenchyme des tiges des Phanérogames, les cellules épidermiques souvent donnent subitement des tonoplasmes et se montrent en cela moins résistantes que les cellules parenchymatiques qui produisent au début une plasmolyse normale.

Au cours des essais, nous avons examiné 50 espèces d'Algues d'eau douce. La plupart furent plasmolysées d'abord normalement avec Na_2CO_3, mais périrent au cours de 30, 60 ou 120 mn (par exemple *Zygnema, Oedogonium*).

Cependant, beaucoup de Desmidiacées réagissent d'une manière surprenante. Elles montrent une vraie plasmolyse en solution de sodium hypertonique et restent vivantes en état plasmolysé pendant quelques jours. Nous avons examiné les Desmidiacées à Vienne ainsi qu'au lieu de leur habitat naturel dans les Alpes (Ramsau, Styrie, 1100 m alt.). Si l'on soumet *Euastrum oblongum, E. ansatum, Arthrodesmus convergens, Cosmarium connatum*, etc. à 0,5 *n* sodium, il en résulte un détachement net de la paroi cellulaire (sans formation de fils plasmatiques), le protoplasme s'arrondit et reste vivant pendant des jours; les plastides gardent leur couleur verte. Si l'on atténue la solution, les protoplasmes se gonflent normalement.

Évidemment, le sodium n'est pas capable de pénétrer dans le plasma intérieur par le plasmalemma, car, à notre sens, aucun plasma vivant ne supporte le contact d'une forte solution de sodium. Nous pouvons en conclure que les Desmidiacées citées se distinguent par un plasmalemma d'une constitution particulièrement robuste. C'est à lui que les cellules doivent leur haut degré de résistibilité.

En supposant que cette interprétation soit correcte, on devrait s'attendre à ce que les mêmes Algues soient aussi particulièrement résistantes contre d'autres substances nocives. Ainsi avons-nous fait en automne 1951 une série d'essais avec des Desmidiacées fraîches dans leur habitat alpin [4].

---

(3) HÖFLER, *Ibid.*, 40, 1951 (*sous presse*).
(4) HÖFLER et SCHINDLER, *Protoplasma* (*sous presse*).

Les Algues furent exposées à des solutions de HCl en concentrations graduées, puis examinées à intervalles de 30 mn à quelques jours. Parallèlement, nous avons plasmolysé avec des séries de solutions de glucose, auxquelles fut ajouté HCl à différentes concentrations; pour contrôle, nous avons employé du glucose pur.

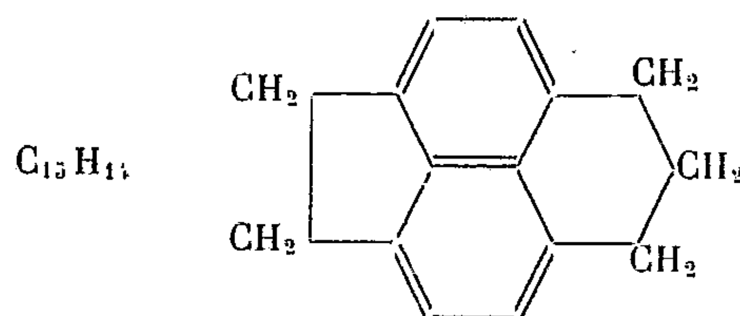
Il apparut que certaines Desmidiacées possèdent un haut degré de résistibilité. C'est ainsi qu'*Euastrum ansatum*, *Cosmarium pseudopyramidatum*, *Xanthidium armatum*, *Tetmemorus granulatus*, entre autres, continuèrent à vivre pendant quelques jours dans une solution de sucre hypertonique, à laquelle fut ajouté *n*/200 HCl; elles supportèrent même assez longtemps une solution de *n*/100 et *n*/50 HCl. Ce sont fréquemment les mêmes espèces qui sont particulièrement résistantes contre des solutions de sodium (pH 12) et contre HCl (pH 2-2,3). Mais on ne pourra pas généraliser, car les différentes espèces de Desmidiacées réagissent chacune spécifiquement et il y en a aussi de sensibles.

Nous en pouvons déduire que beaucoup de Desmidiacées vivant dans les marais possèdent un plasmalemma particulièrement dense et fortement développé, qui protège le plasma intérieur contre des substances nocives dissoutes dans l'eau, d'où résulte une grande résistibilité des cellules.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action de quelques carbures polycycliques sur la germination.* Note de MM. **Raymond Garrigues**, **Buu Hoï** et **Paul Cagniant**, présentée par M. Raoul Combes.

Les carbures polycycliques étudiés, dérivés de l'acénaphtène, plus particulièrement l'acéphénalane, produisent, au départ de la germination, une sorte d'excitation stimulant la croissance.

Des divers hydrocarbures polycycliques à noyau acénaphtène que nous avons expérimentés sur les végétaux, le plus intéressant de tous, dont nous décrirons l'action en premier lieu, est l'acéphénalane :



Ce corps, aromatique, étant solide, repose dans un verre de montre placé lui-même au fond d'une boîte de Pétri renfermant déjà, sur un mince film de liquide de Knop dilué de moitié, les plantules de Blé et d'Orge en voie de

germination. L'expérience, menée à vapeur saturante, se prolonge pendant une vingtaine de jours.

Dès le lendemain de la mise en route des expériences, on observe que les racines des plantules traitées sont au moins aussi longues que les témoins et dans beaucoup de cas plus développées; leur aspect reste inchangé sauf pour le manchon pilifère beaucoup plus touffu et formé de poils absorbants très longs, en particulier chez le Blé. La croissance reste plus rapide chez les plantes traitées mais, assez rapidement et parfois dès le 4e jour, elle diminue et les résultats des mensurations deviennent contradictoires; parfois ce sont les témoins qui s'allongent le plus, parfois les racines des plantules traitées sont semblables aux témoins ou s'allongent plus qu'eux. En aucun cas les racines traitées n'ont montré de tuméfactions analogues aux tuméfactions colchiciniques.

Voici les moyennes d'allongement tirées de trois séries d'expériences comprenant chacune une vingtaine de racines témoins ou traitées :

1re série sur le Blé : les racines ont au départ de 10 à 12 mm et se sont allongées :

	au 2e jour.	du 2e au 4e jour.	du 4e au 8e jour.
Pour le Blé témoin......	de 32,94 mm	de 28,17 mm	de 21,16 mm
Pour le Blé traité........	de 43,15 mm	de 29,53 mm	de 17,40 mm

2e série sur l'Orge : les racines ont au départ de 10 à 12 mm et se sont allongées :

	au 2e jour.	du 2e au 4e jour.	du 4e au 8e jour.
Pour l'Orge témoin......	de 21,42 mm	de 20,65 mm	de 12.12 mm
Pour l'Orge traité.......	de 28,20 mm	de 18,13 mm	de 13,13 mm

3e série sur le Blé : les racines sont très courtes au départ et se sont allongées :

	au 1e jour.	du 1e au 2e jour.	du 2e au 3e jour.
Pour le Blé témoin........	de 6,93 mm	de 15,80 mm	de 13,85 mm
Pour le Blé traité.........	de 17,06 mm	de 20,66 mm	de 20,04 mm
	du 3e au 5e jour.	du 5e au 7e jour.	du 7e au 9e jour.
Pour le Blé témoin........	de 28,40 mm	de 21,50 mm	de 11,28 mm
Pour le Blé traité.........	de 30,78 mm	de 8,92 mm	de 2.28 mm

L'élongation de la racine pouvait être rapportée soit à l'une des deux, soit aux deux causes suivantes : allongement des cellules parallèlement à l'axe, multiplication plus rapide des cellules. L'observation cytologique (fixation au Helly suivie du Feulgen) a montré, d'une part, que les figures de mitose observées sont normales et, d'autre part, que les cellules sont de grandeur comparable à celle des témoins; l'accélération de la croissance ne peut donc s'expliquer que par une multiplication plus active des cellules et des noyaux.

C'est ce que font apparaître des coupes faites dans des racines en début de traitement où, en particulier, les figures à chromosomes individualisés sont très nombreuses.

En résumé l'acéphénalane n'est pas mitoclasique, mais, au contraire, dans les deux ou trois premiers jours du traitement, mito-excitatrice; son effet s'atténue ou même disparaît quand l'expérience dépasse une huitaine de jours. De plus, si l'on compare l'allongement pour les deux premiers jours dans la 1re et la 2e série d'une part, dans la 3e série d'autre part, on constate que la croissance est plus rapide, plus marquée proportionnellement dans cette dernière série où les racines sont très courtes au départ. Ceci paraît indiquer que plus la racine est jeune, plus elle est sensible à l'action de l'acéphénalane. Cette sorte d'excitation temporaire de la croissance pourrait présenter un certain intérêt pratique.

Les autres corps étudiés montrent des effets généralement semblables mais moins marqués. C'est le cas du 3.7-diméthylacénaphtène et du 5-cyclohexyl-acénaphtène. Notons cependant qu'une étude comparée du 3-méthylacénaphtène et du diméthylacénaphtène a montré que le premier, à l'opposé du second, ralentit légèrement la croissance; l'introduction d'un second groupement CH_3 renverse donc l'effet produit par la présence, dans la formule chimique, d'un seul groupement analogue. En conclusion, les dérivés de l'acénaphtène étudiés ont en commun la propriété de ne rien changer aux processus mitotiques, sinon, dans les cas favorables, de les accélérer. Il y a donc peu de dérivés appartenant à ce groupe qui soient mitoclasiques, à part l'acénaphtène lui-même et l'acénaphtylène étudié par P. et N. Gavaudan et Durand [1].

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur les isomères de la yohimbine.*
Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La découverte de la mayumbine [1] ayant révélé l'existence d'un type nouveau d'alcaloïdes yohimbiniques auquel appartient la δ-yohimbine [2] que l'on avait, à tort, toujours considérée comme l'un des isomères de la yohimbine, nous avons cru d'autant plus utile d'étudier tous les autres que, par suite des destructions dues à la guerre, nous étions seul à en posséder des échantillons originaux. Nous avons pu ainsi nous assurer que tous ces isomères appartiennent au type de la yohimbine, ainsi qu'en témoignent leurs spectres d'absorption ultraviolets.

Ainsi donc, en faisant abstraction d'un alcaloïde qui a été récemment

---

(1) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 593.

(1) Raymond-Hamet, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2354.

(2) Raymond-Hamet et R. Goutarel, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 431.

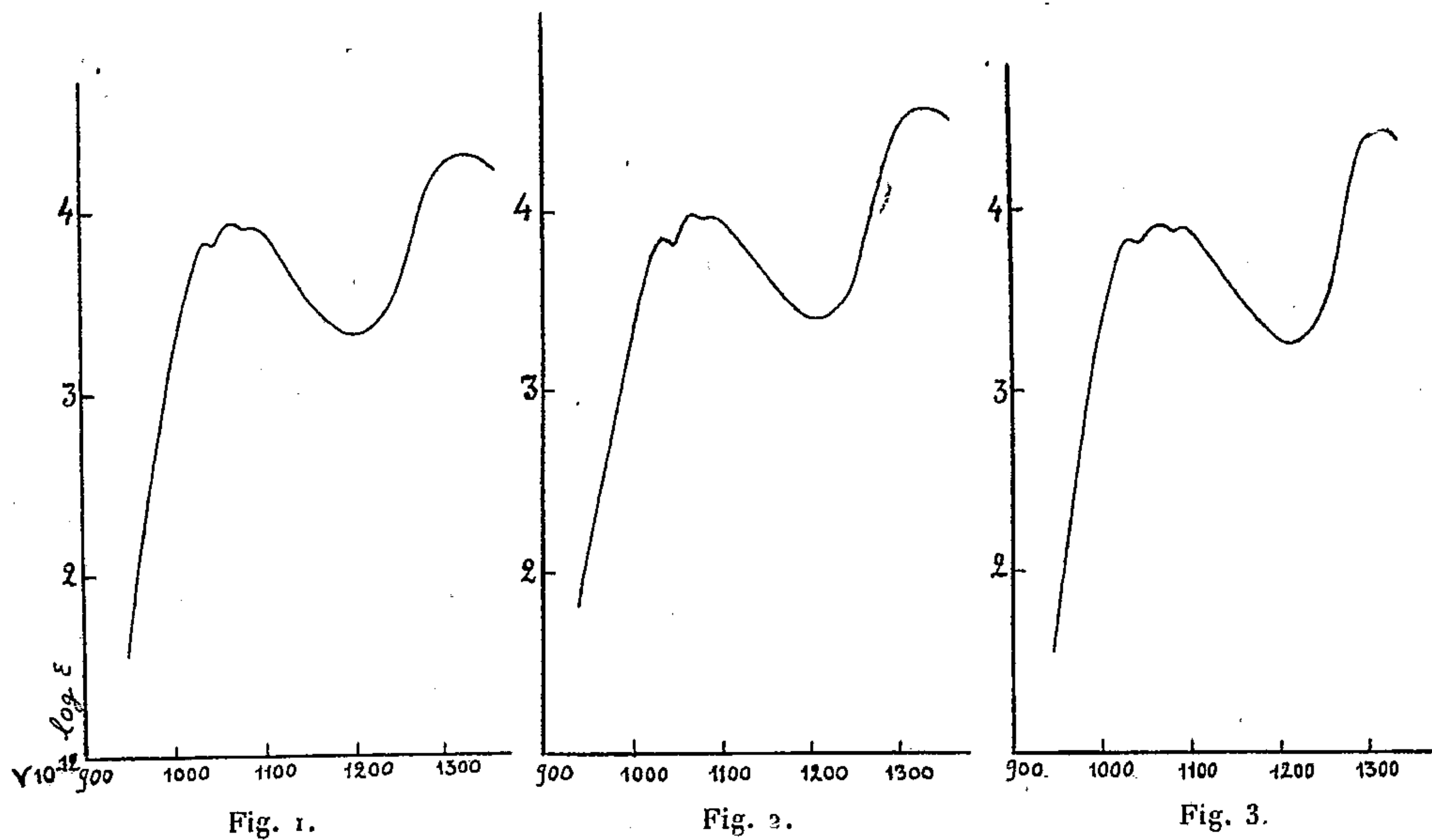


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Fig. 1. — Yohimbine et québrachine.

Maxima : 1038 1064 1091 1329 Minima : 1042 1083 1214

Fig. 2. — Corynanthine.

Maxima : 1038 1066 1095 1324 Minima : 1044 1085 1214

Fig. 3. — Iso-yohimbine.

Maxima : 1034 1062 1097 1312 Minima : 1042 1083 1216

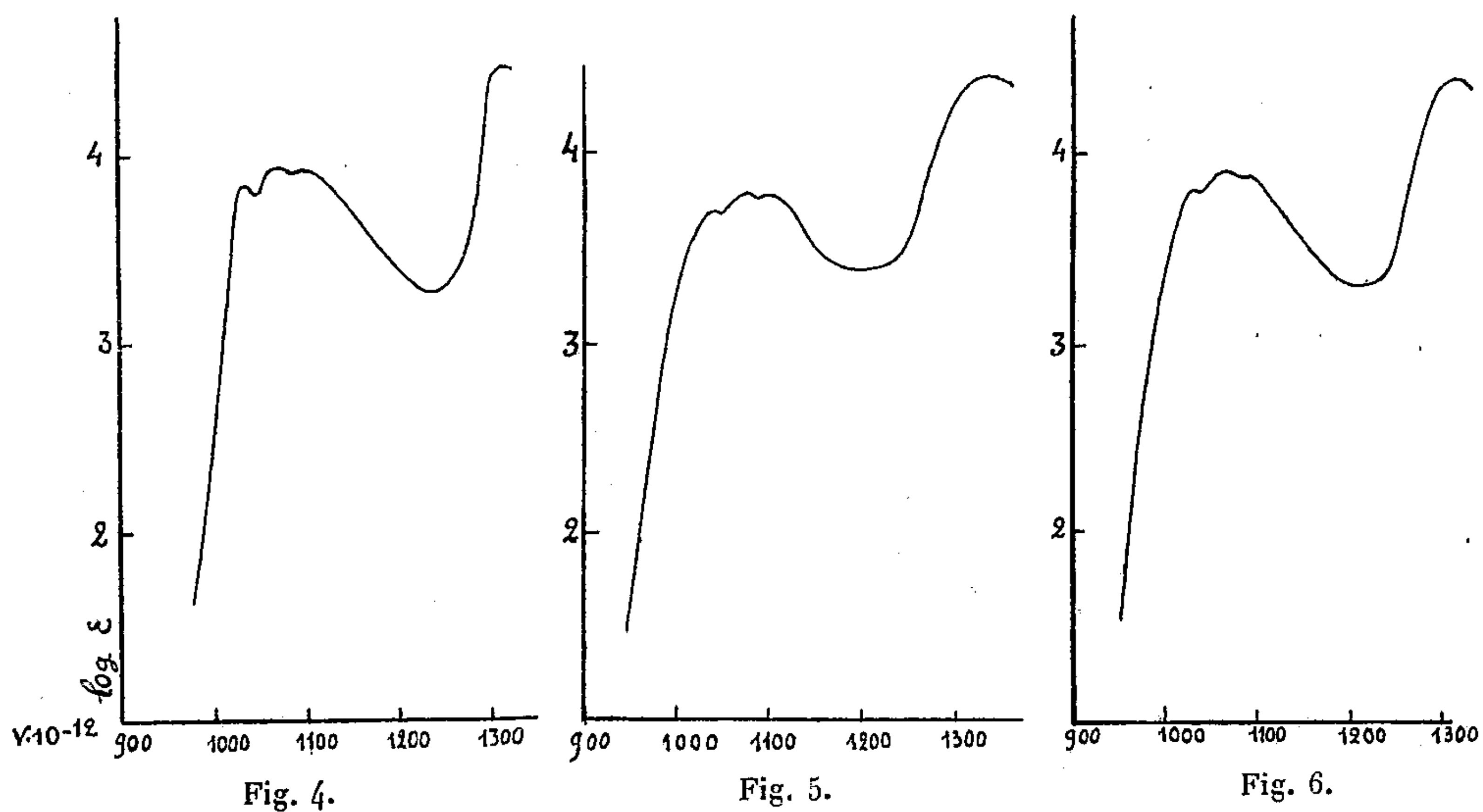


Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6.

Fig. 4. — Allo-yohimbine.

Maxima : 1036 1068 1103 1312 Minima : 1045 1083 1240

Fig. 5. — Yohimbène.

Maxima : 1034 1062 1091 1329 Minima : 1042 1083 1210

Fig. 6. — Pseudo-yohimbine.

Maxima : 1032 1068 1095 1312 Minima : 1042 1087 1214

extrait d'une Apocynacée asiatique et dont nous poursuivons l'étude, et en reconnaissant que la purification par la méthode chromatographique que nous avons le premier utilisée et préconisée pour la séparation des alcaloïdes de la famille de la yohimbine [3] n'a encore été appliquée qu'à un seul isomère de cette dernière, l'alloyohimbine, on peut admettre l'existence de huit stéréo-isomères naturels de la yohimbine.

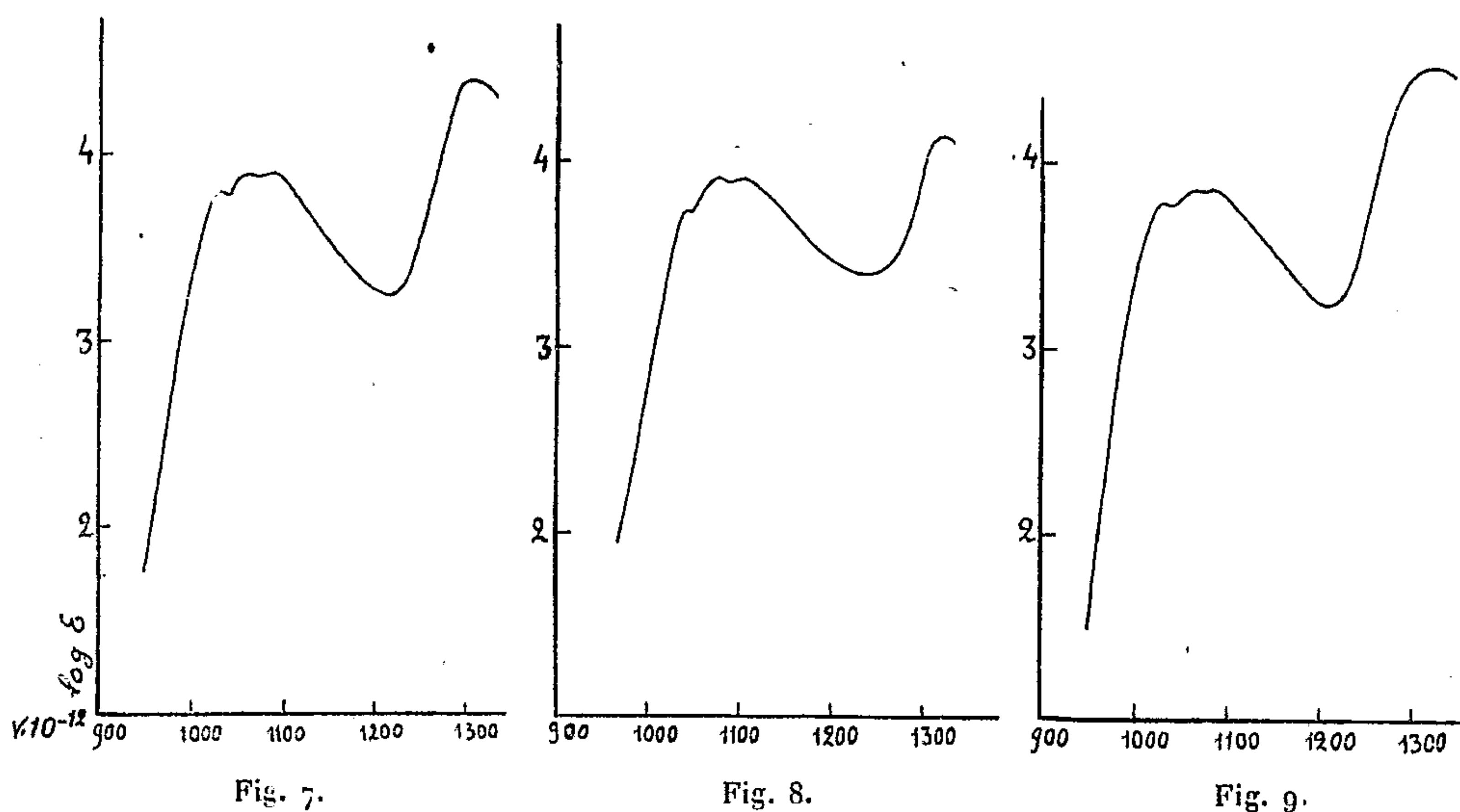


Fig. 7. Fig. 8. Fig. 9.

Fig. 7. — β-yohimbine.

Fig. 8. — γ-yohimbine.

Fig. 9. — Rauwolscine.

	Maxima				Minima		
Fig. 7. — β-yohimbine	1034	1060	1091	1304	1042	1079	1216
Fig. 8. — γ-yohimbine	1042	1075	1107	1318	1052	1091	1229
Fig. 9. — Rauwolscine	1036	1064	1095	1327	1042	1083	1210

Remarquons que l'allo-yohimbine paraît bien une substance pure puisque le chlorhydrate de la base chromatographiée par nous a exactement le même pouvoir rotatoire dans l'eau : $\alpha\,[D] = +\,31°,9$, que ceux des bases préparées par Warnat et par Hahn. En revanche, l'iso-yohimbine, que l'on désigne à tort d'ordinaire sous le nom d'α-yohimbine, semble n'être que difficilement obtenue à l'état d'absolue pureté puisque le pouvoir rotatoire dans l'eau de son chlorhydrate s'est montré de $\alpha\,[D] = +\,52°,8$ pour l'échantillon de Warnat, $+\,58°,3$ pour celui de Lillig. Quant à la substance que Hahn a par erreur désignée sous le nom d'iso-yohimbine, l'étude de son spécimen authentique nous a montré qu'elle était identique à la yohim-

(3) RAYMOND-HAMET, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 236.

bine, ce qui s'accorde avec les affirmations de Warnat ([4]), mais contredit celles de Hahn et Just ([5]) et celles de Janot ([6]).

Le yohimbène vrai, dont on trouve ici le spectrogramme U. V., est extrêmement différent de la pseudo-yohimbine à laquelle Janot, Goutarel et Amin ([7]) l'ont, à tort, identifié.

Quant à la β-yohimbine, si Janot et Goutarel ([8]) l'ont fait disparaître, à tort, de la liste des isomères de la yohimbine, c'est parce qu'ils l'ont confondue avec celle de Hahn que ce chimiste a reconnue pour un mélange.

AGRONOMIE. — *Sur la stérilisation du Blé par les hétéro-auxines désherbantes.* Note de MM. **Robert Longchamp**, **Michel Roy** et **Roger Gautheret**, présentée par M. Roger Heim.

L'ester éthylique de l'acide 2.4-dichlorophénoxyacétique employé au moment du gonflement détermine une stérilisation plus ou moins complète du Blé et provoque des chutes considérables de rendement.

Au cours des recherches que nous poursuivons depuis deux ans sur le désherbage des Céréales par les hétéro-auxines, nous avons constaté que ces substances déterminent diverses modifications de la morphogénèse du Blé. L'une des plus remarquables consiste en une stérilisation plus ou moins complète des épis qui prennent une forme effilée en quenouille, par suite de l'absence de grains dans leur partie supérieure.

Cette stérilité peut s'accompagner d'une disparition des pièces florales de telle sorte que le rachis est mis à nu (*voir* figure).

Ces phénomènes de stérilité pouvant se traduire par des baisses de rendement, nous avons pensé qu'il serait intéressant de préciser leur déterminisme et de rechercher les moyens de les éviter.

Cette étude a été faite, surtout, sur des Blés d'hiver (61 variétés) et sur quelques Blés de printemps. Les essais consistaient à traiter de petites parcelles (2 à 11,60 m^2) par diverses doses (0,5 à 10 kg : ha) de sel de sodium du 2.4-D, de M. C. P. A. et d'ester éthylique du 2.4-D. Les deux premiers produits étaient employés à l'état de solutions aqueuses et le dernier sous forme d'émulsions aqueuses. Les traitements furent réalisés à divers stades de développement des Céréales, allant du début de la germination jusqu'à l'épiaison.

([4]) *Ber. d. d. chem. Ges.*, 64, 1931, p. 1409.

([5]) *Ibid.*, 65, 1932, p. 714.

([6]) M. Janot in F. Lebeau, *Traité de pharmacie chimique*, 3e édit., Paris, 4, 1947, p. 3618.

([7]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 582.

([8]) *Bull. Soc. chim. Fr.*, 5e série, 16, 1949, p. 1509.

Ces expériences ont permis de constater que les phénomènes de stérilité se manifestent si la Céréale est traitée pendant la période qui s'étend du début du gonflement [1] jusqu'à l'épiaison. Cette période dure environ une dizaine de jours. L'importance des phénomènes de stérilité est sans rapport avec la sensibilité générale des Céréales à l'égard des hétéro-auxines. C'est ainsi que le Blé *Goldendrop* 184, qui possède une excellente résistance générale à l'égard du 2.4-D, présente des phénomènes de stérilité plus accentués que la variété *Bon Moulin* qui est cependant bien plus sensible.



Épis récoltés dans une parcelle de Blé Fylgia *ayant subi l'action d'ester éthylique du* 2-4 D *à une dose* (0,5 kg *à l'hectare*) *largement inférieure à celle prescrite par les fabricants* (0,8 kg *à* 1 kg *à l'hectare*).

Le traitement fut réalisé au moment du gonflement. On voit que le produit désherbant a stérilisé la partie supérieure des épis. Les épis ainsi endommagés étaient très nombreux et leur présence entraîna une perte de rendement égale à 19 %.

Parmi les trois produits essayés, c'est l'ester éthylique du 2.4-D qui possède de beaucoup le plus fort pouvoir stérilisant. Dans certains essais réalisés à Rethel (Ardennes) et à Ploudaniel (Finistère), nous avons obtenu une stérilisation presque totale en utilisant une dose d'ester de l'ordre de 10 kg : ha. Une dose de 5 kg provoqua la formation de 40 à 90 % d'épis stériles. Enfin, à la dose de 2 kg : ha, ce produit stérilisa encore 25 à 70 % des épis selon les variétés.

Nous n'avons pas fait agir de doses plus faibles sur les Blés d'hiver.

---

(1) Le gonflement correspond au moment où l'épi est suffisamment développé pour provoquer la dilatation de la gaîne dans laquelle il est contenu.

Mais quelques traitements réalisés sur Blé *Fylgia* à l'aide des doses préconisées par les fabricants de préparations à base d'ester (0,5 à 1 kg : ha) ont également produit des phénomènes de stérilité (*voir* figure) se traduisant par des chutes de rendement respectivement égales à 19 et 21,6 %. Les conditions climatiques réalisées au moment des traitements n'ont exercé aucune influence sur le pouvoir stérilisant de l'ester.

Le sel de sodium du 2.4-D provoqua également des phénomènes de stérilité, mais ceux-ci furent toujours extrêmement discrets; ils n'affectèrent qu'une proportion insignifiante des épis et se manifestèrent seulement à partir de doses de l'ordre de 5 kg : ha, même pour le Blé *Fylgia* qui est, cependant, très sensible aux hétéro-auxines désherbantes. Quant au M.C.P.A., son pouvoir stérilisant s'est montré légèrement inférieur à celui du 2.4-D lorsque l'on utilisait de faibles doses (2 kg : ha), mais fut, par contre, nettement plus accentué dans le cas de fortes doses (10 kg : ha).

Ainsi, l'ester éthylique du 2.4-D possède des propriétés stérilisantes vraiment spécifiques. Pour essayer de les expliquer, on doit tenir compte de sa grande liposolubilité et du fait que la période pendant laquelle il manifeste son pouvoir stérilisant correspond sensiblement à la méiose. En se basant sur ces données, on peut admettre qu'il s'introduirait rapidement dans les anthères et léserait les cellules-mères des grains de pollen par action directe.

Nos recherches suggèrent enfin des conclusions pratiques. Elles expliquent notamment que certains producteurs de Blé aient enregistré des chutes de rendement de 60 à 75 % en se servant de préparations à base d'ester ([2]).

PHYSIOLOGIE. — *Sur le mode d'action de l'apomorphine dans le traitement des alcooliques chroniques.* Note de M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. Robert Courrier.

Nos connaissances sur le mode d'action des médicaments utilisés dans le traitement de l'alcoolisme se précisent peu à peu, grâce à l'observation clinique doublée de l'expérimentation animale. Nous avons établi, en particulier, que le tétraéthylthiurame disulfure (T. T. D. ou disulfirame) agit essentiellement par surintoxication alcoolique accidentelle ou provoquée, le T. T. D. inhibant certains processus enzymatiques indispensables au catabolisme de l'alcool éthylique ([1]); on obtient de cette manière, dans les cas favorables, la suppression du désir conscient de boire, ce qui justifie le nom de « méthode d'interdiction » qui lui est parfois donnée.

([2]) Renseignement communiqué par l'Association Générale des Producteurs de Blé.

([1]) R. Lecoq, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 852.

A l'inverse, l'alcool glucosé hépatisé (administré par voie intraveineuse) modifie favorablement les perturbations humorales liées à l'intoxication de l'organisme, supprimant ainsi le « besoin » physiologique de boissons alcoolisées et les manifestations nerveuses caractéristiques de l'alcoolisme chronique ([2]). Également, l'association nicotinamide-adénine (par toutes les voies) et quelques autres facteurs enzymatiques interviennent en facilitant la destruction des produits intermédiaires du métabolisme alcoolique ([3]). Les traitements qui utilisent de telles médications sont à proprement parler des « méthodes de désintoxication ».

Le mode d'action de l'apomorphine se montre plus difficile à bien définir, parce que l'injection de cette substance paraît non seulement provoquer une surintoxication momentanée, d'ordinaire accompagnée de vomissement ([4]), mais encore jouir d'une action diencéphalique sédative qui peut entraîner, si elle est mise en œuvre pendant un temps suffisant, la suppression de la soif pathologique de l'alcoolique, en même temps que la correction de ses perturbations humorales ([5]). Dans ces conditions, on est en droit de se demander si l'apomorphine n'exerce pas, secondairement à son action vomitive, capable d'engendrer des réflexes conditionnés, une action de désintoxication effective. C'est pour résoudre cette question que nous avons entrepris les essais rapportés ci-après, qui utilisent des techniques que nous avions antérieurement établies.

Tout d'abord, nous nous sommes assuré que le lapin adulte de 2 kg environ supporte sans incident des injections de 1 cg de chlorhydrate d'apomorphine, tant par voie intramusculaire que par voie intraveineuse, celles-ci pouvant se succéder à 30 mn d'intervalle. Les résultats se sont montrés entièrement satisfaisants; il s'agissait pourtant de doses élevées, analogues à celles qu'on utilise chez l'Homme (fréquemment même, étant donné la susceptibilité de certains sujets, on ne met en œuvre chez l'Homme que des doses moindres, quand elles doivent être répétées et suivies d'absorption d'alcool).

Ensuite, nous avons reproduit expérimentalement les deux types d'intoxication alcoolique et pyruvique expérimentale que nous avions déjà proposés : d'une part, faisant absorber au lapin par voie buccale 50 cg de T. T. D., puis, injectant 1 h après par voie intraveineuse 20 cm³ d'alcool à 25°C en

---

([2]) R. LECOQ et L. BRUEL, *Bull. Sc. pharmacol.*, **47**, 1940, p. 1941; R. LECOQ, *C. R. Soc. Biol.*, **142**, 1948, p. 893; R. LECOQ, P. CHAUCHARD et H. MAZOUÉ, *Bull. Ac. Méd.*, **131**, 1947, p. 338.

([3]) R. LECOQ, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1061.

([4]) R. LECOQ, P. CHAUCHARD et H. MAZOUÉ, *Thérapie*, **4**, 1949, p. 182.

([5]) H. FELDMANN, *Contribution à la thérapeutique biologique de l'alcoolisme chronique*, Paris, 1950, p. 157, et J.-J. DENT, référence ([8]).

soluté glucosé isotonique ; d'autre part, injectant simplement par voie intraveineuse 25 cg de pyruvate de sodium, préparé par nos soins, selon la technique des *Organic syntheses* déjà décrite ([6]). Dans les deux cas, les animaux témoins succombèrent en 2 à 3 mn.

Enfin, nous avons repris ces expériences sur quatre lots de lapins, faisant précéder l'injection intraveineuse d'alcool ou de pyruvate de deux injections préalables de 1 cg de chlorhydrate d'apomorphine : l'une 30 mn et l'autre 3 mn avant, la première injection pouvant être intramusculaire et la seconde intraveineuse, ou encore toutes deux intramusculaires.

L'intoxication alcoolique conditionnée par l'absorption de T. T. D. s'est trouvée inhibée totalement par les deux injections préalables d'apomorphine, que celles-ci fussent intramusculaires ou intramusculaire et intraveineuse. Par contre, l'intoxication pyruvique réalisée selon notre protocole expérimental ne fut, en aucun cas, entravée. Ce tableau expérimental se rapproche assez de ce que nous avons observé après une double injection de cortisone ou d'acide ascorbique, mais n'atteint pas la protection qu'exerce l'association nicotinamide-adénine ou même la thiamine (en doses élevées), tant dans l'intoxication alcool-T.T.D. que dans l'intoxication pyruvique.

Ainsi, le chlorhydrate d'apomorphine exerce une action inhibitrice incontestable sur les effets nocifs de l'acétaldéhyde et de l'acide pyruvique ([7]), et autres produits intermédiaires du métabolisme perturbé de l'alcool éthylique. On ne saurait donc contester que l'apomorphine permette une désintoxication alcoolique vraie, bien que celle-ci reste inférieure dans le détail de ses manifestations à celle qui est obtenue avec l'association nicotinamide-adénine. D'ailleurs, son mécanisme n'apparaît pas clairement; on peut cependant supposer que l'apomorphine, qui s'oxyde aisément, met en œuvre par réaction couplée un processus d'oxydo-réduction.

Conclusions. — L'apomorphine, préconisée dans le traitement des alcooliques chroniques, n'intervient pas seulement par son action vomitive, capable d'instaurer des réflexes conditionnés plus ou moins durables, qui ne sont pas indispensables selon Dent ([8]), mais encore par une inhibition des effets toxiques des produits intermédiaires du métabolisme perturbé de l'alcool éthylique, manifestation évidente d'une désintoxication valable, encore inexpliquée dans son processus et moins active que celle obtenue avec le couple nicotinamide-adénine, qui permet la synthèse organique rapide des coenzymes.

([6]) R. Lecoq, *C. R. Soc. Biol.*, 145, 1951, p. 517.

([7]) R. Lecoq, *C. R. Soc. Biol.*, 10 novembre 1951.

([8]) *Brit. Journ. Addiction*, 42, 1950, n° 2 (discussion de l'article de A. Spenser Paterson).

BIOLOGIE. — *Le développement embryologique du système porte hypophysaire chez le Canard domestique.* Note (*) de M. IVAN ASSENMACHER, présentée par M. Robert Courrier.

Les veines portes hypophysaires dérivent de veinules pie-mériennes drainant primitivement le réseau capillaire de la région hypophysaire vers les ébauches des sinus caverneux, et dont la portion moyenne se trouve secondairement englobée dans l'ébauche préhypophysaire en croissance. Le courant sanguin à l'intérieur de ces vaisseaux est d'emblée descendant.

Depuis les travaux récents d'ordre morphologique (Green et Harris 1947, chez les Mammifères; Benoit et Assenmacher, 1950, 1951 chez les Oiseaux), et expérimentaux (Dawson, 1948; Harris, 1949), on tend à voir dans le système porte hypophysaire l'un des chaînons essentiels dans le mécanisme de commande du fonctionnement préhypophysaire par le système nerveux. Nous nous sommes attaché à l'étude du développement embryologique de cet important appareil vasculaire dans une espèce donnée, le Canard domestique.

Nos recherches ont porté sur des embryons de canards prélevés après 72, 84, 96, 108, 120 h (5 jours) d'incubation, puis de jour en jour jusqu'au 25ᵉ jour. Les régions hypophysaires, largement prélevées, furent fixées au Bouin, coupées en séries sagittales et horizontales, et colorées au trichromique de Masson au safran.

Le développement du système porte s'effectue comme il suit :

1. La vascularisation porte hypophysaire dérive de celle du mésenchyme péri-neural de la région hypophysaire. Avant l'apparition des premiers vaisseaux dans la pars distalis, au cours de la période qui précède le 7ᵉ jour de l'incubation, le mésenchyme péri-neural de la région hypophysaire est irrigué suivant les mêmes grandes lignes que celui des autres régions cérébrales : des artérioles issues des carotides internes, alimentent un réseau capillaire particulièrement dense à la surface du cerveau. Ces capillaires sont drainés par des veinules pie-mériennes vers les grandes veines cervico-céphaliques. Les veinules pie-mériennes se distinguent des capillaires par leur diamètre plus important et par un trajet plus régulier. Toutefois, dans la région hypophysaire, les veinules pie-mériennes confluent dès le 5ᵉ jour en de petits sinus veineux péri-hypophysaires, précurseurs des sinus caverneux (*fig.* 1).

2. Au 6ᵉ jour, la poche de Rathke donne naissance à des bourgeons parenchymateux qui se développent en direction radiaire vers la périphérie et dans le mésenchyme ambiant. Les terminaisons des bourgeons

(*) Séance du 19 décembre 1951.

préhypophysaires sont, dès le 7ᵉ jour, séparées les unes des autres par un stroma mésenchymateux. Les veinules pie-mériennes qui drainent dans cette région le réseau capillaire sus-infundibulaire et qui descendent dans le mésenchyme « pio-hypophysaire » vers les sinus veineux péri-hypophysaires sont, elles aussi, coincées par les bourgeons de croissance de l'ébauche préhypophysaire. *Les premiers vaisseaux* apparaissant dans la

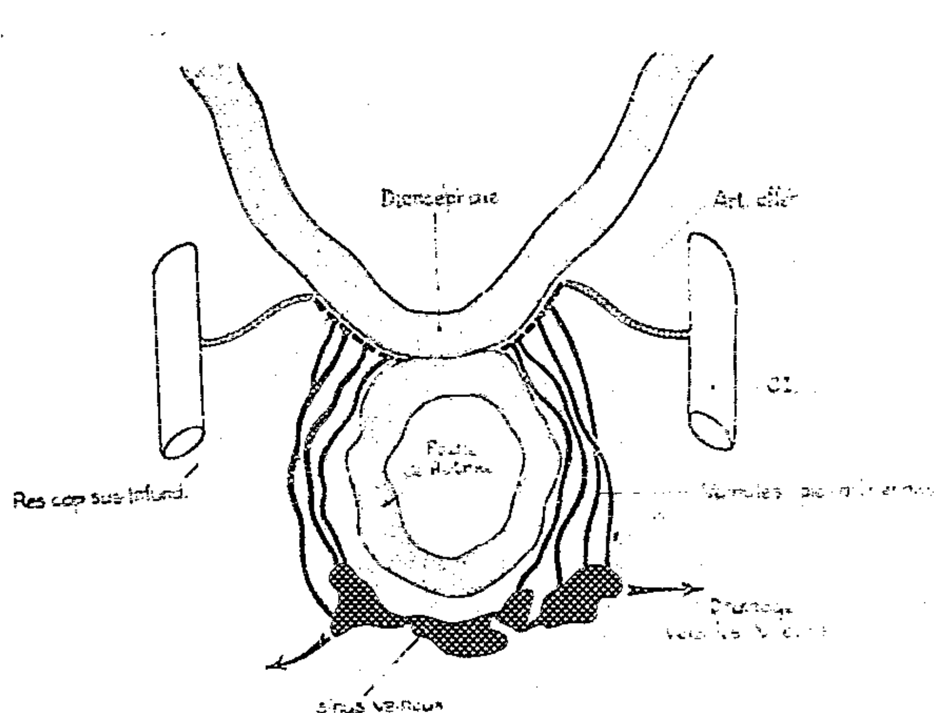


Fig. 1.

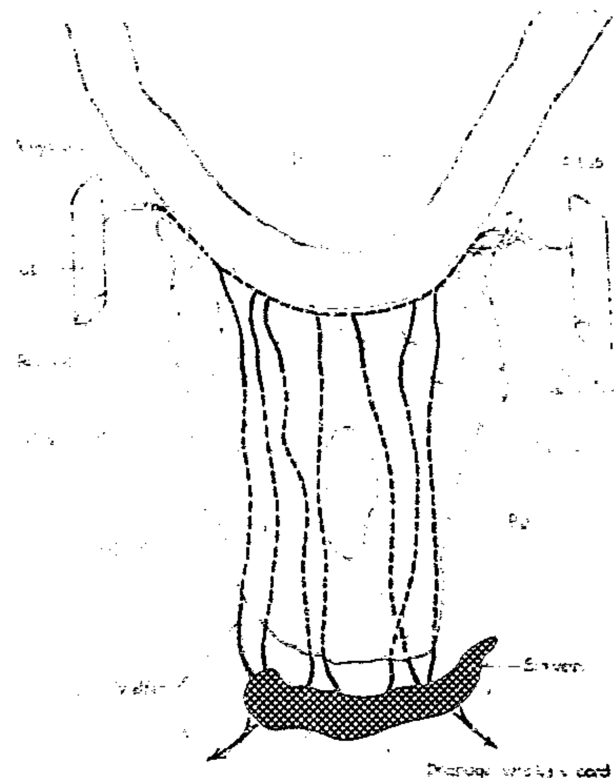


Fig. 2.

pars distalis sont donc des vaisseaux *veineux* hypothalamo-hypophysaires et le sens du courant sanguin dans ces veinules est d'emblée *descendant*. L'ensemble des veinules pie-mériennes, ainsi que le mésenchyme pio-hypophysaire qui les entoure et qui prolifère activement vers l'intérieur de la préhypophyse, est délimité latéralement par les lames tubérales latérales qui atteignent le diencéphale au 9ᵉ jour, recouvrant le réseau capillaire sus-infundibulaire et enrobant les artérioles afférentes de ce réseau (*fig.* 2).

3. Les segments *moyens* des veinules pie-mériennes hypophysaires qui sont emprisonnés dans la pars distalis se transforment vers le 10ᵉ jour en capillaires irréguliers et sinueux. De ce fait même, les segments *proximaux* de ces vaisseaux prennent la signification de veinules portes; les segments *distaux* se transforment en veinules efférentes drainant le sang préhypophysaire vers les sinus caverneux (*fig.* 2).

4. Du fait de la prolifération du mésenchyme pio-hypophysaire, l'espace inter-infundibulo-préhypophysaire s'accroît et les veines portes s'allongent. Dès le 14ᵉ jour leur nombre moyen atteint la valeur définitive de deux douzaines environ. Enfin les espaces arachnoïdiens, qui forment jusqu'au 15ᵉ jour un collier autour de la tige infundibulaire et de tout l'espace inter-infundibulo-préhypophysaire, s'insinuent secondairement en

avant de la tige infundibulaire et refoulent les veines portes en avant, groupant, à partir du 20e jour, la grande majorité de ces vaisseaux dans une formation conjonctivo-vasculo-parenchymateuse, le *tractus porto-tubéral*. Seules les « veines portes postérieures », drainant la partie postérieure du réseau capillaire tubéral, traversent individuellement l'espace arachnoïdien en arrière du tractus. Celui-ci se trouve ainsi, chez l'adulte, situé à quelque 2 mm en avant de la tige infundibulaire.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Cinétique de l'échange du phosphore radioactif dans les ribonucléotides du foie de Rat.* Note de MM. **Paul Boulanger, Jean Montreuil** et **Louis Masse**, présentée par M. Maurice Javillier.

La cinétique de l'incorporation du P^{32} dans les nucléotides ribonucléiques du foie de Rat révèle d'abord une labilité plus grande du radical phosphoryle des nucléotides pyrimidiques, puis dans un second temps, de l'acide adénylique; l'acide phosphorique des nucléotides guanyliques reste toujours le moins rapidement échangeable. Ces constatations sont en faveur de l'existence d'un « noyau » à prédominance guanylique dans les acides ribonucléiques.

Nous avons montré (1) que l'incorporation du phosphore radioactif s'effectue plus rapidement dans les nucléotides pyrimidiques que dans les nucléotides puriques des acides ribonucléiques du foie de Rat. Des résultats du même ordre ont été depuis obtenus par Davidson et ses collaborateurs (2), qui effectuent les mesures sur les nucléotides séparés par électrophorèse sur papier. Volkin et Carter (3), après fractionnement des nucléotides à l'aide d'une résine à échange d'ions, n'observent que de faibles différences entre les radioactivités des ribonucléotides; seul, l'acide adénylique paraît échanger son phosphore plus rapidement.

Les résultats que nous présentons apportent de nouvelles précisions sur les modalités de fixation du P^{32} dans les ribonucléotides.

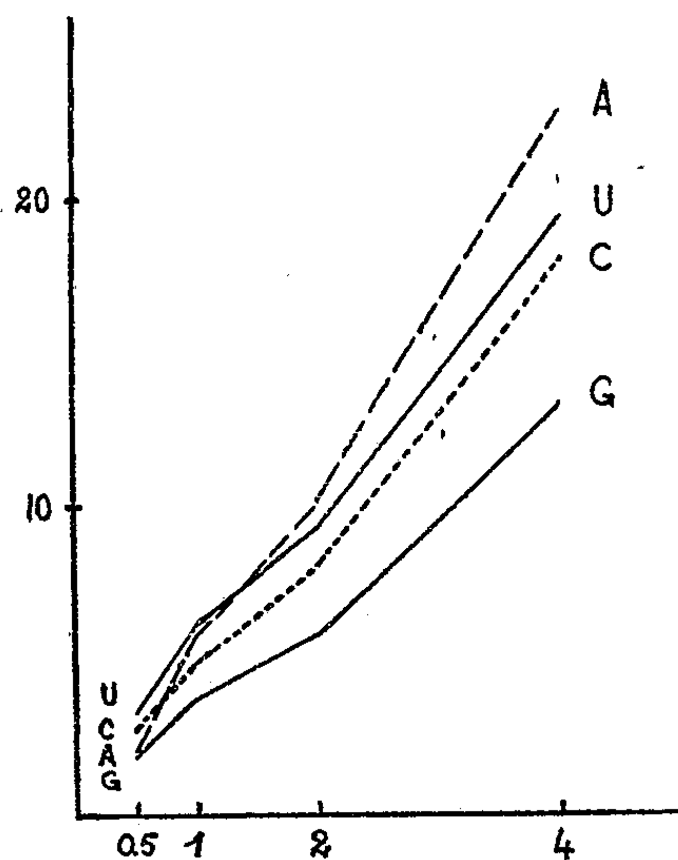
Mode opératoire. — Des rats sont sacrifiés à des temps variables (de 30 mn à 10 jours) après injection intra-péritonéale de phosphate isotopique. Les foies sont broyés et déféqués par l'acide trichloracétique à 10 %; le précipité est délipidé par un mélange alcool-éther (*v* : *v*), puis hydrolysé par la soude N/2 à 37°C. La solution est passée sur une colonne de résine à échange d'anions (Deacidite) qui retient les nucléotides; le développement sélectif est réalisé par l'acide formique à 1 % (acides adénylique et cytidylique), puis à 10 % (acides guanylique et uridylique). Après séparation chromatographique sur papier (4), on détermine la radioactivité spécifique de chaque nucléotide. Voici les résultats de l'une de nos séries d'expériences.

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1256.
(2) *Biochem. J.*, **49**, 1951, p. XV et XXXVI.
(3) *J. Amer. Chem. Soc.*, **73**, 1951, p. 1519.
(4) P. Boulanger et J. Montreuil, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **33**, 1951, p. 784 et 791.

Radioactivités spécifiques (en coups-minutes par mg de phosphore).

Temps écoulé après injection de P^{32}.	30 mn.	1 h.	2 h.	4 h.	24 h.	2 j.	5 j.	6 j.	8 j.	10 j.
Ac. uridylique..	3350	6150	9280	19300	38400	63300	72100	78700	45600	42270
» cytidylique.	2680	4980	8120	18040	28500	65300	78900	84800	50000	41900
» adénylique.	2117	5945	10010	22820	41300	64800	79800	84300	48200	41600
» guanylique.	1950	3770	5820	13350	27400	64800	76400	84400	49000	43700

Dans les 30 premières minutes, l'échange porte surtout sur les acides uridylique et cytidylique; puis la radioactivité de l'acide adénylique rattrape celle des nucléotides pyrimidiques et la dépasse dès la deuxième heure ([5]), tandis que pendant cette période, l'acide guanylique est beaucoup moins radioactif



Abscisses : Temps en heures.
Ordonnées : Radioactivité spécifique en milliers de coups-minutes par mg de phosphore.

que les trois autres nucléotides. A partir du second jour, les radioactivités spécifiques s'égalisent sensiblement; après un palier qui dure plusieurs jours, une diminution lente s'amorce (8e jour), mais l'activité de l'acide guanylique tend à rester plus élevée que celle des autres nucléotides. Les courbes schéma-

([5]) Dans la première série de nombres publiée ([1]), l'acide adénylique apparaît encore à la deuxième heure moins radioactif que les autres nucléotides. Cette discordance s'explique par le perfectionnement de notre technique de préparation des solutions à chromatographier par passage préalable sur échangeurs d'ions; on élimine ainsi des substances polypeptidiques gênant l'isolement de l'acide adénylique lors de la chromatographie; les résultats sont très supérieurs; nous en avons vérifié l'exactitude et la constance.

tisent la première phase du phénomène, qui est la plus rapide et la plus caractéristique.

Cette étude révèle surtout le comportement spécial de l'acide guanylique, dont le radical phosphoryle apparaît le moins labile. Ainsi s'affirme la notion d'un noyau purique et plus spécialement guanylique, qui ressortait déjà de l'étude des produits d'hydrolyse partielle chimique et enzymatique des acides ribonucléiques. Le second des schémas proposés par Magasanik et Chargaff (6) (une chaîne principale polyguanylique sur laquelle se greffent des chaînes latérales où prédominent les nucléotides pyrimidiques) cadre assez bien avec l'ensemble des résultats expérimentaux.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Recherches sur la participation individuelle des acides acétique et butyrique à la lipogenèse chez la Vache laitière.* Note de M. **Zelmen Zelter**, présentée par M. Maurice Javillier.

Une première Communication (1) concluait en faveur d'une participation des acides acétique et butyrique associés à la lipogenèse chez la Vache en lactation, mais ne confirmait pas l'hypothèse de l'intervention de l'acide acétique seul dans ce phénomène (2). Pour élucider ce problème, nous avons soumis, en hiver 1951, lors des périodes de pré-expérience et de post-expérience, deux groupes de cinq vaches à un régime de référence équilibré, ne contenant que des traces d'acides gras volatils. Durant les périodes expérimentales, il a été incorporé à ce régime : pour le groupe A, de l'acétate de calcium et pour le groupe B, d'abord du butyrate seul, puis cette même substance associée soit à du pyruvate, soit à de l'acétate de calcium. Des mesures quotidiennes des sécrétions individuelles de lait et des dosages de matières grasses de celui-ci ont été effectués.

L'expérience a été conduite selon la méthode de « périodes successives », utilisée fréquemment par Kellner et Kühn (3). Cependant, nous avons préféré recourir à une régression exponentielle (4) de la lactation, au lieu de se servir de la régression linéaire adoptée par ces auteurs, pour effectuer le calcul des productions théoriques qui, normalement, auraient dû être observées si le régime de référence n'avait pas été modifié pendant les périodes expérimentales.

---

(6) *Biochim. Biophys. Acta*, 7, 1951, p. 396.

(1) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1574. Dans le texte de cette Note, *lire* à la 16e ligne + 1,2 *au lieu de* — 1,2.

(2) Rittenberg et Bloch, *J. Biol. Chem.*, 160, 1945, p. 417.

(3) H. Møllgaard, *Gründzüge der Ernährungsphys. der Haustier*, 1931, p. 309-311.

(4) Leroy, Poly et Delage, *Annales de Zootechnie* (à paraître).

Les écarts enregistrés entre les rendements théoriques ainsi calculés et ceux réellement observés, traduisent l'effet produit par l'absorption des substances introduites dans le régime.

Essai III (Hiver 1951) *avec deux groupes de cinq sujets.*

Groupe A.

Période	Préexpérience.		Expérience.		Post-expérience.	
Durée en jours	18		36		18	
Régime	Référence		Référence + acétate		Référence	
Lipides digestibles dans le régime quotidien (g).	360		350		351	
Acide acétique ingéré (g)	Traces		282		Traces	
	Lait.	Mat. gras.	Lait.	Mat. gras.	Lait.	Mat. gras.
Écarts entre les productions théoriques et les productions réelles (%)	−0,50	−0,40	+3,09	+3,19	−0,10	+0,50
Teneur du lait en lipides (°/₀₀)	32,4		33,2		33,9	

Groupe B.

Période	Préexpérience.		Expérience. 1.		Expérience. 2.		Expérience. 3.		Post-expérience.	
Durée en jours	18		21		12		18		12	
Régime	Référence		Référence + butyrate		Référence + butyrate + pyruvate		Référence + butyrate + acétate		Référence	
Lipides digestibles dans le régime quotidien (g)	342		343		328		331		322	
Acide butyrique ingéré (g)	Traces		300		300		150		Traces	
Acide pyruvique ingéré (g)	»		Traces		100		Traces		»	
Acide acétique ingéré (g)	»		»		Traces		141		»	
	Lait.	Mat. gras.	Lait	Mat. gras.	Lait	Mat. gras.	Lait.	Mat. gras.	Lait	Mat. gras.
Écarts entre les productions théoriques et les productions réelles (%)	−0,10	−0,20	+0,06	−0,99	+2,39	+2,10	+3,63	+3,46	+0,37	−0,21
Teneur du lait en lipides (°/₀₀)	30,8		30,9		31,7		32,4		32,3	

Le tableau contenant les écarts relatifs observés fait ressortir que l'ingestion d'acide butyrique ne provoque pas de changements significatifs dans les quantités totales de lipides élaborées par la mamelle (— 0,99 %). L'absorption simultanée d'acides butyrique et pyruvique stimule, par contre, légèrement la synthèse des matières grasses (+ 2,10 %), qui est particulièrement favorisée

lorsque l'on fait ingérer à la vache un mélange d'acides butyrique et acétique (+ 3,46 %). Mais la présence dans le régime de référence d'acide acétique seul produit un effet sensiblement analogue (+ 3,19 %).

Nos données constituent donc une preuve favorable à l'hypothèse de la participation du seul acide acétique au travail lipogénétique de la glande mammaire. La réalité d'un accroissement de la synthèse des matières grasses consécutive à une ingestion d'acide acétique se traduit plutôt par une augmentation du volume de lait sécrété que par une élévation du taux lipidique de celui-ci, taux qui constitue un caractère génétique dont « l'héritabilité » est très élevée (5), (6).

CHIRURGIE. — *Le principe expérimental de l'anaphylaxie dans la maladie post-opératoire.* Note (*) de MM. **Pierre Brocq** et **Théodore Stéphanopoli**, présentée par M. René Leriche.

L'état de sensibilisation qui prélude au choc opératoire résulte d'un déséquilibre métabolique et électronique du sang. Une première phase de réparation sanguine a profondément modifié la distribution du fer ionisé pour les besoins de synthèse. Un second effort de régénération entraîne une chute de la charge électrique des globulins et déclenche l'anaphylaxie en provoquant l'agglutination de ces éléments à l'état naissant.

Une des formes les mieux étudiées des phénomènes d'anaphylaxie, que l'expérimentation permet de réaliser chez l'animal sans injection de substance étrangère ou toxique, et en laquelle s'intègre la physiopathologie de la *maladie post-opératoire*, est le *choc hémorragique* (1). L'organisme réagit sous deux aspects successifs qui se caractérisent par la production de principes humoraux bien distincts; l'un de ceux-ci, élaboré par le foie et représentatif de la phase terminale du choc, semble s'identifier avec la *ferritine*. Ces principes, dits *vasotropes*, agissent électivement sur la motricité des artérioles précapillaires; leur existence dans la circulation générale est susceptible de rendre compte des réactions vasculaires, réversibles ou non réversibles. Ils exercent une action fonctionnelle qui est sous la dépendance toujours manifeste d'un métabolisme *anaérobie*.

De fait, l'agression chirurgicale, surtout avec anesthésie, tend à réduire le pouvoir oxyphorique du sang et la « réaction d'alarme » dénonce un état d'hyposphyxie. Comment est amorcé le trouble sanguin dont l'embolie

(5) Lush, *J. Dair. Sci.*, 25, 1942, p. 975-982.

(6) Johanson J. Uksakad, *Tidskr. Arg.*, 76, 1947.

(*) Séance du 21 janvier 1952.

(1) E. Shorr, B. W. Zweifach, R. F. Furchgott et S. Baez, *Circulation*, 3, 1951, p. 42-79.

sera la révélation soudaine et qui, sous toutes les formes de choc, avec plus ou moins d'éclat, s'objective par des agglutinats de plaquettes sanguines ? La dispersion de ces corpuscules à l'état normal est assurée par une charge électrique qui, en la circonstance, se montre insuffisante et il y a lieu de rechercher la cause du brusque déséquilibre dans le métabolisme sanguin, dont la mobilisation de substances de réserves comme la *ferritine* indique l'orientation vitale.

A toute réduction expérimentale de la masse du sang circulant, le système circulatoire oppose, de façon remarquable, une reproduction accélérée des éléments figurés et une anisocytose très significative de l'*afflux intravasculaire de globules de nouvelle formation.* Simultanément, la *sidérémie s'abaisse* ([2]). La poussée des réticulocytes est observée à une ou deux reprises, en même temps que s'accentue le déficit du fer sérique. Mais, tandis que la réticulocytose s'arrête, étant assez brève, le taux du fer mobilisable reste bas, avec quelques fluctuations, pendant toute la durée de la réparation sanguine, que nous voyons se compléter par le développement d'une microcythémie ([3]). La synthèse de l'hémoglobine se poursuit dans la circulation générale avec la multiplication de petites hématies dont la poussée suit la « crise hématoblastique », en conformité avec les descriptions de Hayem; l'hyposidérémie apparaît clairement comme étant la conséquence d'une assimilation directe et continuelle du fer disponible par les hématoblastes en évolution. Nous avons montré que ces globulins se forment à la faveur d'un bourgeonnement des Érythrocytes adultes ([3]) : ils s'identifient aux bourgeons érythrocytaires qui, primitivement incolores, accomplissent leur maturation hémoglobinique et deviennent des microcytes au contact de l'oxygène de l'air.

Une augmentation des thromboses est aujourd'hui signalée en un parallèle saisissant avec les progrès de la thérapeutique. Les perfusions préopératoires, certaines injections intraveineuses, les traitements antibiotiques sont incriminés. Étant donné la vulnérabilité des éléments évolutifs du sang, dont nous savons, désormais, outre la tendance à l'agglutination, l'origine et la résurgence à l'état naissant dans les vaisseaux, il nous est aisé de concevoir les perturbations hémo et cardio-vasculaires qui peuvent résulter de l'intervention de facteurs très variés et, en dernière analyse, d'un trouble du métabolisme du fer.

Libre ou ionisé, présentant deux ou trois électrons mobilisables et encore apte à s'unir à l'oxygène moléculaire sans changer d'électrovalence, étant hexacoordinable, le fer plasmatique, comme le fer uni au noyau tétra-

---

([2]) G. HEMMELER, *Métabolisme du fer*, Préface de M. POLONOWSKI, 1951. Masson, Paris.

([3]) P. BROCQ et TH. STÉPHANOPOLI, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 325 et 1314; *Le Sang*, Notes I-III (microphotographies); 1951, n° **8**, p. 847-855.

pyrrolique dans l'hémoglobine, est notoirement prédisposé au rôle de transporteur d'électrons. De sa concentration dans l'appareil vasculaire dépend l'équilibre électronique et la fluidité de la masse circulante, surtout si, selon nous, les globules les plus instables du sang, globulins et jeunes hématies, ont un potentiel positif en rapport avec la richesse de leurs enzymes hématiniques et leur pouvoir d'assimilation du fer métabole.

Une personne en apparence de santé subit un traumatisme qui entraîne une hémorragie unique ou répétée, puis elle est soumise, après quelques jours, une décade ou deux, à une opération chirurgicale qui est cause, derechef, d'une active régénération sanguine. L'organisme avait subitement entamé, dans la phase antérieure de réparation, ses réserves ferriques et autres; il avait déjà alerté les centres de transmissions neuro-humorales qui commandent aux systèmes de défense et à toute la vaso-motricité : Il était *sensibilisé*. Bientôt et la réparation n'étant pas achevée, une *agression nouvelle*, par ses effets interférents : anoxémie, crises réticulocytaire, hémato-blastique et microcytaire, déficit martial, production d'agglutinats et libération excessive d'histamine, de globulines, de ferments protéolytiques (dont le fibrin-ferment), corps ou « anti-corps » de nature à irriter les parois vasculaires et ainsi générateurs de spasme ou de stase, *déclenche le choc*.

L'expérience établit qu'un même facteur, une première fois *sensibilisant* et une seconde fois *déchaînant*, est responsable de l'apparition de l'état d'anaphylaxie chez un sujet normal. Dans la maladie post-opératoire, l'embolie éclate par l'enchaînement fonctionnel d'actes excessifs de métabolisme qui perturbent la régénération du sang.

La séance est levée à 15 h 55 mn.

R. C.

ERRATA.

—

(*Comptes rendus* du 3 décembre 1951.)

Note présentée le 26 novembre 1951, de M. *Raymond Chastel*, Phototripartition du carbone 12 sous l'action de la raie γ de 17,6 MeV du lithium bombardé par les protons :

Dans cette Note il convient de modifier l'expression liant Φ_{ik} et Ψ_{ik}, la formule correcte est

$$\operatorname{tg} \Phi_{ik} = \frac{2 \rho V \sin \Psi_{ik}}{\rho^2 - V^2}.$$

M. F. K. Goward de l'A. E. R. E., Harwell (Angleterre) me l'a aimablement signalé. Ceci ne modifie toutefois en aucune façon les diverses conclusions générales de cette Note; en particulier le diagramme triangulaire (*fig.* 1) est obtenu à partir des résultats expérimentaux sans aucune transformation ou interprétation.

(*Comptes rendus* du 19 décembre 1951.)

Note présentée le même jour, de M. *Marc Simonet*, Sur la méiose de quelques hybrides d'Iris *Apogon*. I. Hybrides *Sibiricæ*, *Chrysographes*, *Californicæ* et *Setosæ* :

Page 1666, 19e ligne, *au lieu de* $4_{11} + 3_{11}$, *lire* $4_{11} + 3 1_{1}$.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 FÉVRIER 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Ion Carstoiu**, Professeur à l'Université Johns Hopkins (Baltimore MD), qui assiste à la séance.

ZOOLOGIE. — *Un facteur de la variabilité chez les Rotifères du genre* Brachionus. Note de M. **Paul de Beauchamp**.

Chez les Rotifères, des genres *Brachionus* et *Keratella* (*Anuraea*) en particulier, il existe on le sait une variation intraspécifique considérable portant sur les épines de la lorica; les épines inférieures (lombaires) peuvent varier dans la même lignée de zéro à une longueur supérieure à celle du reste; dans la nature leur développement peut être saisonnier, comme pour d'autres formes d'eau douce. Ses conditions, très étudiées, ne sont pas élucidées. Je leur ai consacré autrefois deux Notes ici même (1). Je viens de constater à cet égard des faits assez inattendus, concernant une des espèces les plus banales et les plus variables, *Brachionus pala* Ehrbg. (*calyciflorus* Pall.).

La souche en expérience provient d'un individu des petits bassins du Laboratoire d'Évolution des Êtres organisés où l'espèce apparaît quelques jours au printemps sous la forme type sans épines lombaires que j'appellerai ici *inerme*. Elle est nourrie d'une *Chlorella* cultivée sur simple décoction de terreau horticole; cultures pour l'instant impures et renfermant maints autres Protistes. Température voisine de 20° sauf mention contraire.

Comme d'autres auteurs (*voir* notamment Mme Ruttner-Kolisko (2) j'avais toujours constaté que les formes naturelles à épines longues ne sont pas cultivables : à la même température et avec une nourriture suffisante elles les perdent plus ou moins complè-

---

(1) P. de Beauchamp, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1207 et 1290. *Voir* aussi *C. R. Soc. Biol.*, 125, 1937, p. 445 et 446.

(2) A. Ruttner-Kolisko, *Hydrobiologia*, 1, 1949, p. 425 (bibliographie).

tement en quelques générations (il est entendu que tout changement ne concerne pas un seul individu, dont la forme est fixée à l'éclosion, et qu'il s'agit des rejetons issus de lui, par parthénogenèse). D'autre part, bien que dans les cultures et dans la nature on puisse observer assez longtemps la forme inerme seule, le plus souvent elle s'y trouve en équilibre avec une forme à épines plus ou moins courtes, les deux s'engendrant mutuellement, et l'équilibre est déplaçable par diverses actions du milieu ou un simple changement brusque de celui-ci (*voir* mes Notes citées). Pour décrire les variations de grande étendue appréciées sur les animaux vivants, je me bornerai ici à distinguer des sujets (à prolongements lombaires) *courts* quand leur longueur n'atteint pas la moitié de la distance entre leur base et celle des épines supérieures (nucales), *longs* quand ils la dépassent, et parfois cette distance elle-même. En ajoutant *assez* et *très*, on obtient les 7 classes du tableau suivant, y compris les inermes... Chez les « longs » et « très longs » les épines flanquant le pied sont aussi développées.

Durant le dernier été je trouvai dans certaines cultures des individus de ce type que je n'y avais jamais obtenus, et en proportion considérable; je pus y mettre en évidence le facteur déterminant cet allongement. Quant à son origine, je devais la découvrir un peu plus tard dans mes cultures d'un Rotifère carnassier, *Asplanchna brightwelli* Gosse, décrites dans un travail récent ([3]). Je les nourris de Paramécies prises dans des macérations végétales, mais aussi de Brachions.

Or, dans toute culture, quel qu'en soit le volume, de *Brachionus pala* qui renferme des *Asplanchna* de cette souche, les épines croissent automatiquement jusqu'au stade long ou très long. Le résultat est vite constaté, les générations se suivant de 24 h au-dessus de 20° (j'ai d'ailleurs obtenu le résultat à 12° et dans des cultures mal nourries); on trouve au bout de 2 ou 3 jours une forte proportion de jeunes longs près des parents inermes ou courts, puis exclusivement des longs. Il faut souvent limiter la multiplication des *Asplanchna* pour éviter une extermination précoce. Mais si tous les *Brachionus* ont eu le temps de devenir longs, ils ne sont plus engloutis que très difficilement par le prédateur et subsistent près de lui, parfois lui survivent : la réaction est ici manifestement adaptative (dans la nature l'*Asplanchna* comme les *Brachionus* longs ne se trouvent que dans les mois chauds). Je donne le dénombrement d'une seule expérience, où une culture de *Brachionus* a été répartie le 19 nov. dans des cupules de 2 cm^3 et fixée le 24.

	Total.	*in.*	*tc.*	*c.*	*ac.*	*al.*	*l.*	*tl.*
Culture fixée au début	158	131	20	7	–	–	–	–
Témoin sans *Asplanchna*	102	72	19	9	2	–	–	–
Avec un *Asplanchna* culture sur *Brachionus pala*	161	1	1	1	4	33	110	11
Avec un *Asplanchna* culture sur Paramécies.	58	11	2	3	5	10	16	11

(La dernière n'a été faite que le 22 par dédoublement du Témoin et les *Asplanchna* en excès n'ont pas été enlevées, d'où moindre nombre de *Brachionus*.

([3]) P. de Beauchamp, *Bull. biol. France et Belgique*, 85, p. 137.

Les *Asplanchna* agissent sur les *Brachionus pala* par un facteur (sur lequel je ne formule pour l'instant aucune hypothèse) diffusé dans le liquide; séparé d'elles celui-ci agit de la même façon, qu'il vienne d'une culture sur *Brachionus pala* ou d'une macération à Paramécies (qui n'est pas active par elle-même). Mais dans ce liquide les *Brachionus* finissent par reperdre les épines au bout d'un temps variable, parfois plusieurs semaines, et assez irrégulièrement (beaucoup plus vite si on les replace en milieu ordinaire).

Si l'on dessèche 4 ou 5 *Asplanchna* dans une cellule, puis y introduit de l'eau bouillie, un *Brachionus pala* et des Chlorelles, les premiers œufs élaborés dans ces conditions donnent des longs, ou des courts qui en fourniront.

Le facteur résiste donc à la dessiccation (au moins 7 jours). Il résiste même à l'ébullition quelques secondes, mais non quelques minutes. Le liquide traversant par capillarité une bande de papier filtre de 2 ou 3 cm, les premières portions passées ne sont pas actives, les suivantes le deviennent.

Je ne prétends pas révéler ici la cause unique de la production des épines chez les Brachions et autres. Il peut y avoir plusieurs facteurs et le nôtre peut avoir plusieurs origines; sans doute les populations comprenant des courts en renferment-elles un plus faible. Et toutes les races de la même espèce ne réagiront pas de même : une autre souche de *pala*, issue d'un inerme pris en novembre dans une station peu éloignée de la première (Jardin du Luxembourg) réagit incontestablement en donnant des épines à tous les exemplaires, mais qui ne dépassent pas jusqu'à présent le stade « assez court » (bien qu'il existe l'été dans ce bassin des longs avec des Aspl.). Dans ce cas la valeur défensive paraît faible. Quoiqu'il en soit l'existence du facteur diffusible d'allongement des épines produit ou véhiculé par les *Asplanchna* est bien démontrée.

M. **Gaston Dupouy** dépose sur le Bureau de l'Académie un livre dont il est l'auteur, intitulé : *Éléments d'optique électronique*.

M. **Georges Guillain** fait hommage à l'Académie des Ouvrages suivants dont il est l'auteur : *Travaux neurologiques de guerre*, en collaboration avec M. J.-A. Barré. — *Technique de la réaction du benjoin colloïdal*, en collaboration avec MM. Guy Laroche et P. Lechelle. — *Études neurologiques*, troisième série, quatrième série, en collaboration avec M. Théophile Alajouanine, cinquième série, sixième série, septième série, en collaboration avec M. Pierre Mollaret, huitième série. — *Les gliomes infiltrés du tronc cérébral*, en collaboration avec MM. Ivan Bertrand et Jean Grunër.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Roger Heim** :

Encyclopédie mycologique. XVII. *Phytopathologie des pays chauds*, par L. Roger. Tome I.

COMMISSIONS.

Le scrutin pour la nomination des Commissions de prix de 1952, ouvert en la séance du 28 janvier, est clos en celle du 4 février.

56 cahiers de vote ont été déposés.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

I. MATHÉMATIQUES : *Prix Carrière, Victor Thébault, Leonard Eugene Dickson.* — MM. J. Hadamard, Ém. Borel, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel, A. Denjoy, J. Pérès, N....

II. MÉCANIQUE : *Prix Montyon, Henri de Parville.* — MM. Ém. Borel, A. de Gramont, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia A. Caquot, J. Pérès, E. Vessiot, H. Beghin, M. Roy.

III. ASTRONOMIE : *Prix Damoiseau, J.-C. Janssen.* — MM. E. Esclangon, Ch. Maurain, L. de Broglie, G. Fayet, L. Picart, J. Chazy, P. Montel, B. Lyot, J. Cabannes, A. Danjon.

IV. GÉOGRAPHIE : *Prix Binoux, Aimé Laussedat.* — MM. Ch. Maurain, J. Tilho, L. de Broglie, G. Durand-Viel, A. Chevalier, É.-G. Barrillon, Em. de Martonne, R. Courrier, D. Cot, G. Poivilliers, H. Humbert.

V. NAVIGATION : *Prix Plumey.* — MM. Ém. Borel, M. de Broglie, H. Villat, J. Tilho, L. de Broglie, G. Julia, A. Caquot, G. Durand-Viel, É.-G. Barrillon, J. Pérès, Em. de Martonne, E. Vessiot, H. Beghin, D. Cot, G. Poivilliers, M. Roy.

VI. PHYSIQUE : *Prix Gaston Planté, Hugues, Général Ferrié.* — M. de Broglie, Ch. Maurain, A. de Gramont, L. de Broglie, Ch. Mauguin, C. Gutton, F. Joliot, J. Becquerel, J. Cabannes, G. Ribaud, L. Leprince-Ringuet, E. Darmois.

VII. CHIMIE : *Prix Montyon des Arts insalubres, L. La Caze, Paul Marguerite de La Charlonie, Médaille Berthelot, prix Émile Jungfleisch* — MM. G. Bertrand, M. Delépine, M. Javillier, P. Lebeau, J. Duclaux, P. Jolibois, R. Courrier, L. Hackspill, P. Pascal, Ch. Dufraisse.

VIII. MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE : *Prix Joseph Labbé, Carrière, Fondation Lucien Cayeux.* — MM. M. Caullery, Ch. Jacob, Ch. Mauguin, F. Grandjean,

Em. de Margerie, P. Jolibois, R. Courrier, A. Michel-Lévy, A. Demolon, P. Fallot.

IX. Botanique : *Prix Desmazières, Foulon.* — MM. G. Bertrand, L. Blaringhem, A. Chevalier, Em. de Martonne, G. Ramon, R. Souèges, R. Courrier, R. Heim, R. Combes, H. Humbert.

X. Économie rurale : *Prix Foulon, Mme Albert Demolon.* — MM. Em. Leclainche, G. Bertrand, L. Blaringhem, L. Lapicque, M. Javillier, A. Chevalier, R. Courrier, A. Demolon, A. Mayer, N...

XI. Anatomie et Zoologie : *Prix Cuvier, Savigny, Foulon.* — MM. M. Caullery, Ch. Pérez, P. Portier, É. Roubaud, P. Wintrebert, L. Fage, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, P.-P. Grassé.

XII. Médecine et Chirurgie : *Prix Montyon, Bréant, baron Larrey, Jean Dagnan-Bouveret.* — MM. Em. Leclainche, L. Lapicque, P. Portier, E. Sergent, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, Ch. Laubry, R. Leriche, A. Lacassagne, G. Guillain, N....

XIII. Cancer et Tuberculose : *Prix Roberge, Banot-Faynot, fondation Roy-Vaucouloux, prix Marie Léon-Houry.* — MM. M. Caullery, L. Lapicque, J. Jolly, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, Ch. Laubry, A. Lacassagne.

XIV. Physiologie : *Prix Montyon, Fanny Emden* — MM. M. Caullery, L. Lapicque, P. Portier, J. Jolly, L. Binet, G. Ramon R. Courrier, P.-P. Grassé.

XV. Applications de la Science a l'Industrie : *Prix Trémont.* — MM. L. de Broglie, R. Esnault-Pelterie, E.-G. Barrillon, A. Portevin, A. Pérard, G. Ramon, R. Courrier, P. Chevenard, R. Barthélemy, G. Darrieus, H. Parodi.

XVI. Statistique : *Prix Montyon.* — MM. Ém. Borel, L. Blaringhem, Ch. Maurain, H. Villat, L. de Broglie, J. Chazy, P. Montel, A. Denjoy, R. Courrier.

XVII. Ouvrages de sciences : *Prix Henri de Parville.* — MM. A. Caquot, A. Chevalier, L. de Broglie, R. Courrier et trois membres élus : MM. É. Borel, M. Caullery, M. de Broglie.

XVIII. *Médailles Lavoisier, Henri Poincaré.* — MM. A. Caquot, A. Chevalier, L. de Broglie, R. Courrier.

XIX. *Prix Gegner, d'Aumale, Charles-Louis de Saulses de Freycinet, Mme Victor Noury, fonds des Laboratoires, fondations Barbier-Muret, Cassé-Fleury, Gibou, Alexandre Darracq, Leroy-Drouault, Octave Mirbeau.* — MM. A. Caquot, A. Chevalier, L. de Broglie, R. Courrier; É. Borel, G. Bertrand.

XX. *Prix fondé par l'État* (GRAND PRIX DES SCIENCES MATHÉMATIQUES). — MM. É. Borel, A. de Gramont, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel, É.-G. Barrillon, A. Pérard.

XXI. *Prix Bordin* (SCIENCES MATHÉMATIQUES). — MM. É. Borel, Ch. Maurain, A. de Gramont, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, P. Montel, A. Portevin.

XXII. *Prix Vaillant* (SCIENCES PHYSIQUES). — MM. M. Caullery, L. Blaringhem, M. Delépine, Lebeau, A. Chevalier, L. Binet, A. Portevin, R. Courrier.

XXIII. *Prix Saintour* (SCIENCES MATHÉMATIQUES). — MM. É. Borel, Ch. Maurain, A. de Gramont, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, P. Montel, É.-G. Barrillon.

XXIV. *Prix Jules Mahyer* (SCIENCES PHYSIQUES) — MM. M. Caullery, L. Blaringhem, A. Chevalier, L. Fage, L. Binet, A. Portevin, R. Courrier, R. Heim.

XXV. *Prix Aimé Berthé* (SCIENCES MATHÉMATIQUES). — MM. É. Borel; Ch. Maurain, A. de Gramont, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, P. Montel, É.-G. Barrillon.

XXVI. *Prix Lonchampt.* — MM. E. Leclainche, G. Bertrand, M. Caullery, M. Delépine, M. Javillier, A. Chevalier, L. Binet, R. Courrier.

XXVII. *Prix Millet-Ronssin.* — MM. R. Courrier, Ch. Jacob, Ch. Mauguin; A. Chevalier, R. Souèges; É. Roubaud, L. Fage.

XXVIII. *Prix Général Muteau, Paul Gallet.* — MM. É. Borel, L. de Broglie, G. Julia, A. Caquot, G. Durand-Viel, J. Chazy, P. Montel É.-G. Barrillon.

XXIX. *Prix Laura Mounier de Saridakis.* — MM. A. Caquot, L. de Broglie, R. Courrier; J. Cabannes, G. Ribaud; G. Bertrand, P. Lebeau; P. Portier, L. Binet.

XXX. *Prix Dechelle* (SCIENCES PHYSIQUES). — MM. G. Bertrand, M. Caullery, Ch. Jacob, M. Javillier, A. Portevin, G. Ramon, R. Courrier R. Heim.

CORRESPONDANCE.

M. **Paul Lévy** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Géométrie, par le décès de M. *Élie Cartan*.

M. **Clément Bressou** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'Économie rurale, par le décès de M. *Émile Schribaux*.

M. **Pierre Thionet** adresse des remercîments pour la distinction accordée à ses travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Traité d'électricité théorique*. Tome I. *Électrostatique*, par Marc Jouguet.

2° Comité national français de Géodésie et Géophysique. Année 1946. *Compte rendu publié par le Secrétaire général* Pierre Tardi.

3° *Comptes rendus du Comité national français de Géodésie et Géophysique*. Année 1947. — Années 1948 et 1949. — Publiés par le Secrétaire général Pierre Tardi.

4° Collection de logique mathématique. Série A. II. *Leçons de logique algébrique*, par Haskell B. Curry.

5° Societas scientiarum islandica. *The Eruption of Hekla*, 1947-1948, edited by T. Einarsson, G. Kjartansson, S. Porarinsson. II, 4; V, 2.

6° Union internationale pour la protection de la nature. *Bulletin d'information*. Vol. I, n° 1.

7° *Science of Light. Reports of Institute for Optical Research (Tokyo)*, Vol. 1, n°s 1, 2.

ALGÈBRE. — *Une généralisation du théorème d'Engel.* Note de M. **Nathan Jacobson**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Dans cette Note nous obtenons un théorème sur les systèmes d'éléments nilpotents dans un anneau associatif. Ce résultat généralise à la fois le théorème d'Engel sur les algèbres de Lie de transformations linéaires, et son analogue, dû à Albert, pour les algèbres de Jordan. D'ailleurs il contient plusieurs autres cas intéressants.

Définitions. — Soit $\mathfrak{A}$ un anneau associatif avec un domaine d'opérateurs Φ qui commutent deux à deux. Un sous-ensemble $\mathfrak{X}$ de $\mathfrak{A}$ s'appellera *faiblement*

fermé (f. f.) si pour chaque couple a, $b \in \mathfrak{A}$ il existe un élément $\gamma(a, b) \in \Phi$ tel que $ab + \gamma(a, b)\, ba \in \mathfrak{A}$. γ étant fixé une fois pour toutes, nous désignerons par $a \times b$ l'expression $ab + \gamma(a, b)\, ba$. Un sous-ensemble $\mathfrak{B}$ de $\mathfrak{A}$ s'appellera un *sous-système* s'il est stable par rapport à $\times$.

Exemples. — 1. Tout demi-groupe multiplicatif de $\mathfrak{U}$. Ici $\gamma(a, b) \equiv 0$. En particulier, tout sous-anneau de $\mathfrak{U}$ est f. f.

2. Prenons $\gamma(a, b) \equiv -1$. Les systèmes obtenus de cette manière contiennent les sous-anneaux de Lie (par rapport à $[ab] = ab - ba$) de l'anneau $\mathfrak{U}$.

3. Si $\gamma(a, b) \equiv 1$ nous obtenons une classe de systèmes qui contient les sous-anneaux de Jordan de $\mathfrak{U}$.

4. Soit $\mathfrak{B}$ un Φ-anneau non associatif quelconque, J un automorphisme de $\mathfrak{B}$ de période deux ($J^2 = 1$). Soit $\mathfrak{D}$ l'ensemble des dérivations dans $\mathfrak{B}$ qui commutent avec J et $\mathfrak{E}$ l'ensemble des J-dérivations qui anti-commutent avec J. Rappelons que D est une dérivation dans $\mathfrak{B}$ si D est un Φ-endomorphisme de $\mathfrak{B}$ tel que $(xy)D = (xD)y + x(yD)$, $x, y \in \mathfrak{B}$, et que E est une J-dérivation si E est un Φ-endomorphisme tel que $(xy)E = (xE)y + (xJ)(yE)$. On peut vérifier que si $D_1, D_2 \in \mathfrak{D}$, $E_1, E_2 \in \mathfrak{E}$, on a $\{E_1 E_2\} = E_1 E_2 + E_2 E_1 \in \mathfrak{D}$, $[E_1 D_1] \equiv E_1 D_1 - D_1 E_1 \in \mathfrak{D}$, $[D_1 D_2] \in \mathfrak{D}$. Alors $\mathfrak{E} \cup \mathfrak{D}$ est f. f.

5. Soit $\mathfrak{U}$ un Φ-anneau associatif, et $\mathfrak{T}$ un « Lie triple-system » contenu dans $\mathfrak{U}$, c'est-à-dire un Φ-sous-groupe stable par rapport à la composition $[[ab]c]$. Soit $[\mathfrak{T}\mathfrak{T}] = \{\Sigma[ab] \mid a, b \in \mathfrak{T}\}$. Alors $\mathfrak{A} = \mathfrak{T} + [\mathfrak{T}\mathfrak{T}]$ est f. f.

Théorème. — *Soit $\mathfrak{U}$ un Φ-anneau qui satisfait à la condition minimale pour les Φ-idéaux à droite, et soit $\mathfrak{A}$ un sous-ensemble faiblement fermé de $\mathfrak{U}$. Si tous les éléments de $\mathfrak{A}$ sont nilpotents, l'anneau associatif enveloppant $\mathfrak{A}^*$ (c'est-à-dire le Φ-sous-anneau associatif engendré par $\mathfrak{A}$) est nilpotent.*

Supposons d'abord que $\mathfrak{U}$ soit simple. Alors $\mathfrak{U}$ peut s'identifier avec l'anneau de toutes les transformations linéaires d'un espace vectoriel $\mathfrak{R}$ de dimension finie sur un Φ-corps Δ. Introduisons sur l'ensemble $\{\mathfrak{B}\}$ des sous-systèmes $\mathfrak{B}$ de $\mathfrak{A}$ un préordre par la règle : $\mathfrak{B}_1 < \mathfrak{B}_2$ si et seulement si l'anneau associatif enveloppant $\mathfrak{B}_1^* \subseteq \mathfrak{B}_2^*$. Soit $\{\mathfrak{C}\}$ le sous-ensemble des sous-systèmes qui possèdent des anneaux enveloppants $\mathfrak{C}^*$ nilpotents. Puisque les indices de nilpotence des sous-anneaux nilpotents de $\mathfrak{U}$ sont bornés (par la dimension de $\mathfrak{R}$), la famille $\{\mathfrak{C}\}$ est inductive; par conséquent il existe un élément maximal $\mathfrak{M}$ dans $\{\mathfrak{C}\}$. Supposons que $\mathfrak{M}^* \subset \mathfrak{A}^*$. Alors il existe un $a = a_1 \in \mathfrak{A}$, $a_1 \notin \mathfrak{M}^*$. Ou bien pour chaque $m \in \mathfrak{M}$, $m \times a_1 \in \mathfrak{M}^*$, ou bien il existe un $a_2 = m_1 \times a_1 \notin \mathfrak{M}^*$. En répétant le raisonnement avec a_2, etc., nous obtenons une suite $a_1, a_2, \ldots$, $a_k = m_{k-1} \times a_{k-1}$, $m_{k-1} \in \mathfrak{M}$, $a_k \in \mathfrak{A}$, $\notin \mathfrak{M}^*$. Alors a_k est une somme de produits de k éléments $m \in \mathfrak{M}$ avec l'élément a. Puisque $\mathfrak{M}^{*N} = 0$ on peut poursuivre ce procédé seulement jusqu'à $2M - 1$ termes. Nous obtenons donc un élément $a \in \mathfrak{A}$, $\in \mathfrak{M}^*$ tel que $m \times a \in \mathfrak{M}^*$ pour chaque $m \in \mathfrak{M}$.

Maintenant soit $\mathfrak{S} = \mathfrak{R}\mathfrak{M}^*$. Puisque $\mathfrak{M} \neq 0$, $\mathfrak{S} \neq 0$ et que $\mathfrak{M}^*$ est nilpo-

tent, $\mathfrak{H} \subset \mathfrak{N}$. Soit $\mathfrak{G}$ le sous-système de $\mathfrak{A}$ des éléments g tel que $\mathfrak{H} g \subseteq \mathfrak{H}$. Évidemment $\mathfrak{G} \supseteq \mathfrak{M}$. Remarquons que l'élément a que nous avons trouvé ci-dessus appartient à $\mathfrak{G}$. Il suffit de voir que si $x \in \mathfrak{N}$ et $m_1, \ldots, m_r \in \mathfrak{M}$, alors $xm_1 \ldots m_r a \in \mathfrak{H}$. Cette conclusion résulte immédiatement de ce que

$$xm_1 \ldots m_r a = -\gamma(m_r, a) xm_1 \ldots m_{r-1} am_r + xm_1 \ldots m_{r-1}(m_r \times a)$$

et $m_r \times a \in \mathfrak{M}^*$. Alors $\mathfrak{G}^* \supset \mathfrak{M}^*$. Puisque $0 < \dim \mathfrak{H}$, $\dim(\mathfrak{N} - \mathfrak{H}) < \dim \mathfrak{N}$ et puisque $\mathfrak{G}$ induit des systèmes faiblement fermés de transformations linéaires dans $\mathfrak{H}$ et $\mathfrak{N} - \mathfrak{H}$, on peut conclure que les anneaux associatifs enveloppants des systèmes induits sont nilpotents. Ceci entraîne que $\mathfrak{G}^*$ est nilpotent, ce qui contredit le fait que $\mathfrak{M}$ est maximal.

Supposons ensuite que $\mathfrak{U}$ soit arbitraire et soit $\mathfrak{N}$ le radical de $\mathfrak{U}$. Posons $\overline{\mathfrak{U}} = \mathfrak{U}/\mathfrak{N} = \overline{\mathfrak{U}}_1 \oplus \ldots \oplus \overline{\mathfrak{U}}_r$ où les $\overline{\mathfrak{U}}_i$ sont simples. Alors $\mathfrak{A}$ définit un système f. f. $\overline{\mathfrak{A}} = (\mathfrak{A} + \mathfrak{N})/\mathfrak{N}$ dans $\overline{\mathfrak{U}}$ et $\overline{\mathfrak{A}}$ définit un composant f. f. $\overline{\mathfrak{A}}_i$ dans chaque $\overline{\mathfrak{U}}_i$, $i = 1, \ldots, r$. Puisque les éléments de $\overline{\mathfrak{A}}_i$ sont nilpotents, l'anneau enveloppant $\overline{\mathfrak{A}}_i^*$ est nilpotent. Il en résulte qu'une puissance convenable de $\mathfrak{A}^*$ est contenue dans le radical $\mathfrak{N}$. Puisque $\mathfrak{N}$ est nilpotent, ceci entraîne que $\mathfrak{A}^*$ est nilpotent.

Remarques. — 1. Soit ν l'indice de nilpotence de $\mathfrak{N}$ et soit μ la longueur (1) maximale des anneaux simples $\overline{\mathfrak{U}}_i$. Donc $\mu + \nu$ est une borne supérieure de l'indice de nilpotence de $\mathfrak{A}$.

2. Notre résultat améliore un théorème de Levitzki sur les sous-anneaux d'éléments nilpotents dans un anneau qui satisfait aux deux conditions des chaînes sur les idéaux à droite (2). Bien entendu, il donne aussi une généralisation du théorème d'Engel et son analogue pour les anneaux de Jordan qui avait été donné par Albert pour les algèbres de caractéristique $\neq 2$ (3).

ARITHMÉTIQUE. — *Sur certains problèmes d'approximation.* Note de MM. **Roger Descombes** et **Georges Poitou**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Pour le problème de l'approximation des nombres réels par des fractions dont les deux termes appartiennent à des progressions arithmétiques données, de même raison, nous définissons un algorithme approprié et nous l'utilisons à des limitations pour la « constante d'Hurwitz » du problème.

Nous étudions, à la suite de M. S. Hartman, l'approximation des nombres réels ξ par des fractions u/v à termes positifs, congrus à a et b respectivement modulo s, les entiers positifs s, a, b étant premiers entre eux.

---

(1) C'est-à-dire la longueur d'une suite de composition de l'anneau comme un module à droite.

(2) J. Levitzki, *Math. Ann.*, 105, 1931, p. 620-627.

(3) A. A. Albert, *Trans. Amer. Math. Soc.*, 59, 1946, p. 524-555.

Nous utilisons le développement en fraction continue $(a_0, a_1, \ldots, a_n, \ldots)$ de ξ. Soit p_n/q_n la $n^{\text{ième}}$ réduite; $x_n = -(q_{n-2}\xi - p_{n-2})/(q_{n-1}\xi - p_{n-1})$ et $y_n = -q_{n-2}/q_{n-1}$. Désignons par $f_n^{\lambda,\mu}$ la fraction u/v définie par

$$u = p_{n-2}\alpha + p_{n-1}\beta, \qquad v = q_{n-2}\alpha + q_{n-1}\beta$$

avec

$$\alpha = \alpha_n + \lambda s, \qquad \beta = \beta_n + \mu s, \qquad 0 \leqq \alpha_n < s, \qquad 0 \leqq \beta_n < s,$$

tous les nombres étant entiers. Comme l'a remarqué M. S. Hartman, α_n et β_n sont déterminés par la condition que u et v soient respectivement congrus à a et b modulo s. On a les relations $\beta_{n+1} = \alpha_n$, $\alpha_{n+1} = \beta_n - a_n\alpha_n + g_n s$, où g_n est un entier tel que $0 \leqq g_n \leqq a_n$. De plus, si $f_{n+1}^{\lambda,\mu} = f_n^{\lambda',\mu'}$, on a

$$\lambda' = \mu \quad \text{et} \quad \mu' = a_n\mu + \lambda + g_n.$$

Enfin l'approximation de $f_n^{\lambda,\mu}$ est caractérisée par l'expression

$$v(v\xi - u) = \frac{(\beta - \alpha x_n)(\beta - \alpha y_n)}{x_n - y_n}.$$

Notre méthode consiste à attacher à chaque rang n un nombre fini de fractions privilégiées telles que le minimum de $|v(v\xi - u)|$ pour l'ensemble de ces fractions est au plus égal à son minimum pour l'ensemble des fractions satisfaisant aux congruences qui s'expriment, au rang n, avec des coefficients λ et μ positifs, sans qu'il en soit ainsi au rang $n+1$. On peut donc se restreindre à la considération de ces fractions privilégiées pour le calcul de la limite inférieure $K(\xi, s, a, b)$ de $|v(v\xi - u)|$ pour les fractions u/v satisfaisant aux relations de congruence. Le maximum de $K(\xi, s, a, b)$ pour tous les ξ sera désigné par $K(s, a, b)$.

Majorations de $K(s, a, b)$. — Nous utilisons la monotonie de $v(v\xi - u)$ en x_n et y_n. Ceci suffit pour voir qu'à tous les rangs la fraction $f_n^{0,0}$ donne $|v(v\xi - u)| \leqq 2(s-1)^2$. En utilisant uniquement des fractions $f_n^{0,0}$, on peut prouver facilement $K(s, a, b) \leqq (s-1)^2$.

Un calcul élémentaire permet de démontrer les deux lemmes suivants :

Lemme 1. — *Si $x_{n-1}\alpha_{n-1} - \beta_{n-1} > 0$, et $x_n\alpha_n - \beta_n > 0$, l'une au moins des deux fractions $f_n^{0,0}$ et $f_n^{-1,0}$ donne $|v(v\xi - u)| < (1/2)s\beta_n$. (On remarquera que, dans ce cas, la fraction $f_n^{-1,0}$ a bien ses termes positifs.)*

Lemme 2. — *Si $x_n\alpha_n - \beta_n < 0$, l'une au moins des deux fractions $f_n^{0,0}$ et $f_n^{1,0}$ donne $|v(v\xi - u)| < (1/2)s\beta_n$.*

Ces deux lemmes montrent que $K(s, a, b) \leqq (1/2)s(s-1)$.

Ce résultat peut être amélioré. Si, à tous les rangs, on est dans les hypo-

---

(1) *Colloquium Mathematicum* II, 1, p. 48-51. Dans la référence de cet article dans *Mathematical Reviews* (12, n° 10, p. 807), M. J. F. Koksma signale qu'il a obtenu, de son côté, une amélioration du résultat de M. S. Hartman.

thèses du lemme 1, les fractions considérées dans ce lemme permettent d'établir $K(s, a, b) \leqq (2/5)s^2$. Dans le cas contraire, l'introduction des fractions $f_n^{-1,1}$ fournit la limitation $K(s, a, b) \leqq (4/9)s^2$. Cette dernière limitation est donc valable dans tous les cas. D'ailleurs les constantes 2/5 et 4/9 ci-dessus peuvent être diminuées, au prix de complications croissantes.

Ajoutons toutefois qu'une difficulté de la méthode provient de ce que les nombres dont les a_n sont petits n'admettent de bonnes approximations qu'à des rangs arbitrairement espacés, lorsque s est grand.

Minorations de $K(s, a, b)$. — Il suffit de donner des exemples et d'examiner l'approximation que fournissent leurs fractions privilégiées.

Nous prendrons $\xi = (s, s, s, \ldots)$, $\alpha_n = \beta_n = 1 + (1/2)s$ si s est pair en négligeant le cas $s = 2$, et $(1/2)(1 + s)$ si s est impair. Dans ce cas, à tous les rangs n, on a $x_n \alpha_n - \beta_n > 0$. Les fractions $f_n^{0,0}$ et $f_{n+1}^{-1,0}$ peuvent servir de fractions privilégiées au rang n. Or les fractions $f_n^{0,0}$ sont plus mauvaises que les fractions $f_n^{-1,0}$, pour lesquelles $|v(v\xi - u)|$ tend vers $(1/4)s\sqrt{s^2 + 4}$ ou $s(s^2 + 1)/4\sqrt{s^2 + 4}$ selon la parité de s. Ces bornes inférieures sont de l'ordre de $s^2/4$ et, bien qu'elles soient obtenues par des procédés plus grossiers que les bornes supérieures, elles paraissent meilleures. Nous le montrerons prochainement en déterminant exactement $K(s, a, b)$ pour les petites valeurs de s.

Remarque. — On peut démontrer facilement que le problème général équivaut à son cas particulier obtenu en faisant $a = 1$, $b = 0$, ce qui montre qu'en réalité, $K(s, a, b)$ est indépendant des entiers a et b, pourvu qu'ils restent premiers avec s dans leur ensemble.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la transformation de Laplace des distributions.* Note (*) de M. **Henri Garnir**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Nous nous plaçons dans l'espace-temps à $n + 1$ dimensions dont nous désignons un point quelconque par (x, t), $x \equiv (x_1, \ldots, x_n)$.

Nous supposons connue la théorie des distributions telle qu'elle est exposée dans L. Schwartz, *Théorie des Distributions*, t. I et II. Nos notations sont celles de cet Ouvrage.

a. Soit $\mathfrak{T}^{(p)}[\varphi(\xi)]$ la distribution d'une fonction $f(\xi, p)$ transformée de Laplace par rapport au temps d'une autre fonction $F(\xi, t)$, identiquement nulle pour $t < 0$,

$$f(\xi, p) = \int_0 e^{-pt} F(\xi, t)\, dt.$$

Désignons par $\mathfrak{T}[\varphi(\xi, \tau)]$ la distribution de la fonction $F(\xi, \tau)$.

(*) Séance du 21 janvier 1952.

Dans ces conditions, on vérifie facilement que

$$\mathcal{T}^{(p)}\left[\int_{-\infty}^{\infty} e^{p\tau}\varphi(\xi,\tau)\,d\tau\right]=\int_{-\infty}^{\infty} e^{pt}\mathcal{T}[\varphi(\xi,t+\tau)]\,dt \quad (\star),$$

étant entendu que, dans le second membre de cette égalité, $\varphi(\xi, t+\tau)$ est regardée comme $\in \mathcal{D}_{(\xi,\tau)}$ pour chaque valeur du paramètre t.

b. Ceci suggère une définition générale de la transformée de Laplace par rapport au temps d'une distribution $\mathcal{T}\in\mathcal{D}'_{(\xi,\tau)}$, ayant son support dans $\tau\geqq 0$

Si $\mathcal{T}\in\mathcal{D}'_{(\xi,\tau)}$ est telle que la fonction de t, $\mathcal{T}[\varphi(\xi, t+\tau)]$, multipliée par e^{pt} soit sommable en t, $\mathcal{T}$ ayant son support dans $\tau\geqq 0$, et s'il existe quel que soit $p>p_0$ une distribution $\mathcal{T}^{(p)}\in\mathcal{D}'_{\xi}$ telle que la relation $(\star)$ soit vérifiée, $\mathcal{T}^{(p)}$ est dite transformée de Laplace de $\mathcal{T}$ par rapport au temps.

c. De cette définition, nous déduisons, en particulier, que la transformée de Laplace par rapport au temps de $\partial\mathcal{T}/\partial x$, $\partial\mathcal{T}/\partial t$, $\delta_{(x,t)}$ est respectivement $\partial\mathcal{T}^{(p)}/\partial x$, $p\mathcal{T}^{(p)}$, δ_x.

Remarquons aussi que chacune des distributions $\mathcal{T}$ et $\mathcal{T}^{(p)}$ détermine univoquement l'autre. En effet, $\mathcal{T}=0$ entraîne $\mathcal{T}^{(p)}=0$ [on le voit immédiatement en prenant $\varphi(\xi,\tau)$ sous la forme $u(\xi)v(\tau)$ dans $(\star)$], et inversement car si

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{pt}\mathcal{T}[\varphi(\xi, t+\tau)]\,dt=0,$$

la fonction continue de t, $\mathcal{T}[\varphi(\xi, t+\tau)]$, identiquement nulle pour t assez grand, ayant une transformée de Laplace nulle, est nulle quel que soit t et en particulier pour $t=0$.

d. Soit $L(\partial/\partial x, \partial/\partial t)$, $\partial/\partial x\equiv(\partial/\partial x_1, \ldots, \partial/\partial x_n)$ un opérateur linéaire à coefficients constants. Si $\mathcal{T}^{(p)}$ est solution élémentaire de $L(\partial/\partial x, p)$ et s'il existe une distribution $\mathcal{T}\in\mathcal{D}'_{(\xi,\tau)}$, ayant son support dans $\tau\geqq 0$, dont $\mathcal{T}^{(p)}$ soit la transformée de Laplace par rapport au temps, $\mathcal{T}$ est solution élémentaire de $L(\partial/\partial x, \partial/\partial t)$.

En effet, dans ce cas, $\mathcal{U}^{(p)}\equiv L(\partial/\partial x, p)\mathcal{T}^{(p)}-\delta_x$ est la transformée de Laplace de $\mathcal{U}\equiv L(\partial/\partial x, \partial/\partial t)\mathcal{T}-\delta_{(x,t)}$ et $\mathcal{U}^{(p)}=0$ entraîne $\mathcal{U}=0$.

Grâce à cette proposition, la transformation de Laplace par rapport au temps permet souvent de déterminer commodément les solutions élémentaires des opérateurs d'évolution.

e. A titre d'exemple, déterminons la solution élémentaire de l'opérateur

$$L\left(\frac{\partial}{\partial x},\frac{\partial}{\partial t}\right)\equiv\Delta-\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2},\qquad \Delta\equiv\sum_{i=1}^{n}\frac{\partial^2}{\partial x_i^2},\qquad \text{pour}\quad n=1,\ 2 \text{ ou } 3.$$

Les solutions élémentaires $\mathcal{T}^{(p)}$ de $L(\partial/\partial x, p)$ sont respectivement, en posant $\rho^2=\sum_{i=1}^{n} x_i^2$,

$$-\frac{c}{2p}e^{-\frac{p\rho}{c}},\qquad -\frac{1}{2\pi}K_0\left(\frac{p\rho}{c}\right),\qquad -\frac{1}{4\pi\rho}e^{-\frac{p\rho}{c}}.$$

On sait que, si $p > 0$,

$$\frac{1}{p} e^{-\frac{p\rho}{c}} = \int_{\frac{\rho}{c}}^{\infty} e^{-pt}\, dt, \qquad K_0\left(\frac{p\rho}{c}\right) = c \int_{\frac{\rho}{c}}^{\infty} \frac{e^{-pt}\, dt}{\sqrt{c^2 t^2 - \rho^2}},$$

et, tenant compte de (a), on trouve, pour $n = 1$, $\mathcal{E} = -(c/2)\,Y[(t - (\rho/c)]$, pour $n = 2$,

$$\mathcal{E} = -\frac{c}{2\pi} \frac{Y\left(t - \frac{\rho}{c}\right)}{\sqrt{c^2 t^2 - \rho^2}}.$$

Si $n = 3$,

$$\mathcal{E}_{p}\left[\int_{-\infty}^{\infty} e^{p\tau} \varphi(\xi, \tau)\, d\tau\right] = -\frac{1}{4\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-pt} \int \frac{1}{\rho} \varphi\left(\xi, t - \frac{\rho}{c}\right) d\xi$$

et $\mathcal{E}$ est la distribution de la mesure portée par le demi-cône $\rho = ct$ et de densité superficielle $-\left(c/\sqrt{1 + c^2}\right)(1/4\pi\rho)$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Solution du problème de Cauchy pour des systèmes d'équations hyperboliques du second ordre non linéaires.* Note (*) de Mme **Yvonne Fourès-Bruhat**, présentée par M. Joseph Pérès.

Je généralise pour un système d'équations aux dérivées partielles du second ordre, hyperboliques, non linéaires, à un nombre quelconque de variables un théorème d'existence et des formules de résolution démontrés précédemment pour les équations à quatre variables : j'utilise un système d'équations intégrales vérifié par les solutions des équations à un nombre pair de variables. La solution des équations à un nombre impair de variables est donnée par la méthode de descente.

1. *Équations linéaires.* — Je considère un système d'équations aux dérivées partielles du second ordre linéaires à n variables x^α et N fonctions inconnues u_s du type

$$E_s \equiv A^{\lambda\mu} \frac{\partial^2 u_s}{\partial x^\lambda \partial x^\mu} + B_s^{t\lambda} \frac{\partial u_t}{\partial x^\lambda} + f_s = 0 \qquad (\lambda, \mu = 1, 2, \ldots, n;\ s = 1, 2, \ldots, N),$$

$A^{\lambda\mu}$, $B_s^{t\lambda}$ et f_s sont des fonctions de x^α qui possèdent des dérivées partielles continues et bornées jusqu'aux ordres n, $n - 2$, $(n/2) - 2$. Les équations E_s sont du type hyperbolique normal

$$A^{ij} X_i X_j \text{ définie} < 0, \qquad A^{44} > 0 \qquad (i, j = 1, 2, \ldots, n - 1);$$

J'obtiens un système d'équations intégrales vérifié par les solutions de $E_s = 0$ en utilisant une méthode voisine de celle utilisée précédemment pour quatre

(*) Séance du 28 janvier 1952.

variables [1] (le principe de cette méthode a été donné par Soboleff [2] pour *une* équation hyperbolique linéaire à coefficients analytiques) : j'intègre sur le conoïde caractéristique de sommet $M_0(x_0^\alpha)$ des combinaisons linéaires des équations E_s et des équations dérivées par rapport à x^4 :

$$\sum_{s=1}^{N}\sum_{l=0}^{\frac{n}{2}-2}\sigma_{s(l)}^{r}\frac{\partial^l E_s}{\partial x^{4l}}=0.$$

Je pose $\sigma_{s(l)}^{r}=\sigma_{s(l)}^{t}\omega_t^r$ avec

$$(1)\qquad \omega_t^r=\int_{x_0^4}^{x^4}(Q_t^s\omega_s^r+Q\omega_t^r)\,dx^4+\delta_t^r.$$

Q_s^t et Q sont des fractions rationnelles bornées des $A^{\lambda\mu}$, $B_s^{t\lambda}$ et de leurs dérivées. Les $\sigma_{s(l)}^{t}$ sont des fonctions données des $A^{\lambda\mu}$, $B_s^{t\lambda}$, ω_t^r et de leurs dérivées et deviennent infinies comme $(x^4-x_0^4)^{l+3-n}$.

J'obtiens ainsi des formules de Kirchoff où ne figurent que des intégrales absolument convergentes :

$$(2)\qquad u_s(x_0^\alpha)=\int\cdots\int_{\Sigma_0}\{\mathcal{E}_s\}_{x^4=0}[d\lambda_u]+\int_{x^4=x_0^4}^{0}\int\cdots\int_{\Sigma_0}\{\mathcal{L}_s^r[u_r]+\mathcal{F}_s\}\,dx^4[d\lambda_u].$$

$\mathcal{L}_s^r$ et $\mathcal{F}_s$ sont des fonctions des $A^{\lambda\mu}$, $B_s^{t\lambda}$, $\mathcal{F}_s$ et de leurs dérivées. $\mathcal{E}_s$ dépend en outre des données de Cauchy. Σ_0 et $[d\lambda_u]$ sont la surface et l'élément d'aire de la sphère à $n-2$ dimensions. Les variables x^i sont données en fonction des paramètres λ_u par les équations définissant le conoïde caractéristique de sommet $M_0(x_0^\alpha)$:

$$(3)\qquad x^i=x_0^i+\int_{x_0^4}^{x^4}T^i\,dx^4,\qquad p_i=p_i^0+\int_{x_0^4}^{x^4}R_i\,dx^4$$

avec

$$p_1^0=\cos\lambda_2,\qquad p_2^0=\sin\lambda_2\cos\lambda_3\ldots p_{n-1}^0=\sin\lambda_2\sin\lambda_3\ldots\sin\lambda_{n-1}.$$

2. *Équations non linéaires.* — Je considère le système aux N inconnues W_S et n variables x^α :

$$(E)\qquad E_S\equiv A^{\lambda\mu}(W_T, W_{T\alpha}, x^\alpha)\frac{\partial^2 W_S}{\partial x^\lambda\,\partial x^\mu}+F_S(W_T, W_{T\alpha}, x^\alpha)=0.$$

Toute solution $h+2$ fois différentiable de (E) vérifie, si u_s est une dérivée $h^{\text{ième}}$ de W_S, des équations de la forme

$$(E')\qquad E'_s\equiv A^{\lambda\mu}\frac{\partial^2 u_s}{\partial x^\lambda\,\partial x^\mu}+B_s^{t\lambda}\frac{\partial u_t}{\partial x^\lambda}+\sum_{k=1}^{h}\Pi_s^{T\alpha_1\ldots\alpha_k}W_{T\alpha_1\ldots\alpha_k}+f_s=0,$$

---

[1] *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 618.
[2] *Math. Sbornik*, I, 1936.

$A^{\lambda\mu}$ et f_s sont des fonctions de W_T, $W_{T\alpha}$, x^α; $\Pi_s^{T\alpha_1\ldots\alpha_k}$ et $B_s^{i\lambda}$ dépendent en outre de $W_{T\alpha\beta}$. J'adapte aux équations (E′) les résultats précédents et j'obtiens un système d'équations intégrales vérifié par les solutions en joignant aux équations (2) et (3) (et analogues vérifiées par les dérivées de x^i, p_i, par rapport aux λ_u) les équations (1) et des équations de la forme

$$W_S = \int_0^{x^4} W_{S4}\, dx^4 + W_S(x^i, 0). \qquad (4)$$

Les seconds membres de ces équations (1), (2), (3), (4) s'expriment au moyen des seules quantités figurant aux premiers membres si $h \geqq n+1$. La résolution du problème de Cauchy s'obtient alors comme pour quatre variables ([3]).

Théorème. — *Si les* $A^{\lambda\mu}$, f_S *et les données de Cauchy* $W_{S4}(x^i, 0)$ *et* $W_S(x^i, 0)$ *admettent des dérivées partielles continues et bornées, satisfaisant à des conditions de Lipschitz, jusqu'aux ordres* $n + (n/2) - 1$ *et* $n + (n/2)$, *le problème de Cauchy relatif à* (E) *admet une solution* $n+1$ *fois différentiable, satisfaisant aux relations intégrales ci-dessus.*

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Structures locales et structures infinitésimales.* Note de M. **Charles Ehresmann**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Cette Note fait suite à trois Notes antérieures ([1]) et résume un exposé fait à la Réunion des Mathématiciens du Rhin Supérieur à Bâle le 15 décembre 1951. Relations entre la notion d'espèce de structures locales et celle de pseudogroupe de transformations. Définition d'une structure infinitésimale. Groupoïde et pseudogroupe associés à une structure infinitésimale. Pseudogroupe de Lie.

I. Une *espèce de structures locales* est une espèce ([2]) de structures (α) pour laquelle il existe une *loi d'induction*, c'est-à-dire une loi qui associe à toute structure $\mathfrak{S}$ d'espèce (α), donnée sur un ensemble E, un ensemble Φ de parties de E et qui détermine sur tout ensemble $U \in \Phi$ une structure d'espèce (α) appelée *structure induite* par $\mathfrak{S}$ sur U, l'ensemble U muni de cette structure induite étant appelé *sous-espace distingué* de E, de telle façon que les conditions suivantes soient satisfaites :

1° Φ est l'ensemble des ensembles ouverts d'une topologie sur E. On dira que $\mathfrak{S}$ est une structure locale par rapport à cette topologie.

2° *Transitivité des structures induites :* Si U est un sous-espace distingué de E, les sous-espaces distingués de U sont les sous-espaces distingués de E qui sont contenus dans U.

([3]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 318.

([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 598, 777 et 1081.

([2]) N. Bourbaki, *Théorie des Ensembles*, (fascicule de Résultats), Paris, (Hermann).

3° Si M est la réunion d'une famille d'ensembles M_i dont chacun est muni d'une structure d'espèce (α) telle que M_i et M_j de la famille admettent $M_i \cap M_j$ comme sous-espace distingué à structure induite bien déterminée, il existe sur M une structure d'espèce (α) bien déterminée telle que chaque M_i soit sous-espace distingué de M.

L'ensemble des *automorphismes locaux* de E, c'est-à-dire des isomorphismes d'un sous-espace distingué sur un sous-espace distingué, est un *pseudogroupe de transformations* Γ. Inversement, étant donné un pseudogroupe de transformations Γ' sur B, les structures définies ([3]) sur un ensemble quelconque E' par un atlas complet de E' sur B compatible avec Γ' forment une espèce de structures locales dite *associée* à Γ'. En particulier Γ' définit sur B une structure de cette espèce, dont le pseudogroupe des automorphismes locaux est Γ'.

Un atlas de E' sur E compatible avec Γ détermine sur E' d'une part, d'après 3°, une structure d'espèce (α) *localement isomorphe* à celle de E, d'autre part une structure de l'espèce associée à Γ (*infrastructure* de la première).

L'ensemble des automorphismes locaux de E qui laissent invariant un point x est un sous-pseudogroupe Γ_x. Deux éléments s et s' de Γ_x seront dits de même classe en x lorsqu'ils admettent une restriction commune $s'' \in \Gamma_x$. Par passage au quotient on déduit de Γ_x un groupe appelé *groupe d'isotropie locale* en x.

II. Une *structure infinitésimale* sur V_n est définie par la donnée d'une structure de r-variété sur V_n, complétée par une suite d'opérations du type suivant : formation d'un *prolongement*, donnée d'une *section* ou d'une *variété extraite* ([4]) d'un prolongement, donnée d'une *extension* d'espace fibré. Une section d'un prolongement d'ordre r de V_n définira une *structure infinitésimale pure d'ordre r*, notion équivalente à celle *d'objet différentiel pur* ([5]).

En particulier, appelons *structure infinitésimale régulière d'ordre r* une structure fibrée subordonnée ([3]) à la structure fibrée du prolongement principal $H^r(V_n)$, c'est-à-dire définie par un sous-espace fibré $\overline{H}(V_n)$ de $H^r(V_n)$, à groupe structural G, sous-groupe de L_n^r, la fibre $\overline{H}_x$ étant un ensemble hG de repères d'ordre r. Dans un voisinage U de $x \in V_n$ la structure peut être définie par un champ de repères d'ordre r : $x \to h_x$, ou par la *forme différentielle* ω d'ordre r définie par $x \to h_x^{-1}$, telle que $\overline{H}_x = h_x G$ ou $\overline{H}_x^* = G h_x^{-1}$; ou encore par la forme différentielle ϖ sur $G \times U$ définie par $(s, x) \to s h_x^{-1}$.

Le problème d'équivalence locale de ces structures n'est autre que le problème

---

(3) C. Ehresmann, *Colloque de Topologie alg.*, C. N. R. S., Paris, 1947.

(4) Appelons variété extraite d'une variété E un sous-ensemble A tel que pour tout $x \in A$ il existe un voisinage W dans E et une k-application f de W dans R^p telle que $A \cap W = f^{-1}(0)$, où $k \geqq 0$.

(5) St. Golab, *Ann. Soc. Pol. Math.*, 1946, p. 7.

d'équivalence de E. Cartan ([6]) dans le cas $r = 1$, et il s'y ramène aussi pour r quelconque en utilisant les propriétés de transitivité des prolongements. Le problème d'existence global conduit à des « obstacles ».

Une structure infinitésimale d'ordre r sur V_n est aussi une structure locale par rapport à la topologie de V_n. Soit Γ le pseudogroupe de ses automorphismes locaux (r fois différentiables). Soit $\mathcal{J}^r(\Gamma)$ le sous-ensemble de $\mathcal{J}^r(V_n, V_n)$ formé par l'ensemble des jets $j^r_x\varphi$ correspondant à tous les $\varphi \in \Gamma$. $\mathcal{J}^r(\Gamma)$ est le *groupoïde associé* à Γ. Si Γ est l'ensemble de toutes les solutions ([7]) de $\mathcal{J}^r(\Gamma)$, nous dirons que Γ est un *pseudogroupe complet d'ordre r*.

A toute structure infinitésimale pure d'ordre r sur V_n, définie par une section σ d'un prolongement $E(V_n)$, *correspond un groupoïde* Π *extrait de* $J^r(V_n, V_n)$; c'est l'ensemble des $X \in J^r(V_n, V_n)$ qui sont inversibles et tels que $X\sigma(x) = \sigma(x')$, où (x, x') est la projection canonique de X sur $V_n \times V_n$; pour un élément z de E se projetant sur x, le composé Xz est $h'(h^{-1}z)$ en posant $X = h'h^{-1}$, où $h, h' \in H^r(V_n)$. *Le pseudogroupe* Γ *des automorphismes locaux d'une telle structure est complet*, car c'est l'ensemble des solutions de Π; on a $\mathcal{J}^r(\Gamma) \subset \Pi$. *Si* Π *est transitif*, c'est-à-dire se projette sur tout l'espace $V_n \times V_n$, *la structure infinitésimale correspondante est régulière*. En effet, soit Π_0 l'ensemble des $X \in \Pi$ ayant pour source $x_0 \in V_n$ et soit h_0 un repère d'ordre r en x_0. $\Pi_0 h_0$ définit alors une structure subordonnée à $H^r(V_n)$, dont le groupe structural est isomorphe au sous-groupe de Π se projetant sur (x_0, x_0).

Un pseudogroupe Γ complet d'ordre r pourra s'appeler *pseudogroupe de Lie* (groupe « fini » ou « infini » dans la terminologie de Lie) lorsque $J^r(\Gamma)$ est un *groupoïde* (qu'on supposera en général analytique) *extrait* de $J^r(V_n, V_n)$. *Tout pseudogroupe de Lie* Γ *est le groupe des automorphismes locaux d'une structure infinitésimale* (régulière, si Γ est transitif).

CALCUL ANALOGIQUE. — *Sur un principe nouveau de construction des machines servant à résoudre les systèmes d'équations linéaires par analogie électrique.* Note de (*) MM. **Dusan Mitrovic**, **Roger Huron** et **Rajko Tomovic**, présentée par M. Henri Villat.

Soit donné un système d'équations algébriques linéaires :

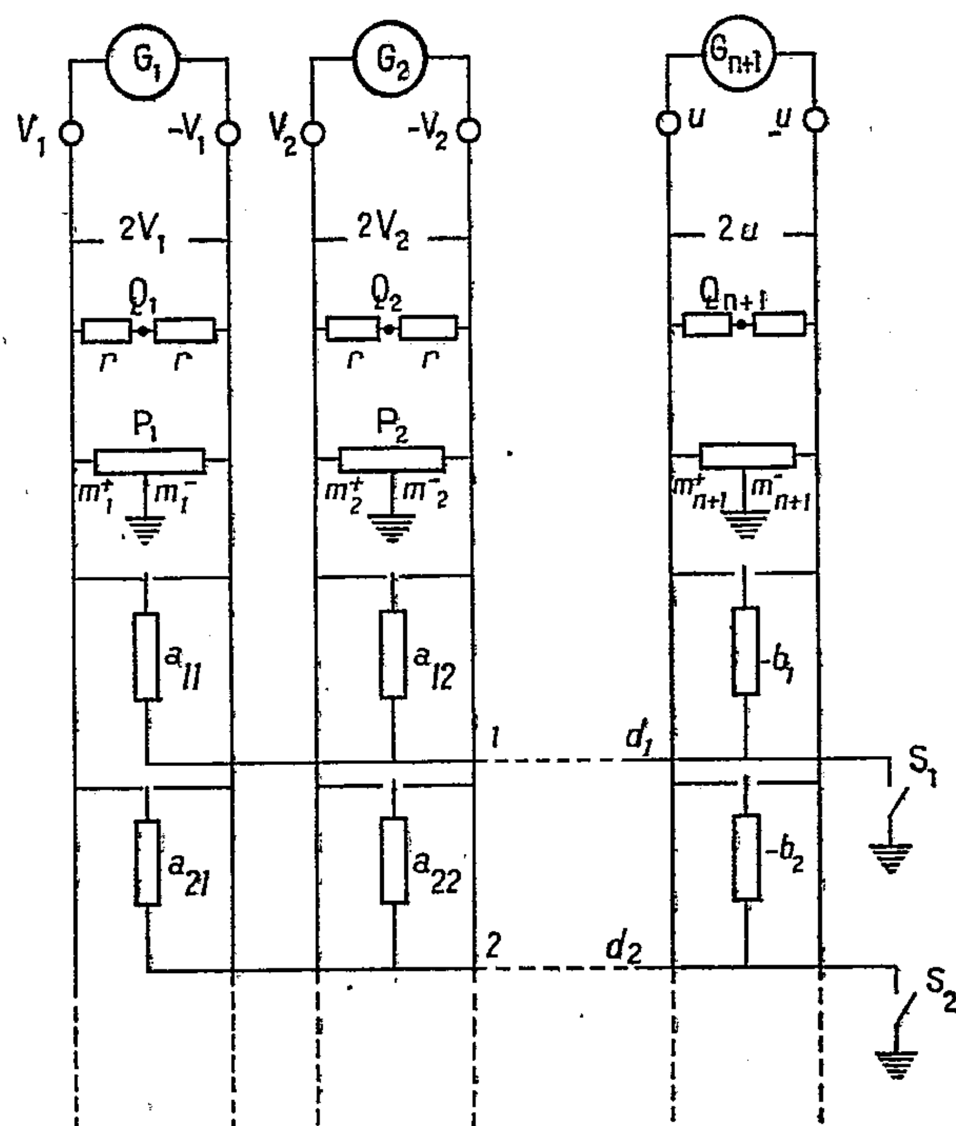
$$\sum_{k=1}^{k=n} a_{ik}x_k - b_i = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, n);$$

([6]) *Selecta*, Paris, 1939, p. 113.

([7]) A une partie Φ de $\mathcal{J}^r(V_n, V_m)$ correspond localement un système d'équations aux dérivées partielles; une solution de Φ est une r-application φ dont les jets $j^r_x\varphi$ appartiennent à Φ.

(*) Séance du 28 janvier 1952.

en représentant les coefficients par des conductances et les inconnues par des tensions, on obtient un réseau analogue représenté par la figure ci-contre. La



symétrie des tensions + et — est ajustable par les potentiomètres P_k. Si d_i est la tension de la barre i et ε_k, ε_u les tensions des points Q, on a

$$(1)\qquad V_k\left(\sum_{i=1}^{i=n} a_{ik} + m_k^+ - m_k^-\right) + \varepsilon_k\left(\sum_{i=1}^{i=n} |a_{ik}| + m_k^+ + m_k^-\right) = -\sum_{i=1}^{i=n} |a_{ik}|\, d_i$$

$$(k = 1, 2, \ldots, n),$$

$$(2)\qquad u\left(-\sum_{i=1}^{i=n} b_i + m_{n+1}^+ - m_{n+1}^-\right) + \varepsilon_u\left(\sum_{i=1}^{i=n} |b_i| + m_{n+1}^+ + m_{n+1}^-\right) = \sum_{i=1}^{i=n} |b_i|\, d_i$$

Grâce aux potentiomètres P_k on peut annuler les coefficients des V_k et de u. Les équations restantes montrent alors que les ε_k et ε_u *s'annulent avec les* d_i. On a en outre :

$$(3)\qquad \sum_{k=1}^{k=n} a_{ik} V_k + \sum_{k=1}^{k=n} |a_{ik}|\, \varepsilon_k - u\, b_i = d_i\left(\sum_{k=1}^{k=n} |a_{ik}| + |b_i|\right) \qquad (i = 1, 2 \ldots n).$$

L'annulation des d_i se fait par exemple par le procédé d'itération de Gauss; lorsque tous les d_i sont nuls, on a :

$$(4)\qquad x_k = \frac{V_k}{u} \qquad (k = 1, 2 \ldots n).$$

La symétrie des tensions étant rétablie à la fin du procédé d'itération nous appelons cette méthode la *méthode de la symétrie spontanée*. Le procédé d'itération de Gauss n'est pas toujours convergent, aussi est-on, comme dans les machines déjà existantes, obligé parfois de tâtonner.

Nous avons réalisé des dispositifs permettant l'emploi de la *méthode des moindres carrés* qui, elle, est sûrement convergente. Des essais très satisfaisants ont été faits sur la table à calcul à courant alternatif de l'Université de Belgrade et sur une maquette réalisée au Laboratoire des Mathématiques appliquées de la Faculté des Sciences de Toulouse avec l'aide de MM. Teissié-Solier, Laguasse et Sancerry du Laboratoire d'Électrotechnique.

On sait que le procédé d'itération de Gauss est sûrement convergent si la matrice des coefficients des systèmes à résoudre est symétrique et définie positive. Ceci nous conduit à indiquer une méthode : *méthode d'itération à l'aide des tensions de dissymétrie* où tous les tâtonnements sont pratiquement exclus. Cette méthode est basée sur la relation :

$$(5)\qquad (2\mathrm{M}-\mathrm{A}_t^{+}\mathrm{S}^{-1}\mathrm{A})^{-1}\mathrm{A}_t^{+}\mathrm{S}^{-1}\mathrm{A}\,\vec{\mathrm{V}}-u[\mathrm{S}(\mathrm{A}_t^{+})^{-1}2\mathrm{M}-\mathrm{A}]^{-1}\,\vec{b}=\vec{\varepsilon},$$

où $\vec{\mathrm{V}}$, $\vec{b}$ et $\vec{\varepsilon}$ sont les vecteurs de composantes V_k, b_i, ε_k. A est la matrice des a_{ik}, A_t^{+} la matrice transposée des $|a_{ik}|$, S et M des matrices diagonales à éléments positifs qu'il est inutile d'expliciter.

Nous montrons que si

$$(6)\qquad 2m_k^{-}\geqslant\sum_{i=1}^{n}\frac{(a_{ik})^2}{\sum_k |a_{ik}|+|b_i|}$$

et si *tous les a_{ik} sont positifs*, la matrice qui multiplie $\vec{\mathrm{V}}$ dans (4) est pratiquement symétrique et définie positive.

Pour réaliser la première condition, il suffit de prendre par construction les m_k^{-} suffisamment grands. Pour la seconde, on transforme le système donné par le procédé très rapide suivant : on pose $x_k=-x'_k$ dans *tout le système*, k étant ceux pour lesquels les a_{1k} sont négatifs. Soient E'_i les nouvelles équations ainsi obtenues, on forme alors $\mathrm{S}_i=\lambda_i(\mathrm{E}'_1)+(\mathrm{E}'_i)=0$ $(i=2, \ldots, n)$, les λ_i étant des coefficients positifs arbitraires, mais tels que les coefficients des inconnues des S_i soient positifs. On résout (S) et l'on change les signes des x'_k. Les méthodes de la symétrie spontanée et des tensions de dissymétrie peuvent être automatisées. Nous indiquons des dispositifs où les amplificateurs sont dirigés par les tensions de dissymétrie. Les détails seront donnés ailleurs [1].

---

[1] *Ann. Fac. Sc. Toulouse*, 4e série, 16, 1952.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur une correspondance simple entre les solutions de deux équations aux dérivées partielles, et son application à l'étude approchée des écoulements transsoniques.* Note (*) de MM. **Paul Germain** et **Maurice Fenain** présentée par M. Joseph Pérès.

On signale une correspondance particulièrement simple entre les solutions de deux équations aux dérivées partielles. Celle-ci permet de ramener à l'équation de Tricomi une équation du type mixte dépendant de deux paramètres. Cette équation correspond aux écoulements d'un gaz fictif, dont la loi de compressibilité approche celle des gaz réels dans un intervalle de vitesses assez important comprenant la célérité du son.

1. L'équation ([1]) qui régit les écoulements d'un fluide compressible peut se mettre sous la forme canonique

$$(1) \qquad E[\sigma, \theta; k(\sigma); \psi] \equiv k(\sigma)\psi_{\theta\theta} + \psi_{\sigma\sigma} = 0.$$

Si $\psi_1(\theta, \sigma_1)$ est solution de $E_1 = E[\sigma_1, \theta; k_1(\sigma_1); \psi_1]$, on obtient par la transformation suivante (les α et les β sont des constantes)

$$(2) \qquad (\alpha_1\sigma_1 + \beta_1)(\alpha_2\sigma_2 + \beta_2) = 1; \qquad \psi_2 = (\alpha_2\sigma_2 + \beta_2)\psi_1; \qquad \psi_1 = (\alpha_1\sigma_1 + \beta_1)\psi_2,$$

une solution $\psi_2(\theta, \sigma_2)$ de l'équation $E_2 = E[\sigma_2, \theta; k_2(\sigma_2); \psi_2]$ où $k_2(\sigma_2)$ est défini par

$$(3) \qquad \alpha_1^2(\alpha_2\sigma_2 + \beta_2)^2 k_2(\sigma_2) = \alpha_2^2(\alpha_1\sigma_1 + \beta_1)^2 k_1(\sigma_1).$$

On peut d'ailleurs vérifier que les formules (2) et (3) définissent les seules transformations de la forme $\sigma_2 = f(\sigma_1)$, $\psi_2 = \psi_1 g(\sigma_1)$, transformant une équation E en une autre équation E.

2. Appelons V, ρ, p la vitesse, la masse spécifique et la pression rapportées aux valeurs critiques, et interprétons une équation E comme régissant les écoulements d'un gaz fictif; on trouve la loi de compressibilité de ce gaz à partir des équations

$$\frac{d^2}{d\sigma^2}\left(\frac{1}{V}\right) = \frac{k(\sigma)}{V}; \qquad \frac{\mu}{\rho V} = \frac{d}{d\sigma}\left(\frac{1}{V}\right); \qquad \frac{dp}{d\sigma} = \mu\gamma V^2.$$

Naturellement $V(0) = 1$, $V_\sigma(0) = -\mu$, μ étant une constante. Soit V_1, ρ_1; V_2, ρ_2 les grandeurs relatives aux équations E_1 et E_2; on voit que l'on doit prendre

$$(4) \qquad \frac{1}{V_2} = \frac{1}{V_1}\,\frac{\beta_1}{(\alpha_1\sigma_1 + \beta_1)}, \qquad \frac{\mu_2(\alpha_2\sigma_2 + \beta_2)}{\alpha_2\rho_2} + \frac{\mu_1(\alpha_1\sigma_1 + \beta_1)}{\alpha_1\rho_1} = 1.$$

3. Nous avons principalement en vue l'application élémentaire au cas

(*) Séance du 21 janvier 1952.

([1]) P. Germain, *La Recherche aéronautique*, n° 22, 1951.

où $k_1(\sigma_1) = c\sigma_1$, ($E_1$ définit l'approximation simple de Tricomi); l'équation E_2 s'écrit alors, (nous assimilerons désormais σ_2 à σ)

$$(5)\qquad \frac{a\sigma}{(\sigma+b)^5}\psi_{\theta\theta}+\psi_{\sigma\sigma}=0, \qquad \left(\alpha_2 b=\beta_2=\frac{1}{\beta_1};\ \alpha_1^3\alpha_2^3 ab+c=0;\ b>0\right).$$

Les constantes a et b doivent être choisies de manière à approcher au mieux les lois des gaz réels. On a tracé (*fig.* 1) les courbes ρ, V pour le gaz réel, le gaz fictif correspondant à (5) (pour différentes valeurs de a et b), le gaz fictif de Tricomi (pour deux valeurs de c). On constate que l'approximation [1] est

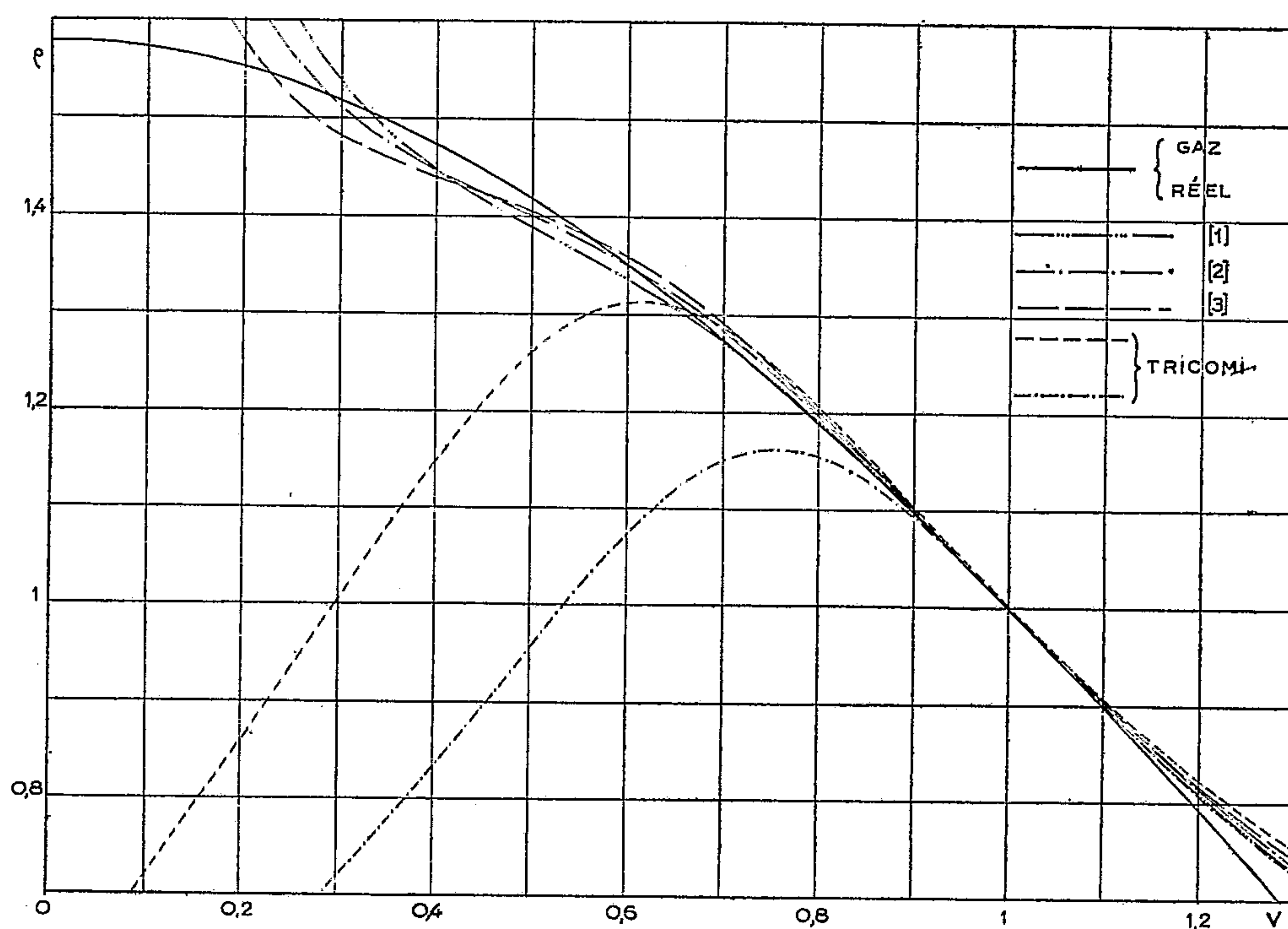


Fig. 1.

particulièrement satisfaisante dans l'intervalle des vitesses $0,65 < V < 1,1$; la courbe [2] s'écarte davantage de la courbe exacte, mais elle permet de la représenter convenablement dans un plus grand intervalle $0,25 < V < 1,2$. Or, d'après les formules des n°s 1 et 2, l'étude d'un problème transsonique avec l'équation (5) peut toujours se ramener à un problème relatif à l'équation de Tricomi, et les calculs à effectuer, *même pour obtenir l'écoulement définitif*, ne sont pas plus compliqués que ceux de l'approximation de Tricomi.

4. A titre d'exemple, on a tracé (*fig.* 2), en utilisant l'approximation [2] l'écoulement dans une tuyère, à partir de la solution classique de l'équation de Tricomi, trivalente à l'intérieur des caractéristiques. L'écoulement est limité aux lignes isovitesses $V = 0,225$ et $V = 1,202$.

Nous donnerons également un résultat relatif au jet critique. Il s'agit de trouver une solution ψ de (5) telle que

$$\psi = 1 \quad \text{pour} \quad \theta = -\frac{\pi}{2}, \qquad 0 \leq \sigma < \infty; \qquad \sigma = 0, \qquad -\frac{\pi}{2} \leq \theta < 0$$

et

$$\psi = 0 \quad \text{pour} \quad \theta = 0, \qquad 0 < \sigma < \infty.$$

Soit ψ_{1T} la solution de l'équation de Tricomi correspondant au jet critique, solution donnée récemment par M. Roumieu ([2]); on obtiendra une bonne approximation de la solution cherchée (spécialement au voisinage de la ligne

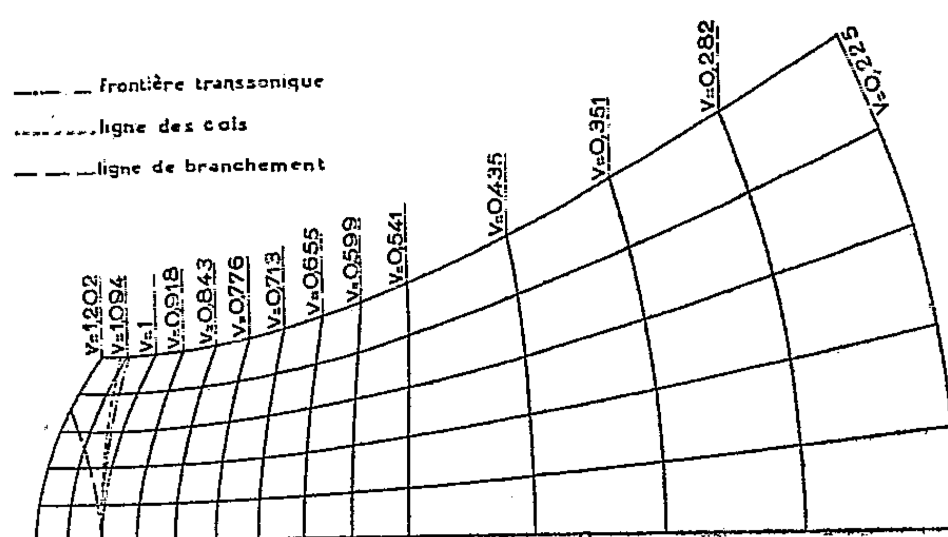


Fig. 2.

sonique), à partir de la solution $\psi_1 = \beta_1 \psi_{1T} - 2\alpha_1 \sigma_1 \theta/\pi$ de l'équation de Tricomi. Les calculs du coefficient de contraction K et de la longueur l du jet où l'écoulement n'est pas uniforme rapportée à la largeur finale du jet sont immédiats. On trouve respectivement pour les approximations [1], [2], [3] :

$$K = 0,743, \qquad K = 0,746, \qquad K = 0,747,$$
$$l = 1,544, \qquad l = 1,491, \qquad l = 1,458.$$

On sait que pour les gaz réels, $K = 0,7447$ et que, d'après M. Roumieu ([2]), $l = 1,59$.

HYDRAULIQUE. — *Seuils déversants à fente aspiratrice.*

Note de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

L'aspiration de la couche limite, en supprimant le décollement, permet d'obtenir des seuils déversants à dépression élevée, dont le coefficient de débit ($m = 0,70$) dépasse de 40% celui du seuil Creager normal ($m = 0,50$).

Dans une Note antérieure ([1]), nous avons signalé tout l'intérêt des seuils

([2]) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 52.

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 149 et 306.

déversants Creager déprimés dont le coefficient de débit ($m = 0,54$) est supérieur de 8 % à celui du seuil Creager normal ($m = 0,50$).

Au cours des recherches correspondantes, nous avions constaté que la dépression et le coefficient de débit m croissent de plus en plus lentement, au fur et à mesure que la charge augmente (*fig.* 1). Comme le montre la visualisation de l'écoulement, ce fait résulte du décollement progressif de la veine, la courbure des filets devenant bien moindre que celle du parement dont le courant à grande vitesse est séparé par une zone tourbillonnaire (*fig.* 2).

Pour accroître la dépression et le coefficient de débit, il faut supprimer le décollement. On y arrive aisément (*fig.* 3), en utilisant la méthode générale d'aspiration de la couche limite que nous avons exposée dans une Note antérieure [2]. Une fente F, disposée sur toute la largeur du seuil, communique avec un collecteur C, dans lequel on réalise l'aspiration au moyen d'une pompe ou, plus simplement, avec un dispositif utilisant l'action de la pesanteur, suivant le schéma de la figure 4 : l'eau provenant du collecteur C est recueillie par un tube d'évacuation T qui débouche en contre-bas du niveau aval et fonctionne comme un siphon.

Nous avons étudié, au point de vue du coefficient de débit m, des dépressions et de la stabilité de l'écoulement, 13 modèles différents de barrages à fente. Neuf de ces déversoirs (E-1, ..., E-9) ont été montés dans un canal vitré, le seuil étant à 20 cm seulement au-dessus du fond, ce qui, pour les fortes charges, met en jeu des vitesses d'approche élevées. Les quatre autres modèles (B-1, ..., B-4), ont été étudiés dans un canal de 100 cm de largeur, avec une hauteur du seuil au-dessus du fond du canal de l'ordre de 160 cm rendant les vitesses d'approche négligeables.

Les modèles E-1, E-6, B-1 ont un seuil arrondi, avec des parements amont et aval verticaux.

Les déversoirs E-1, E-2, E-3, E-4, E-5, B-2, B-3 ont un sommet circulaire et un parement aval incliné à 45°, sauf pour E-5 où l'angle fait par ce parement avec la verticale est de 30° seulement.

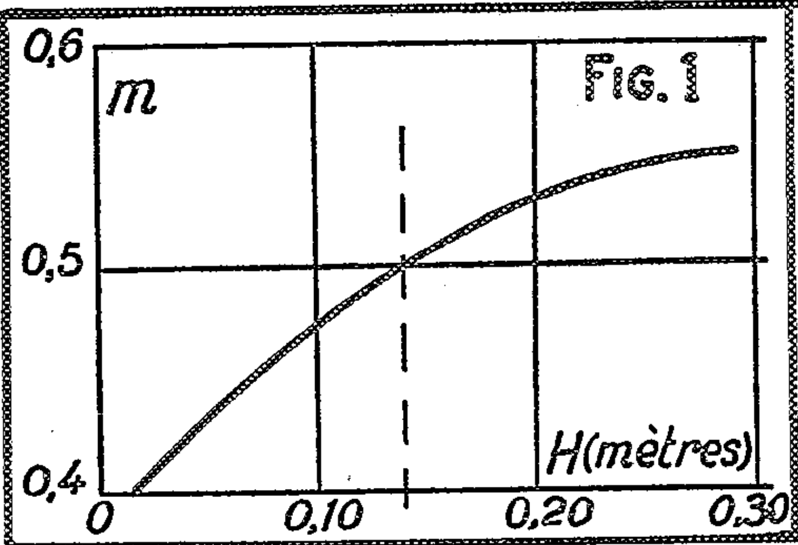
Les barrages E-7, E-8, E-9, B-4 correspondent à un profil Creager plus ou moins modifié et raccordé à un parement aval incliné à 30° sur la verticale.

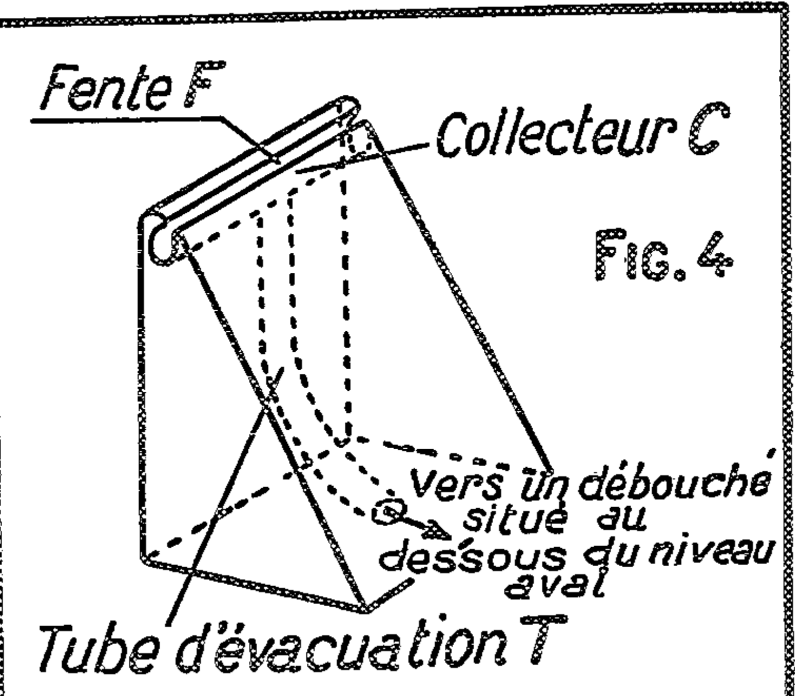
Les valeurs maxima atteintes par m sont les suivantes :

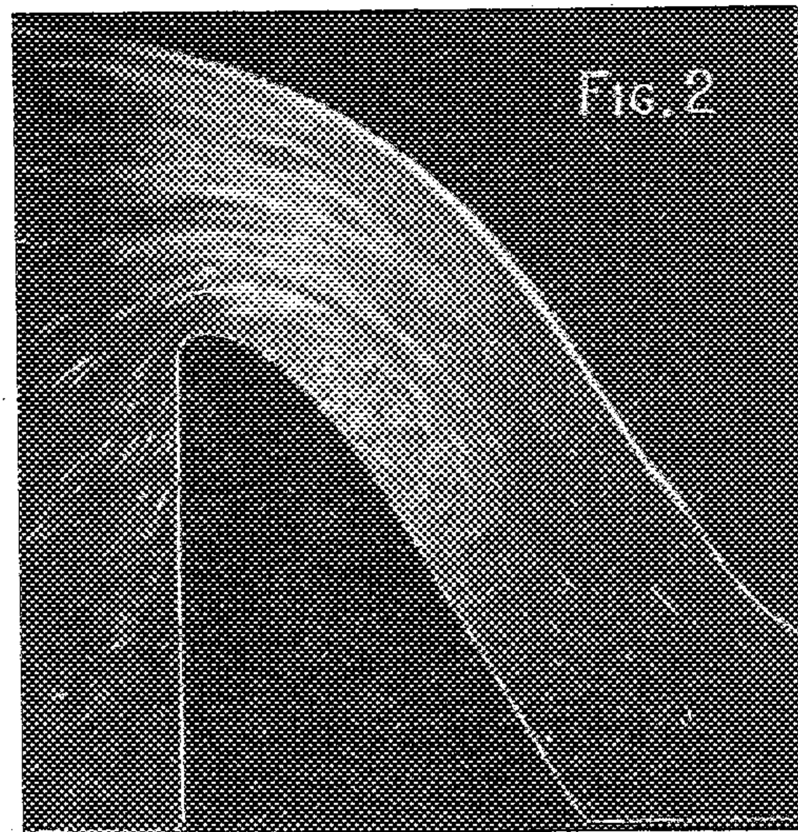
E-1.......	0,70	E-6.......	0,71	B-1.......	0,65
E-2.......	0,64	E-7.......	0,65	B-2.......	0,58
E-3.......	0,64	E-8.......	0,67	B-3.......	0,58
E-4.......	0,64	E-9.......	0,62	B-4.......	0,58
E-5.......	0,67				

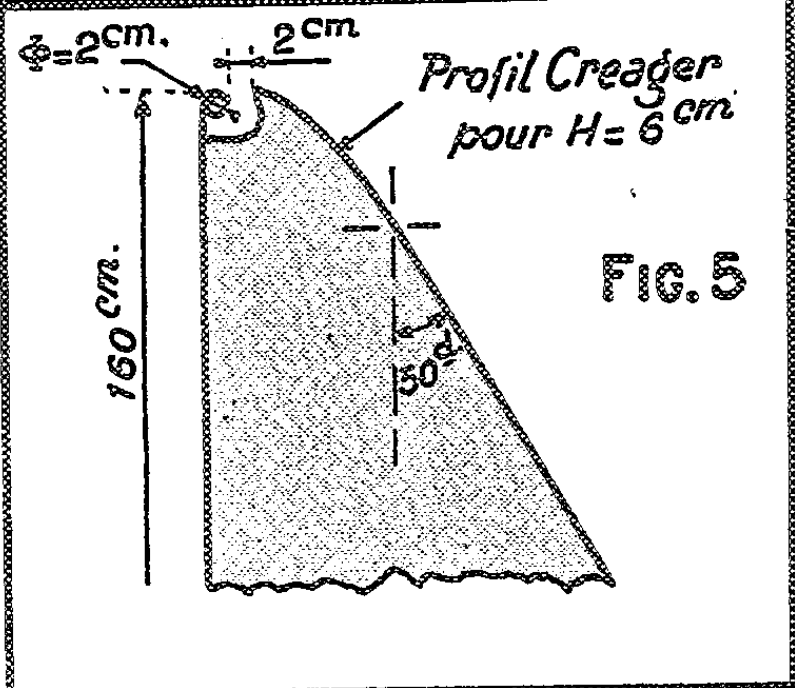
(2) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1182.

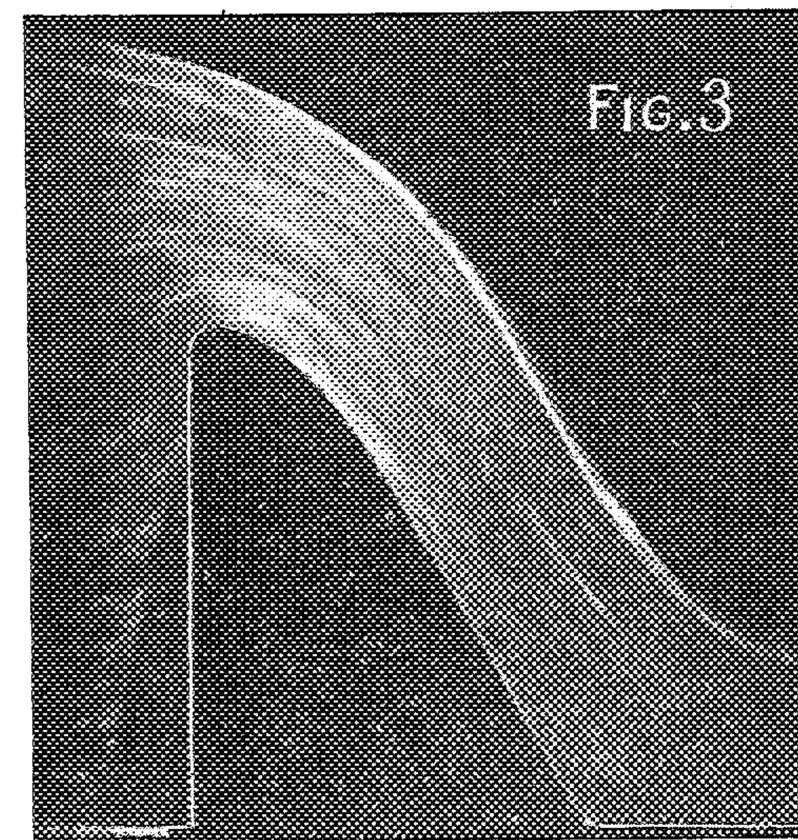
L'influence des vitesses d'approche rend les valeurs de m des modèles E systématiquement plus fortes que celles des déversoirs B.

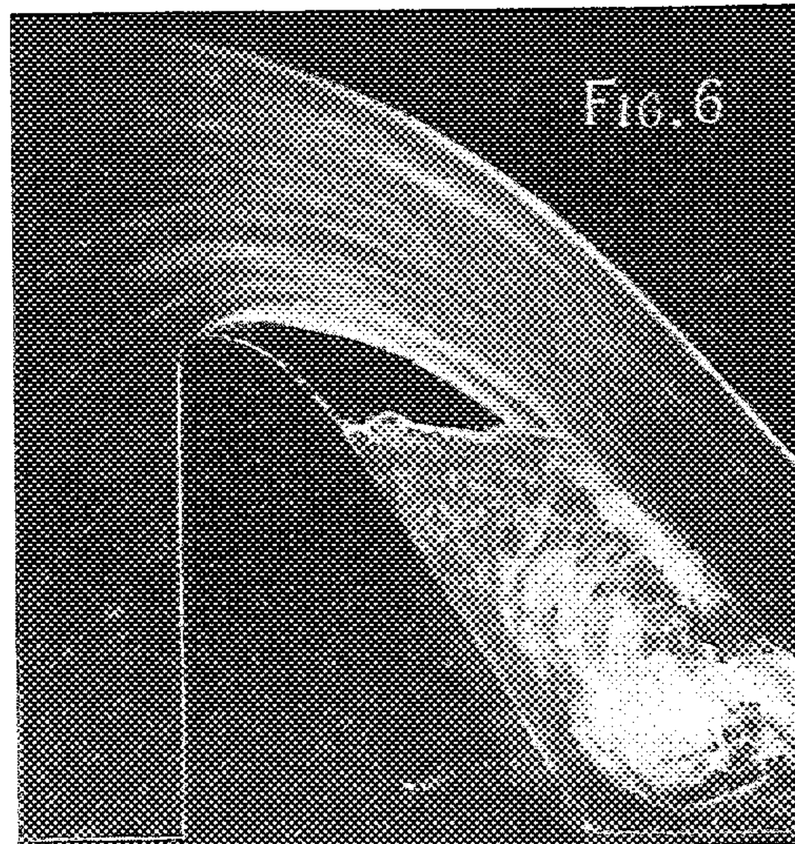












Les seuils à parement aval vertical, excellents pour le coefficient de débit, sont moins bons au point de vue de la stabilité.

Un seuil à déversement très stable, même lorsqu'il est surmonté de piles et de vannes partiellement levées, correspond au profil B-4 (*fig.* 5) : si l'on provoque artificiellement une entrée d'air sous la nappe (*fig.* 6), cet air est entraîné rapidement par l'eau qui déverse, le siphon se réamorce automatiquement, aspire la couche limite et le décollement disparaît, la veine à grande vitesse revenant au contact de la paroi. Précisons que le débit de la fente est inférieur à 3 % de la valeur du débit déversant.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Théorie relativiste de l'expérience de Sagnac avec interposition de tubes réfringents immobiles.* Note (*) de M. **André Metz**, présentée par M. Jean Becquerel.

Il s'agit de l'expérience de Sagnac avec interposition de corps réfringents fixes par rapport au laboratoire, sur les trajets de lumière entraînés par la rotation du disque. La théorie ci-dessous, entièrement basée sur la Relativité, donne comme retard des ondes d'un des faisceaux lumineux sur l'autre $4\omega\mathfrak{A}(n^2/c^2)$. Elle suppose une forme particulière des corps réfringents interposés.

La théorie de cette expérience a été faite, jusqu'ici, en partant d'éléments (longueurs, temps, vitesses) évalués dans le système de référence du laboratoire ([1]).

La question a été posée de savoir si une interprétation de cette expérience pouvait être fournie en partant d'éléments mesurés sur le disque même.

Cette interprétation, entièrement basée sur la théorie de la Relativité, est beaucoup plus délicate en raison du fait que la vitesse de la lumière (en milieu réfringent) par rapport au disque, varie en chaque point de celui-ci (elle est fonction de la distance au centre).

Dans le calcul ci-dessous nous admettrons que les trajets effectués par la lumière dans l'air sont très petits, et négligeables vis-à-vis de ceux qui ont lieu dans l'eau.

Dans cette expérience comme dans celle de Sagnac, le déplacement des franges observé à la suite de la mise en rotation du disque dépend du *retard* des ondes d'un des faisceaux lumineux (qui parcourt le circuit dans le sens de la rotation du disque) sur celles de l'autre (qui le parcourt en sens inverse).

Ce retard R est la somme algébrique :

1° du décalage ([2]) des temps élémentaires (relativistes) sommés le long des trajets des deux faisceaux, $D = 4\omega(\mathfrak{A}/c^2)$ en désignant par $\mathfrak{A}$ l'aire du circuit;

2° du temps T_1 (évalué également par sommation des temps élémentaires)

(*) Séance du 21 janvier 1952.

([1]) A. Metz et F. Prunier, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 185.

([2]) *Voir* en particulier P. Langevin, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 304.

mis par le premier faisceau pour parcourir le circuit, diminué du temps T_2 mis par le second.

On a donc

$$R = D + T_1 - T_2.$$

Le temps élémentaire sur le premier faisceau est $dl n'_1/c$, dl étant l'élément de longueur (mesuré sur le disque) parcouru par la lumière, et c/n'_1 la vitesse de la lumière dans l'eau au point considéré (toujours par rapport au disque). Cette vitesse serait c/n par rapport au disque si l'eau était entraînée avec le disque.

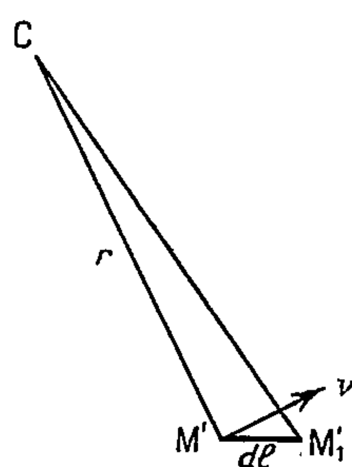


Fig. 1.

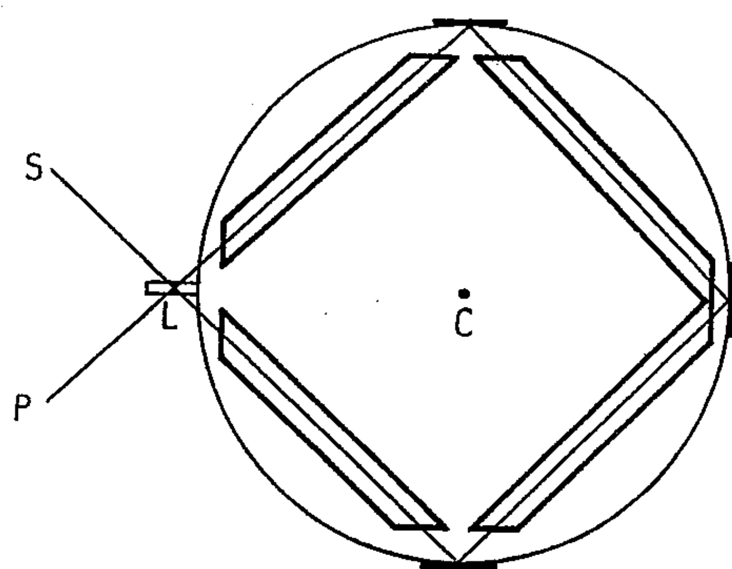


Fig. 2.

Or elle a, par rapport à ce disque, une vitesse $-v$ (ou $-\omega r$) et cette vitesse évaluée le long du trajet lumineux, est $-v\cos\mu$ (*fig.* 1). La vitesse de la lumière s'obtient donc, au premier ordre ([3]) par la formule de Fresnel

$$\frac{c}{n'_1} = \left(\frac{c}{n}\right) - v\cos\mu\left(1 - \frac{1}{n^2}\right),$$

μ désignant l'angle que fait l'élément dl avec la direction de la vitesse v (qui est perpendiculaire au rayon CM).

Sur le second faisceau, la vitesse de la lumière en chaque point est

$$\frac{c}{n'_2} = \left(\frac{c}{n}\right) + v\cos\mu\left(1 - \frac{1}{n^2}\right),$$

(rappelons que n est une constante et que v, n_1, n'_1 et μ sont variables).

Sur l'ensemble du circuit,

$$T_1 = \oint dl\,\frac{n'_1}{c}, \qquad T_2 = \oint dl\,\frac{n'_2}{c}, \qquad T_1 - T_2 = \oint dl\,\frac{n'_1 - n'_2}{c}.$$

([3]) En raison du degré de précision de toutes les expériences de ce genre (expériences de Sagnac, de Harress, de Dufour et Prunier) il n'y a pas lieu de pousser les calculs au delà du 1[er] ordre en v/c.

Or les formules qui donnent c/n'_1 et c/n'_2 peuvent s'écrire :

$$\frac{n'_1}{c}=\frac{n}{c-vn\left(1-\frac{1}{n^2}\right)\cos\mu}\quad \text{et}\quad \frac{n'_2}{c}=\frac{n}{c+vn\left(1-\frac{1}{n^2}\right)\cos\mu}.$$

D'où

$$\frac{n'_1-n'_2}{c}=2v(n^2-1)\frac{\cos\mu}{c^2-\ldots},$$

en négligeant les termes en v^2 devant c^2.

Tenant compte, en outre, de ce que $v\,dl\cos\mu=\omega r\,dl\cos\mu=2\omega\,d\mathfrak{A}$, $d\mathfrak{A}$ étant l'aire balayée sur le disque par le rayon CM, on a :

$$T_1-T_2=\oint 4\omega\frac{n^2-1}{c^2}d\mathfrak{A}=4\omega\frac{n^2-1}{c^2}\mathfrak{A}.$$

Si nous ajoutons le décalage des temps relativistes $D=4\omega\mathfrak{A}/c^2$, on trouve pour le retard R des ondes

$$R=D+T_1-T_2=4\omega\mathfrak{A}\frac{n^2}{c^2}.$$

Comme on l'a vu dans la Note précitée [1], c'est la valeur qui correspondrait à l'expérience si les tubes étaient fermés par des surfaces perpendiculaires aux rayons issus du centre du disque (*fig.* 2), de sorte que la proportion des trajets dans l'eau et dans l'air ne serait pas modifiée par la rotation du disque.

En fait cette condition n'était pas réalisée dans l'expérience telle qu'elle a été effectuée par MM. Dufour et Prunier, de sorte que le résultat observé a été différent.

La théorie de cette expérience en tenant compte des particularités de leur dispositif expérimental sera donnée dans une Note ultérieure.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la notion de vitesse de groupe.* Note (*) de M. **Paul Poincelot**, présentée par M. Louis de Broglie.

La notion de vitesse de groupe, due à Lord Rayleigh, a reçu de nombreuses applications en Physique; J. B. Pomey [1] en a bien montré le caractère hypothétique. Il paraît donc opportun de la justifier par la mesure ou par le calcul. L'auteur envisage des milieux dispersifs dont l'indice, en fonction de la pulsation ω, suit la loi

$$n=\sqrt{1-\frac{a^2}{\omega^2}},$$

où a est une constante.

(*) Séance du 28 janvier 1952.

[1] *Cours d'Électricité théorique*, 3, p. 166-183.

La propagation des ondes hertziennes dans l'ionosphère et dans les guides électriques, celle des ondes matérielles de la mécanique ondulatoire, satisfont à cette relation.

Considérons une onde plane, caractérisée au départ par un champ

$$E(t) = e^{i\Omega t}\Upsilon(t),$$

où $\Upsilon(t)$ désigne la fonction unité. Nous pouvons écrire

$$E(t) = \frac{1}{2\pi i}\int_{(C_1)} \frac{e^{i\omega t}}{\omega - \Omega}\,d\omega,$$

où C_1 désigne le contour de la figure 1, infiniment voisin de l'axe réel.

Après un parcours x, le champ devient

$$f(t) = \frac{1}{2\pi i}\int_{(C_1)} \frac{e^{i\omega t - \tau\sqrt{a^2-\omega^2}}}{\omega - \Omega}\,d\omega, \quad \text{avec} \quad \tau = \frac{x}{c},$$

c étant la vitesse de la lumière dans le vide, en tenant compte du caractère polymorphe de la fonction n.

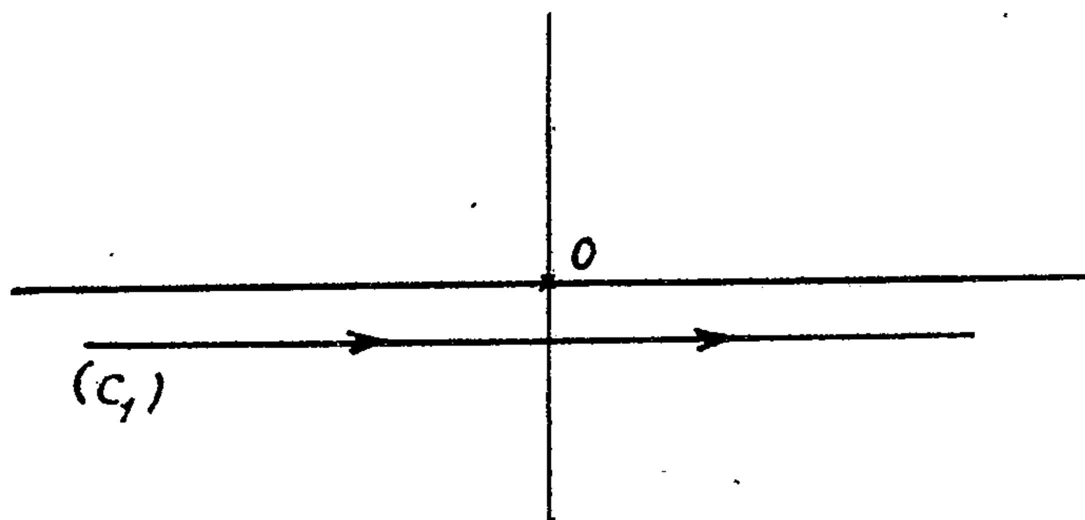


Fig. 1.

L'étude de l'intégrale précédente montre qu'elle est nulle pour t inférieur à τ, et différente de zéro pour des valeurs supérieures du temps; donc le front d'onde se propage avec la vitesse de la lumière dans le vide.

Pour $t > \tau$, on peut écrire

$$f(t) = F(t) + h(t),$$

où $F(t)$ désigne le régime permanent, et $h(t)$ l'intégrale

$$h(t) = \frac{1}{2\pi i}\int_{-\pi}^{+\pi} e^{iau\sin(z+i\delta)}\frac{\cos z}{\sin z - \sin z_0}\,dz,$$

avec

$$\tau = u\,\mathrm{sh}\,\delta, \qquad t = u\,\mathrm{ch}\,\delta, \qquad \sin z_0 = \frac{\Omega}{a}, \qquad z_0 = \frac{\pi}{2} + iy_0;$$

ou

$$h(t)=\frac{1}{2\pi i}\int_{-\pi+i\delta}^{+\pi+i\delta} e^{iau\sin z}\frac{\cos(z-i\delta)}{\sin(z-i\delta)-\sin z_0}dz.$$

Considérons le contour de la figure 2.

Pour $\delta>|y_0|$, c'est-à-dire $t<\tau/n$, τ/n étant le temps de propagation de groupe, $h(t)$ est la somme de deux fonctions :

$$h(t)=-\mathrm{F}(t)+k(t),$$

la fonction $-\mathrm{F}(t)$ provenant de la présence du pôle $z_0+i\delta$ à l'intérieur du contour parcouru dans le sens négatif.

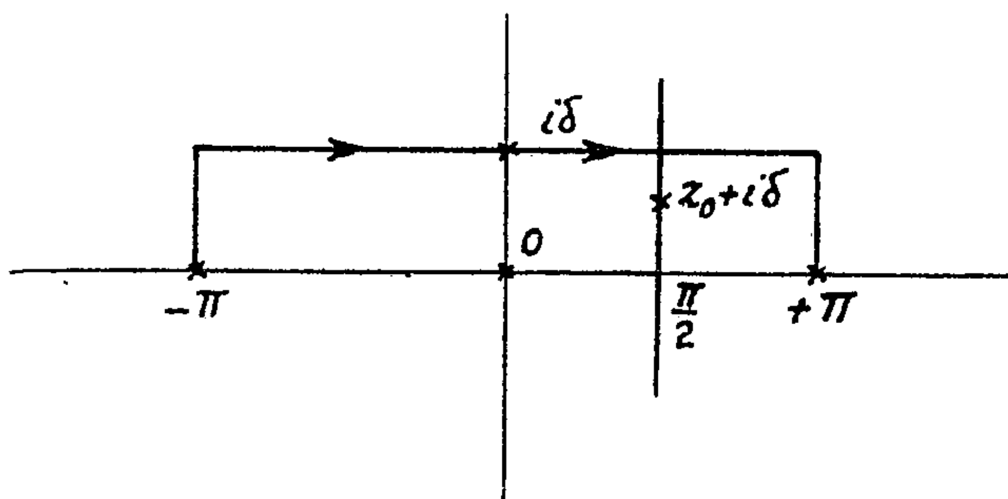


Fig. 2.

$k(t)$ est une intégrale analogue à celles de Dirichlet :

$$k(t)=\frac{1}{2\pi i}\int_{-\pi}^{+\pi} e^{iau\sin z}\frac{\cos(z-i\delta)}{\sin(z-i\delta)-\sin z_0}dz.$$

Elle tend vers zéro lorsque $u=\sqrt{t^2-\tau^2}$ croît indéfiniment. Pour $\delta<|y_0|$, c'est-à-dire $t>\tau/n$, le pôle $z_0+i\delta$ ne se trouve plus à l'intérieur du contour de la figure 2; $h(t)$ se réduit à $k(t)$.

En définitive, nous avons :

1° pour $t<\tau$, $\quad f(t)=0$;

2° pour $\tau<t<\frac{\tau}{n}$, $\quad f(t)=k(t)$;

3° pour $t>\frac{\tau}{n}$, $\quad f(t)=k(t)+\mathrm{F}(t)$.

Nous avons intégré la fonction $k(t)$ en développant la fonction

$$\frac{\cos(z-i\delta)}{\sin(z-i\delta)-\sin z_0}$$

en série de Fourier. On trouve ainsi une série de Bessel-Fourier, que l'on peut évaluer, par exemple, en remplaçant les fonctions de Bessel par des expressions asymptotiques. La fonction $k(t)$ présente un caractère apériodique et

tend rapidement vers zéro, lorsque la distance x est de l'ordre de quelques centaines d'ondes.

Nous pouvons donc formuler les conclusions suivantes : Dans le cas étudié, la notion de vitesse de groupe est rigoureuse à l'infini. A distance finie, elle est justifiée par le fait que le front d'onde et les signaux précurseurs disparaissent rapidement en se propageant, et présentent un caractère apériodique bien différent du régime permanent, qui se propage rigoureusement avec la vitesse de groupe.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur le champ soustractif et le rayon de l'électron.* Note de M. **Serge Slansky**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans le cas d'une particule douée d'un moment magnétique, l'introduction du champ soustractif, sous une forme analogue à celle qui a été utilisée précédemment pour le champ électrostatique, ne suffit pas à éliminer complètement la divergence dans l'énergie propre si la particule est ponctuelle. Sous certaines hypothèses, on pourrait attribuer à l'électron un rayon de l'ordre de 10^{-11} cm, voisin de $\hbar/2\,m_0c$.

1. Dans une précédente Note (1) nous avons considéré une particule électrisée de charge ε produisant un champ $\vec{E}=\vec{E}_1+\vec{E}_2$, dérivant d'un potentiel $V=V_1+V_2$, où V_1 est le potentiel électrostatique classique ε/r, et V_2 un potentiel mésique de la forme $-\varepsilon(e^{-k_0r}/r)$, en prenant comme densité d'énergie du champ l'expression

$$\rho(W)=\left(\frac{1}{8\pi}\right)[|E_1+E_2|^2+|k_0V_2|^2]. \tag{1}$$

En traitant d'une manière analogue le cas d'une particule possédant un moment magnétique $\vec{\mu}$, nous adjoindrons au champ classique $\vec{H}_1$, dérivant du potentiel vecteur

$$\vec{A}_1=\left[\vec{\mu}\times\operatorname{grad}\frac{1}{r}\right], \tag{2}$$

un champ du type mésique H_2, dérivant du potentiel vecteur

$$\vec{A}_2=-\left[\vec{\mu}\times\operatorname{grad}\frac{e^{-k_0r}}{r}\right] \tag{3}$$

de sorte que

$$\operatorname{rot}\vec{H}_2=k_0^2\,\vec{A}_2. \tag{4}$$

Nous prendrons comme densité d'énergie du champ (H_1+H_2) :

$$W=\left(\frac{1}{8\pi}\right)[|H_1+H_2|^2+|k_0A_2|^2]. \tag{5}$$

---

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1191.

Il en résulte l'expression suivante, en coordonnées sphériques :

$$\rho(\mathrm{W}) = 4\cos^2\theta\left|\frac{\mathrm{F}}{r}\right|^2 + \sin^2\theta\left|\frac{\mathrm{F}}{r} + \frac{d\mathrm{F}}{dr}\right|^2 + \left|\frac{d\mathrm{F}}{dr}\right|^2 + |k_0\mathrm{F}|^2; \tag{6}$$

$$\mathrm{F}(r) = \frac{d}{dr}\left(\frac{e^{-k_0 r}}{r}\right). \tag{7}$$

Si nous intégrons dans tout l'espace, nous arrivons finalement à l'intégrale

$$\mathrm{W} = \frac{\mu^2}{3}\int_0^\infty [3 + e^{-k_0 r}(-6 - 6k_0 r - 4k_0^2 r^2) + e^{-2k_0 r}(3 + 6k_0 r + 6k_0^2 r^2 + 4k_0^3 r^3 + 2k_0^4 r^4)]\frac{dr}{r^4}, \tag{8}$$

qui diverge à l'origine comme $\int (k_0^2/r^2)\, dr$.

En conséquence, l'introduction du champ soustractif sous la forme considérée ici ne suffit pas à rendre finie l'énergie propre d'origine magnétique pour une particule ponctuelle. Cependant, la divergence est un peu moins forte qu'avec les expressions classiques.

2. Si nous modifions le calcul précédent (et le calcul analogue pour l'énergie électrostatique) en remplaçant la particule ponctuelle par une distribution de charge et de moment sur une sphère de rayon r_0, nous trouvons que les nouvelles valeurs de H_2, A_2, E_2, V_2 se déduisent de celles correspondant à une particule ponctuelle en remplaçant la fonction $(e^{-k_0 r}/r)$ par $(e^{-k_0 r}/r)(1/k_0 r_0)\,\mathrm{sh}(k_0 r_0)$ à l'extérieur de la sphère, et par $(e^{-k_0 r_0}/k_0 r_0)\,\mathrm{sh}(k_0 r)/r$ à l'intérieur; E_1 et H_1 conservent leurs valeurs pour $r > r_0$ et s'annulent pour $r < r_0$. Après quelques calculs, nous obtenons l'expression suivante de l'énergie totale du champ produit par la sphère de rayon r_0 portant la charge ε et le moment $\vec{\mu}$:

$$\mathrm{W} = \frac{\varepsilon^2}{2r_0}\left[1 + \frac{(e^{-2k_0 r_0} - 1)}{2k_0 r_0}\right] + \frac{k_0\mu^2}{6r_0^2}(1 - e^{-2k_0 r_0}). \tag{9}$$

En introduisant dans cette expression la charge e de l'électron et son moment magnétique $e\hbar/2m_0 c$, et en prenant pour k_0 la valeur $2m_0 c^2/e^2$ correspondant sensiblement à la masse du méson $\pi(274 m_0)$, la condition

$$\mathrm{W} \leq m_0 c^2 \tag{10}$$

nous conduit au résultat suivant pour le rayon de l'électron

$$r_0 > 10^{-11}\ \mathrm{cm}. \tag{11}$$

Le calcul du rayon de l'électron d'après l'électromagnétisme classique ([2]) conduirait à des valeurs nettement inférieures.

La relation (11) serait par contre à peu près en accord avec le rayon de cer-

---

([2]) G. Petiau, *Revue scientifique*, 85, 1947, p. 916.

tains modèles quantifiés d'électron tournant (³) et avec les relations d'incertitude qui conduisent à

$$r_0 = \frac{\hbar}{2 m_0 c}. \quad (12)$$

En portant cette valeur dans la formule (12), l'énergie du champ aurait une valeur de l'ordre de la moitié de $m_0 c^2$.

MAGNÉTISME. — *Sur le paramagnétisme du chlorure cuivrique en solution aqueuse.* Note de Mlle **Paulette Berthier**, MM. **Clément Courty** et **Jean Gauthier**, présentée par M. Gaston Dupouy.

Dans une précédente Note [1], nous avons montré que le paramagnétisme du sulfate cuivrique en solution aqueuse s'accroissait très sensiblement lorsque la molalité descendait au-dessous de 0,291 et que cette augmentation s'accentuait encore au-dessous de 0,07 m sans que l'hydrolyse puisse être mise en cause.

Les présentes mesures, faites par la même méthode, montrent que le coefficient d'aimantation du chlorure cuivrique en solution aqueuse s'accroit aussi lorsque la molalité passe au-dessous de 0,283, et encore une fois, cette augmentation s'accentue au-dessous de 0,07 m pour atteindre une valeur considérable à la molalité 0,009.

Le tableau suivant donne en huit colonnes les teneurs en chlorure cuivrique anhydre pour cent en poids, les températures, les masses spécifiques, les molalités, les coefficients d'aimantation des solutions et du sel dissous, aux températures expérimentales, enfin ces mêmes coefficients ramenés à 20° C (colonnes 7 et 8).

La valeur acceptable pour le coefficient d'aimantation du $CuCl_2$ dissous, depuis la saturation jusqu'aux environs de 5 % en poids, est, à 20° C : $10^6 \chi = +11{,}30$ soit pour le coefficient moléculaire $10^6 \chi_M = +1519{,}3$. Ces valeurs confèrent à l'ion Cu^{++} à 20° C, compte tenu du diamagnétisme de l'ion chlore [$10^6 \chi_{A(Cl^-)} = -23{,}1$ d'après P. Weiss [2]] et du diamagnétisme sous-jacent du cuivre [-18.10^{-6} d'après Birch [3]] la valeur $10^6 \chi_{A(Cu^{++})} = 1583{,}5$ soit 1,94 magnétons de Bohr ou 9,65 magnétons de Weiss. Ces valeurs sont nettement supérieures à $10^6 \chi = +9{,}10$ pour $CuCl_2$ à 19° C selon Ishiwara [4], Takagi et Ishiwara [5]. Elles confirment les résultats de Birch [3], qui ne pou-

(³) Rosen, *Physical Review*, 82, 1951, n° 5, p. 621 ; Payn, *Physical Review*, 65, 1944, p. 39.

(¹) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 473.

(²) *J. Phys.*, VII, 1, 1930, p. 185 (d'après les mesures de Hocart).

(³) *J. Phys.*, IX, 6, 1928, p. 136.

(⁴) *Sc. Rep. Tohoku Imp. Univ.*, 3, 1914, p. 303; 5, 1916, p. 53; 9, 1920, p. 233.

(⁵) *Sc. Rep. Tohoku Imp. Univ.*, 3, 1914, p. 127.

$CuCl_2$ (poids %). 1.	t (°C). 2.	Masses spécifiques. 3.	Molalités. 4.	$10^6\chi$. Solution. 5.	$10^6\chi$ $CuCl_2$ diss. 6.	$10^6\chi$ $CuCl_2$ diss. à 20°C. 7.	$10^6\chi$. Solution à 20°C. 8.
42,37	16	1,5181	5,469	4,2813	11,08	10,9	4,217
40,88	15	1,5958	5,143	4,1696	11,24	11,0	4,091
39,29	15	1,4624	4,813	3,912	11,07	10,9	3,837
38,94	15,5	1,4617	4,743	3,946	11,27	11,1	3,881
36,77	15,5	1,4562	4,324	3,897	11,84	11,7	3,831
36,73	21	1,4419	4,318	3,714	11,35	11,39	3,728
35,99	15,5	1,4156	4,183	3,619	11,33	11,16	3,556
33,65	23	1,3832	3,772	3,379	11,46	11,58	3,418
31,95	24	1,3577	3,492	3,038	11,04	11,09	3,086
31,61	24	1,3467	3,437	2,966	10,94	11,09	3,013
31,45	23	1,3484	3,413	2,992	11,08	11,19	3,026
31,10	25	1,3423	3,357	2,944	11,06	11,25	3,002
28,78	26	1,3131	3,006	2,661	11,02	11,24	2,724
26,70	25,5	1,2828	2,708	2,416	11,02	11,26	2,478
24,83	27	1,2571	2,456	2,174	10,93	11,19	2,237
23,68	28	1,2438	2,301	2,033	10,90	11,20	2,103
22,64	28	1,2311	2,176	1,892	10,82	11,11	1,958
21,97	23	1,2269	2,094	1,893	11,17	11,28	1,917
21,75	28	1,2211	2,067	1,811	10,92	11,22	1,877
20,46	25	1,2061	1,913	1,692	11,07	11,26	1,781
18,65	25,5	1,1862	1,705	1,474	11,04	11,25	1,513
16,99	25	1,1673	1,522	1,287	11,09	11,28	1,319
15,60	25	1,1512	1,374	1,137	11,18	11,37	1,166
14,91	26	1,1447	1,303	1,040	11,09	11,31	1,073
13,50	26	1,1300	1,161	0,901	11,30	11,53	0,931
13,09	25	1,1172	1,120	0,895	11,62	11,82	0,922
12,09	25	1,1148	1,023	0,735	11,31	11,50	0,758
11,16	24	1,1108	0,934	0,583	10,96	11,11	0,600
10,44	25	1,0992	0,867	0,524	11,19	11,38	0,543
9,57	25	1,0886	0,786	0,425	11,25	11,44	0,443
8,71	25,5	1,0814	0,709	0,333	11,36	11,57	0,350
7,75	25,5	1,0729	0,625	0,220	11,41	11,62	0,236
7,27	26	1,0669	0,583	0,165	11,45	11,68	0,181
6,93	25,5	1,0649	0,534	0,134	11,45	11,66	0,138
6,50	25	1,0591	0,517	0,073	11,46	11,65	0,084
5,85	25	1,0519	0,462	—0,017	11,32	11,51	—0,005
4,81	19	1,0439	0,375	—0,087	12,42	12,38	—0,090
3,66	19	1,0328	0,283	—0,278	11,36	11,32	—0,279
2,77	19	1,0240	0,212	—0,379	11,61	11,57	—0,380
1,93	19,5	1,0170	0,146	—0,471	12,19	12,17	—0,471
1,34	19	1,0104	0,101	—0,538	12,81	12,77	—0,539
0,938	19	1,0063	0,070	—0,595	12,60	12,56	—0,596
0,836	23,5	1,0052	0,0627	—0,579	16,13	16,32	—0,578
0,612	23	1,0056	0,0457	—0,608	17,54	17,72	—0,607
0,409	23	1,0030	0,0305	—0,646	17,40	17,58	—0,645
0,213	22,5	1,0013	0,0159	—0,673	21,14	21,32	—0,672
0,122	22	1,0010	0,0090	—0,676	35,15	35,39	—0,676

vait pas affirmer la valeur 9,6 magnétons de Weiss en raison de quelques valeurs qu'il considérait comme aberrantes.

Cependant, pour atteindre les 10 magnétons de Weiss que nous avait donné le sulfate de cuivre dissous, il faudrait que le coefficient du chlorure cuivrique atteigne la valeur $10^6\chi = +12,15$. On voit que cette valeur n'est atteinte qu'au-dessous de la concentration de 2 °/₀ en poids.

Nos études continuent systématiquement sur d'autres sels du même cation.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Une équation réduite des trajectoires dans un miroir électronique.* Note de M. **Michel Bernard**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons montré dans une série de Notes récentes (¹), (²) l'intérêt de l'équation réduite de Picht pour l'étude des trajectoires dans une lentille électronique. Nous établissons ici une équation analogue pour le miroir; celle-ci permet le calcul des rayons si l'on connaît une seule fonction caractéristique du système. Cette fonction ne contient que la dérivée première du potentiel et prend partout des valeurs finies.

1. On obtient un miroir électronique à partir d'une lentille, en choisissant les tensions appliquées aux électrodes de façon que le potentiel axial $\Phi(z)$ s'annule pour une certaine valeur de l'abscisse que nous prendrons pour origine; nous choisissons sur l'axe un sens tel que la partie active du miroir corresponde aux valeurs positives de z.

La méthode de résolution des équations du mouvement des corpuscules dans une lentille ne peut être transposée servilement au cas des miroirs, car les électrons rebroussent chemin à l'origine et la trajectoire possède en ce point une tangente verticale. La variable z ne convient donc pas pour la représenter, mais un paramètre satisfaisant est s tel que

$$z = s^2.$$

Le rayon incident correspond aux valeurs positives de s et le rayon réfléchi aux valeurs négatives; la fonction $r(s)$ sera donc uniforme. D'autre part la pente de la trajectoire est donnée par

$$\frac{dr}{dz} = \frac{dr}{ds}\frac{ds}{dz}$$

et comme dz/ds est nul à l'origine, la tangente verticale du rayon sera fournie par la représentation paramétrique; la dérivée dr/ds sera toujours finie.

2. Explicitons le changement de variable dans les équations de Newton. Le

(¹) Bernard, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1354 et 1438.

(²) Grivet et Bernard, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 788.

potentiel est maintenant une fonction de s que nous appelons toujours Φ.

$$\frac{d^2r}{dt^2} = -\frac{r}{2}\left[\frac{d^2\Phi}{ds^2}\frac{1}{4s^2} - \frac{d\Phi}{ds}\frac{1}{4s^3}\right], \qquad \frac{d^2(s^2)}{dt^2} = \frac{d\Phi}{ds}\frac{1}{2s},$$

nous pouvons éliminer le temps sans danger puisque nous sommes assurés qu'il n'y a plus de difficulté à l'origine :

$$\frac{d^2r}{ds^2} + \frac{dr}{ds}\left[\frac{1}{2\Phi}\frac{d\Phi}{ds} - \frac{1}{s}\right] + \frac{r}{4\Phi}\left[\frac{d^2\Phi}{ds^2} - \frac{1}{s}\frac{d\Phi}{ds}\right] = 0,$$

équation où l'on peut encore faire disparaître le terme en dr/ds. Posons à cet effet :

$$r = \Phi^{-\frac{1}{4}}\sqrt{s}\,\rho(s).$$

On obtient alors une équation pour déterminer $\rho(s)$

$$\frac{d^2\rho}{ds^2} + \frac{3}{16}T\rho = 0. \qquad T = \left(\frac{1}{\Phi}\frac{d\Phi}{ds}\right)^2 - \frac{4}{s^2}.$$

C'est une équation réduite, qui ne contient qu'une seule fonction caractéristique calculable à partir de la dérivée première du potentiel comme l'équation de Picht des lentilles.

3. L'allure de la fonction T est simple. Au voisinage de l'origine, on peut poser :

$$\Phi(z) = \Phi'_0 z + \frac{1}{2}\Phi''_0 z^2 + \ldots,$$

Φ'_0 et Φ''_0 étant des dérivées par rapport à z. En remplaçant z par s^2 il vient :

$$T(s) = \frac{4}{s^2}\left[1 + \frac{\Phi''_0}{\Phi'_0}s^2 + \ldots\right] - \frac{4}{s^2}, \qquad T(s) = 4\frac{\Phi''_0}{\Phi'_0} + \ldots.$$

Ainsi la fonction caractéristique du miroir est finie à l'origine, pourvu que Φ'_0 soit différent de zéro. Dans le cas contraire, le système ne se comporte plus comme un miroir; les électrons ont un mouvement oscillatoire asymptotique au voisinage de l'origine :

$$r \to r_0 \sin(k \operatorname{Log} z).$$

On retrouve le système compliqué, étudié par Recknagel ([3]). Au voisinage de l'infini, au contraire, on a

$$\Phi(z) = \Phi_1\left(1 - \frac{a}{z} + \ldots\right),$$

ce qui conduit à

$$T(s) = \frac{4}{s^6}\left(1 + \frac{2a}{s^2} + \ldots\right) - \frac{4}{s^2}.$$

Le terme en $-4/s^2$ est prépondérant et fournit une solution

$$\rho(s) = \frac{1}{\sqrt{s}}(As^2 + B),$$

([3]) *Z. Physik*, 104, 1937, p. 381-394.

ce qui permet de montrer que le développement limité de ρ au voisinage de l'infini est de la forme

$$\rho = \frac{1}{\sqrt{s}}\left(\alpha s^2 + \beta + \frac{\gamma}{s^2} + \ldots\right),$$

T est donc une fonction simple que l'on pourra assimiler, dans des cas particuliers à des expressions classiques qui permettent d'intégrer l'équation réduite à l'aide de fonctions élémentaires. Nous examinerons ultérieurement le cas des miroirs dont la fonction caractéristique peut être représentée par une cloche de Glaser.

4. Le calcul des éléments cardinaux ne présente plus de difficulté. On détermine d'abord les deux constantes d'intégration de façon que la trajectoire incidente soit asymptote à une parallèle à l'axe d'ordonnée 1 :

$$\lim_{s \succ -\infty} \left(\frac{dr}{dz}\right) = 0, \qquad \lim_{s \succ -\infty} (r) = 1.$$

La distance focale est l'inverse de la pente de la trajectoire réfléchie correspondante :

$$\frac{1}{f} = \lim_{s \succ +\infty} \left(\frac{dr}{dz}\right).$$

Pour trouver l'abscisse du foyer, il faut faire un développement limité de la trajectoire pour s tendant vers $+\infty$; d'après le paragraphe 3, on a

$$r = \Phi^{-\frac{1}{4}} \sqrt{s}\, \rho(s) = \Phi_1^{-\frac{1}{4}} \left[\alpha s^2 + \beta + a\alpha + \frac{\gamma}{s^2} + \ldots\right]$$

ce qui donne

$$z_{F_i} = -\frac{\beta}{\alpha} - a.$$

Nous donnerons ultérieurement des applications détaillées de ces formules.

DÉCHARGE DANS LES GAZ. — « *Pile* » *à gaz ionisé en haute fréquence.* Note de Mlle **Madeleine Chenot**, présentée par M. Camille Gutton.

J'ai signalé dans une Note précédente (1) qu'un tube à décharge, excité sur ondes métriques entre électrodes externes, pouvait fournir une différence de potentiel constante entre deux électrodes au contact du gaz ionisé, s'il existait, dans la disposition des électrodes une dissymétrie produisant une déformation de la colonne lumineuse, par exemple un grand espace sombre au voisinage d'une électrode interne. Au premier abord, on est tenté de rapprocher cet effet du redressement qui se produit

(1) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 45.

dans les tubes à électrodes froides dissymétriques avec décharge luminescente, dont la soupape de Villard représente un ancien modèle. En fait, le tube contenant le gaz ionisé en H. F. ne joue pas le rôle d'un simple redresseur, il existe des différences essentielles entre les deux phénomènes.

En premier lieu, le courant continu débité par le tube dans une résistance extérieure ne traverse pas le circuit du résonateur relié aux électrodes externes et couplé à l'oscillateur; dans un redresseur normal, le courant redressé doit traverser le générateur dont la f. é. m. fournit la tension qui lui est appliquée. Dans le dispositif indiqué, on pourrait craindre des courants de fuite entre électrodes externes et internes par les parois du tube; mais l'expérience réussit avec des électrodes externes complètement séparées du tube à décharge; d'ailleurs, en l'absence de décharge, on n'observe aucune détection. Avec d'autres modes d'excitation que je ne décris pas ici, il est également évident que le courant continu ne peut traverser le circuit H. F.; son circuit se ferme donc par la colonne gazeuse.

Une seconde différence, corrélative de la première, réside dans le sens de passage du courant par rapport à la différence de potentiel entre les électrodes internes. Tandis qu'un redresseur à cathode chaude ou froide introduit toujours une chute de tension, dans le fonctionnement propre du tube, le courant à travers le gaz va de l'électrode interne à bas potentiel à l'électrode à haut potentiel. Il existe donc nécessairement dans la colonne gazeuse un champ électromoteur dont le travail fournit l'énergie du courant débité.

Un argument qui milite en faveur d'une interprétation différente d'un simple redressement est le suivant : si l'on monte le tube en série ou en opposition avec un générateur de tension continue, on peut réaliser des conditions telles qu'on ait une grande f. é. m. et qu'on puisse faire débiter au tube des courants continus d'intensités comparables dans les deux sens; un effet de redressement devrait bloquer le courant dans un sens. Un autre argument très important est fourni par l'étude du rapport entre l'intensité de l'excitation H. F. et la grandeur de la tension continue correspondante. Dans les tubes utilisés, pour les plus fortes excitations de l'ordre de plusieurs centaines de volts, le rapport entre la valeur de la tension continue E obtenue quand le tube ne débite pas et la valeur efficace de la tension d'excitation V_e est très variable suivant l'état de la décharge et souvent bien inférieur à l'unité. Mais, dans le cas des faibles excitations, ce rapport peut devenir nettement plus grand; il a atteint, par exemple, la valeur 10,9 dans un tube contenant de la vapeur de mercure à la température ordinaire, pour lequel on avait $V_e = 16,5$ V et $E = 180$ V. L'excitation étant pratiquement sinusoïdale, il est clair qu'il est alors impossible de parler d'un simple redressement : on a vraiment une pile à gaz ionisé en haute fréquence.

Quel est le siège du champ électromoteur ? La polarité du système n'est pas liée de façon absolue à la dissymétrie des électrodes. Pour une distribution géométrique donnée des quatre électrodes, le régime de décharge H. F. qui s'établit dépend beaucoup de la grandeur de l'excitation et de la pression du gaz; en faisant varier l'un ou l'autre de ces facteurs, on peut obtenir des changements de polarité du tube. C'est la distribution de la colonne ionisée qui détermine le phénomène; du moment que la décharge présente dans une région quelconque une hétérogénéité nette traduite par des différences de brillance dans l'aspect lumineux, le tube peut débiter du courant continu.

Quant à la nature du champ électromoteur, ce ne sont pas les phénomènes au contact électrode-gaz ionisé qui jouent un rôle fondamental, car l'hétérogénéité du plasma n'est pas obligatoirement au voisinage d'une électrode interne; en outre, la nature de ces électrodes : aluminium ou nickel, a peu d'importance pour la valeur de la f. é. m. du tube. L'hypothèse la plus simple est celle d'un champ électromoteur de diffusion forcée. L'excitation H. F. assure une certaine répartition moyenne de charges spatiales le long du tube. A ces hautes fréquences, les ions positifs sont pratiquement immobiles dans le plasma, les électrons seuls suivent avec un certain déphasage les oscillations du champ. La diffusion, très grande aux faibles pressions où l'on doit opérer pour avoir des effets bien marqués, tend à modifier cette répartition et provoque un écoulement continu de charges; c'est probablement par son intermédiaire que se réalise la transformation de l'énergie H. F. en énergie continue. Le mécanisme invoqué diffère totalement des processus habituels de redressement par les tubes à décharges.

La position de la zone d'hétérogénéité du plasma a une grande influence sur la forme de la caractéristique courant-tension du tube. Des exemples de telles caractéristiques seront décrits dans une prochaine Note.

OPTIQUE. — *Diffraction et interférence en lumière parallèle monochromatique avec une ouverture circulaire recouverte à moitié par une lame de verre.* Note de MM. **Edmond Charron** et **Norbert Segard**, présentée par M. Jean Cabannes.

Soit P un point de la source et P′ son image géométrique dans le plan focal de l'objectif. La moitié du faisceau horizontal issu de P traverse, sous l'incidence i, la lame de verre L à faces parallèles qui produit le retard optique $\delta = e(n\cos r - \cos i)$. Il semblerait donc que des franges circulaires doivent se former autour de l'axe optique normal à L. Or on n'observe qu'un éclairement uniforme. Ceci n'est pas dû au fait que les rayons parvenant en P sont incohérents (ils proviennent en effet d'enfilades d'atomes différents de la

source gazeuse), car l'aspect reste le même en réalisant une source monochromatique superficielle par diffusion de la lumière sur une surface polie recouverte d'un très mince dépôt d'une poudre fine.

Alors, pour simplifier la question, nous avons utilisé une source ponctuelle P. D'après ce qui précède, il semblerait qu'en inclinant progressivement L, on verrait successivement en P', des maxima et des minima nuls. Il n'en est rien. Soit D la tache centrale de diffraction de diamètre appréciable $2r_1$ (r_1, r_2, $\ldots$ = rayons des anneaux noirs successifs) que produit l'ouverture du diaphragme en l'absence de L. Lorsque L recouvre la moitié de l'ouverture sous l'incidence normale puis qu'on l'incline progressivement (δ augmente), on voit, par moments, D comme en l'absence de L, puis un sillon vertical sombre traverse D d'un bord à l'autre, la partageant en deux parties, D_1 et D_2; D_1 augmente aux dépens de D_2, qui finit par disparaître; D reprend l'aspect initial et le phénomène recommence.

Par ailleurs, lorsque l'intensité de la source est suffisante, il y a encore un peu de lumière en dehors de D, D_1 et D_2. On voit principalement un pointillé lumineux horizontal lorsque D_1 et D_2 sont égales.

Explication du phénomène. — La lumière est diffractée par les deux demi-cercles du diaphragme. Considérons, dans le plan focal de l'objectif, des axes $xP'y$ ($P'x$ horizontal) et un point $M(x, y)$. Les rayons diffractés respectivement par les deux demi-cercles apportent, en M, deux vibrations résultantes qui ont la même amplitude a et qui, en l'absence de L, présenteraient la même différence de phase φ_0 par rapport au rayon central. L ajoute le déphasage $\varphi_1 = 2\pi\delta/\lambda$ sensiblement constant dans le champ d'interférence et les deux vibrations sont déphasées de $2\varphi_0+\varphi_1$, donnant l'intensité résultante $A^2 = 4a^2\cos^2[\varphi_0 + (\varphi_1/2)]$. Évaluons a et φ_0 en fonction de x et y. En supposant L retirée, l'intensité $A^2 = 4a^2\cos^2\varphi_0$ est bien connue : diffraction en lumière parallèle, par une ouverture circulaire; mais ici nous devons étudier séparément la part qui provient de chaque demi-cercle. M s'éloignant de P' : 1° suivant $P'y$, $\varphi_0 = 0$ et $A^2 = 4a^2$, grand maximum central puis minima nuls aux distances r_1, r_2, $\ldots$ et maxima secondaires très faibles; 2° suivant $P'x$: la construction de Fresnel et la connaissance de $A^2 = 4a^2\cos^2\varphi_0$ montre que a^2 décroît d'abord rapidement, passe par un minimum de notable intensité, lorsque $x \simeq r_2$, puis par un maximum pour $x \simeq r_3$, ... Ces maxima et minima successifs sont de moins en moins accentués et diminuent progressivement d'intensité. Quant x augmente, φ_0 croît de 0 ($x=0$) à $\pi/2$ ($x=r_1$) puis un peu au delà de $\pi/2$ décroît, revient à $\pi/2$ et oscille ensuite autour de $\pi/2$ avec une amplitude de plus en plus faible; 3° en dehors de $P'x$ et $P'y$: a^2 devient beaucoup plus faible pour une même valeur de $P'M$ (analogue à la diffraction par une ouverture rectangulaire).

On a donc, en M, avec L, $A^2 = 4a^2\cos^2[\varphi_0 + (\varphi_1/2)]$. Lorsque $\varphi_1 = 2K\pi$, L est sans effet et l'on observe D avec les anneaux extérieurs peu lumineux.

Lorsque φ_1 prend des valeurs quelconques, on a d'abord sur $P'y$, $\varphi_0 = 0$ et $A^2 = 4a^2 \cos^2(\varphi_1/2)$ et quand $\varphi_1 = (2k+1)\pi, A^2 = 0$: sillon noir au millieu de D. Le long de $P'x$, tant que x ne dépasse guère r_1, φ_0 varie à peu près linéairement de façon à atteindre $\pi/2$ pour $x = r_1$. L'intensité est nulle pour $\cos^2[\varphi_0 + (\varphi_1/2)] = 0$: on a un sillon noir vertical ($\varphi_0 \simeq$ const pour y faible). Lorsqu'en inclinant plus ou moins L, on fait varier φ_1, φ_0 et donc x relatif à ce sillon noir varient, c'est-à-dire que celui-ci glisse à droite ou à gauche : la traversée de D est complète pour φ_1 variant de 2π (vérification expérimentale à 0,014 près sur 223 évolutions).

Par ailleurs lorsque $P'M > r_1$, a^2 et donc A^2 sont très faibles le long de $P'y$, mais notablement supérieurs le long de $P'x$; φ_0 oscille alors autour de $\pi/2$ avec une amplitude faible par rapport à $\pi/2$ et décroissante. Par suite, lorsque $\varphi_1 \simeq (2k+1)\pi$, $A^2 \simeq 4a^2$, d'où sa variation le long de $P'x$: alternativement maxima et minima non nuls pour $x \simeq r_1, r_2, \ldots$ Comme a^2 décroît très vite lorsque M s'écarte de $P'x$, on observe donc une sorte de pointillé lumineux le long de cet axe. Quand φ_1 prend des valeurs différentes $\cos^2[\varphi_0 + (\varphi_1/2)]$, et par suite A^2, diminuent beaucoup.

Absence ou formation de franges. — Ce qui précède explique qu'une source étendue donne un éclairement uniforme. Par contre, avec une fine source lumineuse linéaire et spécialement rectiligne verticale, D ou D_1 et D_2 et le pointillé engendrent des franges verticales à condition que φ_1 soit constant pour tout le champ. Quand $\varphi_1 = 2k\pi$ on n'observe guère qu'une seule frange D' (formée par D) très lumineuse, et lorsque $\varphi_1 = (2k+1)\pi$ elle se dédouble en D'_1 et D'_2 et l'on voit, en plus, quelques franges secondaires des deux côtés. Il peut arriver que, à cause de la variation de i, φ_1 n'ait pas la même valeur pour tous les points de la source (l'inclinaison de L s'étant faite autour d'un axe horizontal) et les taches de diffraction correspondantes ne se trouvent donc pas dans la même phase du phénomène : D'_1 et D'_2 semblent s'enrouler l'une autour de l'autre et les franges secondaires, bien visibles dans la région où D'_1 et D'_2 sont distinctes et égales, s'effacent et disparaissent au voisinage des régions où elles se recouvrent.

SPECTROSCOPIE. — *Le spectre d'absorption dans l'ultraviolet proche de la vapeur de paradifluorobenzène.* Note de MM. **Armand H. Delsemme** et **Jules Duchesne**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le spectre de $C_6H_4F_2$-para a été photographié au moyen d'un spectrographe Hilger et d'un réseau de 7 m donnant respectivement une dispersion de 25 et 2,5 Å : mm dans la région intéressante. Nous avons utilisé un dispositif permettant de régler indépendamment la température et la pression dans le tube d'absorption, d'une longueur égale à 10 cm, contenant la vapeur de $C_6H_4F_2$.

Nous avons fait varier la température de — 100° C à 440° C, tandis que le domaine des pressions exploré correspondait à la tension de vapeur saturante de la substance pour des températures comprises entre — 160° C et — 60° C.

Dans ces conditions opératoires, nous avons observé un système de 50 bandes environ, toutes dégradées vers le rouge, s'étendant de 2750 Å à 2200 Å. La bande 0,0 est exactement située à 36.843 cm⁻¹. La structure générale du système et la position de son origine démontrent que la transition en cause correspond au système bien connu du benzène vers 2600 Å (1). Pour C_6H_6 la transition électronique, interdite par symétrie (D_{6h}), est du type $A_{1g} \rightarrow B_{2u}$. Pour $C_6H_4F_2$, la symétrie initiale du benzène est réduite de la classe D_{6h} à la classe D_{2h}, ainsi que l'a montré l'un de nous (2). Il en résulte que l'état électronique excité B_{2u} se transforme en B_{3u} dans $C_6H_4F_2$ et l'on peut montrer que la transition nouvelle, $A_{1g} \rightarrow B_{3u}$, est permise dans le groupe D_{2h}. C'est bien ce que suggèrent nos observations, puisque l'intensité des bandes permises de $C_6H_4F_2$ est de l'ordre de mille fois supérieure à celle des bandes interdites de C_6H_6. La variation d'intensité observée en passant de $C_6H_4F_2$ à C_6H_6 semble beaucoup plus grande que celle existant entre le monofluorobenzène ou les autres dérivés halogénés, qui donnent également lieu à une transition permise, et le benzène. En effet, dans ces derniers cas, on observe (1) un rapport d'intensité de l'ordre de dix. L'intensité de $C_6H_4F_2$ dépasse également sensiblement la valeur déduite des moments spectroscopiques de Platt (3) en admettant, pour la composition des moments, la règle d'addition vectorielle.

Notons ici que la bande 0, 0 de $C_6H_4F_2$ est déplacée vers le rouge de 1246 cm⁻¹ par rapport à C_6H_6. D'autre part, les bandes sont complexes. Une étude de l'effet de température sur la structure de ces bandes démontre, outre la présence de la série principale 0, v, l'existence de séquences situées du côté rouge. L'écart entre les composantes s'élève à environ 40 cm⁻¹ et correspond à la différence entre une vibration de l'état normal égale à 859 cm⁻¹ et une vibration de l'état excité égale à 820 cm⁻¹. L'analyse du spectre nous a permis d'effectuer l'attribution des fréquences, exprimées en cm⁻¹, aux modes normaux de vibration Ag, ainsi que le résume le tableau ci-dessous.

		Modes Ag	
	Pulsation CC.	Déformation $\widehat{CCC}$.	Valence CF.
$C_6H_4F_2$ état normal (A_{1g})	859	450	1261
$C_6H_4F_2$ état excité (B_{3u})	820	410	1251

(1) H. Sponer et E. Teller, *Rev. Mod. Phys.*, 13, 1941, p. 75; H. Sponer, *ibid.*, 14, 1942, p. 224; A. L. Sklar, *J. Chem. Phys.*, 10, 1942, p. 135; S. H. Wollman, *J. Chem. Phys.*, 14, 1946, p. 123; F. M. Garforth, C. K. Ingold et H. G. Poole, *J. Chem. Soc.* 1948, p. 406.

(2) A. H. Delsemme, *J. Chem. Phys.*, 18, 1950, p. 1680.

(3) J. R. Platt, *J. Chem. Phys.*, 19, 1951, p. 263.

Les fréquences de l'état normal correspondent très bien à celles qui ont été mesurées en Raman pour l'état liquide ([2]).

On constate que l'excitation d'un électron π du noyau carboné, qui est responsable du spectre, affecte les fréquences de vibration de manière variable. Les constantes de force F, G, f, caractérisant la rigidité des liaisons CC, des angles CCC, et des liaisons CF sont, dans l'état normal, respectivement environ égales à 6, 0,8 et $6,5.10^5$ dynes : cm ([4]). On peut rendre compte des fréquences de l'état excité en admettant que F et G diminuent respectivement de 10 et 20 %. En ce qui concerne f, la diminution calculée de 2 % n'est pas significative. La formule de Badger permet de déduire les variations correspondantes pour les distances CC. Nous trouvons pour CC, à l'état excité, un accroissement de 0,03 Å (1,39 → 1,42 Å). Pour le benzène, Garforth, Ingold et Poole ([5]) obtiennent 0,04 Å (1,39 → 1,43 Å). Quant à la liaison CF, elle reste pratiquement inchangée. D'autre part, l'influence sur la rigidité des angles CCC est considérable. Cet effet, qui avait été découvert pour le benzène ([5]) et que nous confirmons pour $C_6H_4F_2$, est important du point de vue de la théorie. Il démontre essentiellement que l'hybridation trigonale sp^2 du carbone benzénique est loin de déterminer complètement la rigidité angulaire du noyau carboné dans son propre plan.

Il est bien connu que la liaison CH du benzène subit une contraction marquée, dans l'état excité ([5]). Cette différence avec le comportement de CF s'interprète bien si l'on admet que les électrons π de $C_6H_4F_2$, à l'état normal, participent à la liaison CF. En effet, l'excitation, qui diminue le caractère liant de ces électrons, entraîne, dans ces conditions, une dilatation de CF. Ce facteur de dilatation compense l'effet de contraction, dont l'origine est similaire pour CH et CF.

RAYONS X. — *Anticathodes filiformes.*

Note de M. **Jean Barraud**, présentée par M. Charles Mauguin.

Un fil métallique très fin tendu sur le trajet d'un faisceau d'électrons est utilisé comme anticathode. On obtient ainsi un foyer de rayons X très petit. Le dispositif peut être utilisé en particulier en radiocristallographie.

La technique actuelle des tubes à rayons X à foyer fin est bien connue : on concentre le faisceau d'électrons sur une anticathode plane au moyen d'un champ électrique ou magnétique; on obtient ainsi un foyer dont les dimensions réelles peuvent être réduites à $0,1 \times 0,5$ mm et les dimensions apparentes, l'anticathode étant vue sous un angle de 6° environ, à $0,1 \times 0,05$ mm.

([4]) A. H. Delsemme, résultats non publiés.

([5]) F. M. Garforth, C. K. Ingold et H. G. Poole, *J. Chem. Soc.*, 1948, p. 508.

On pouvait se demander s'il était possible de limiter la grandeur du foyer, non seulement en réduisant la section du faisceau d'électrons par focalisation, mais encore en diminuant les dimensions de l'anticathode : un fil fin tendu perpendiculairement au faisceau d'électrons constituerait ainsi une source de rayons X dont la largeur serait égale au diamètre du fil.

Le comportement thermique d'un fil placé dans de telles conditions posait un problème qu'il nous a paru plus rapide d'aborder par la voie expérimentale (¹).

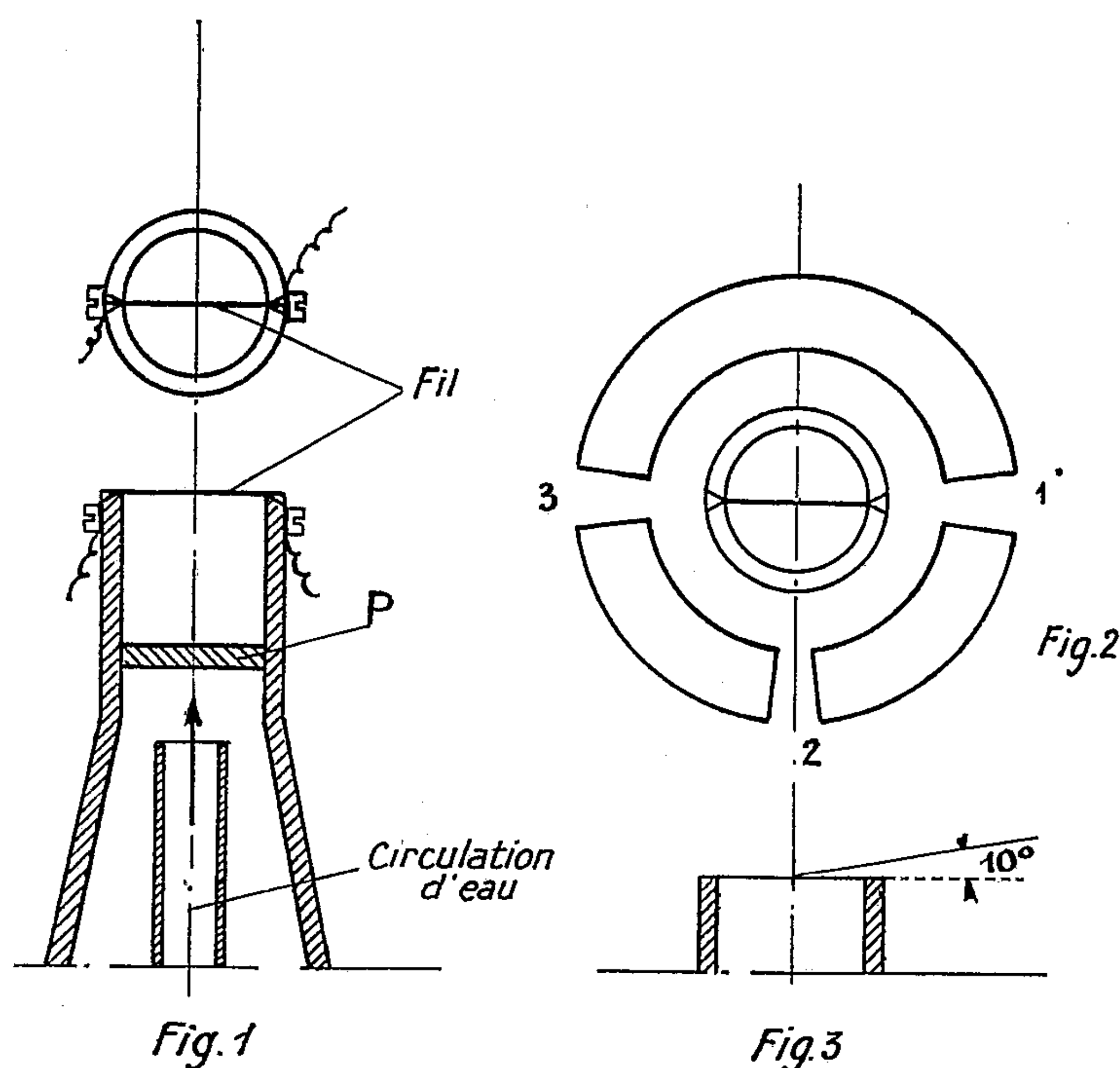


Fig. 1 Fig. 3

Nos premiers essais ont été effectués en plaçant un fil de cuivre de 0,03 mm de diamètre sur le trajet du faisceau d'électrons d'un diffractographe. Ils nous ont paru justifier une étude plus complète.

Nous avons donc poursuivi les essais d'une manière systématique en utilisant un tube à anticathode incandescente, sur pompe, convenablement

(¹) Nos premiers essais remontent au début de 1950. Les détails expérimentaux et les résultats obtenus, y compris les diagrammes de diffraction, ont fait l'objet d'une Note technique enregistrée aux Archives du Centre National de la Recherche scientifique le 27 avril 1951. Tout à fait indépendamment, K. Drenck et R. Pepinsky ont publié la description d'un tube qui s'inspire d'une idée analogue (*Rev. Sc. Instr. U. S. A.*, 22, 1951, p. 539-540). L'anticathode est constituée par une « épingle » (pin-point target), elle supporte une très forte charge *instantanée* (3 kW : mm² pour le cuivre). Il s'agit, en effet, d'un tube stroboscopique destiné à l'étude des cristaux piézoélectriques.

modifié. Le fil est disposé comme l'indique la figure 1. La pastille de l'anticathode, reportée en P, reçoit la partie (la plus importante) du faisceau d'électrons (focalisé ou non) qui n'a pas été interceptée par le fil. Le foyer est vu en vraie grandeur par la fenêtre 2 et sous un angle de 10° par les fenêtres 1 et 3 (*fig.* 2 et 3).

Les fils utilisés étaient en cuivre, en molybdène et en tungstène; le diamètre variait de 25 à 50 μ (il existe des fils de tungstène de 7 à 8 μ, mais il ne nous a pas encore été possible de nous en procurer).

La tension était de l'ordre de 30 kV; l'intensité totale d'environ 1 mA, mais une très petite partie de ce débit correspondait à l'impact sur le fil, le reste étant recueilli par la pastille P.

Résultats. — Les fils de cuivre sont très fragiles. Ceux de molybdène durent plus longtemps; quant à ceux de tungstène, ils nous ont donné d'excellents résultats. Ils peuvent fonctionner d'une manière continue pendant plusieurs dizaines d'heures pourvu que le régime du tube soit soigneusement réglé au-dessous d'une valeur critique : il suffit, en pratique, d'observer le fil par une des fenêtres (garnie de verre au plomb) et de régler le débit en se basant sur la brillance du fil qu'on maintient, au jugé, au-dessous de celle d'une lampe à incandescence à filament de tungstène dans le vide.

Le fil se refroidit par deux modes : rayonnement sur toute sa longueur et conduction aux extrémités; il est difficile de dire *a priori* quel est le plus important; la longueur et le diamètre jouent vraisemblablement d'ailleurs un très grand rôle, ainsi que le rapport de la profondeur de pénétration des électrons au diamètre du fil.

Il faut noter que si au lieu de laisser le fil immobile on lui imprimait une translation suivant sa direction, le refroidissement s'effectuerait dans de bien meilleures conditions : un dispositif permettant ce mouvement est à l'étude.

Si l'intensité globale de l'émission X est faible du fait de la petite surface de l'anticathode, la brillance est cependant élevée comme nous avons pu nous en rendre compte en utilisant le dispositif pour la prise de diagrammes radiocristallographiques. Ces diagrammes qui, comme on pouvait le prévoir, sont d'une très grande finesse, feront l'objet d'une prochaine Note.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Équations générales pour le calcul des polarisabilités moléculaires.* Note de M. **Jean Guy** et Mlle **Monique Harrand**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'application d'un champ électrique $\vec{F}$ à une molécule quelconque fait

apparaître un moment dipolaire induit $\vec{M} = \alpha.\vec{F}$ où

$$(1) \qquad \alpha = \begin{pmatrix} a_{xx} & a_{xy} & a_{xz} \\ a_{yx} & a_{yy} & a_{yz} \\ a_{zx} & a_{zy} & a_{zz} \end{pmatrix}$$

est le tenseur des polarisabilités. Si ψ_0 est la fonction propre normée représentative de la molécule en l'absence de champ, la fonction propre ψ en présence du champ uniforme $\vec{F}$ s'écrira, en se limitant aux termes du premier ordre par rapport aux composantes F_x, F_y, F_z

$$(2) \qquad \psi\left(x_1, y_1, \ldots, z_n; \vec{F}\right) = \psi_0\left[1 + \sum_u F_u f_u\right] \qquad \left(u = \begin{cases} x \\ y \\ z \end{cases}\right)$$

f_x, f_y et f_z sont trois fonctions à déterminer des coordonnées des n électrons, telles que

$$f_u = \frac{1}{\psi_0}\left(\frac{\partial\psi}{\partial F_u}\right)_{F_u=0}.$$

L'énergie en présence du champ

$$(3) \qquad E = E_0 - \frac{1}{2}\vec{M}.\vec{F} = E_0 - \frac{1}{2}\sum_u\sum_v a_{uv} F_u F_v$$

se déduit de ψ et de l'opérateur hamiltonien H en présence du champ

$$(4) \qquad H = H_0 - \sum_u F_u(u_1 + u_2 + \ldots + u_n)$$

par la relation classique

$$(5) \qquad E = \frac{\int \psi H \psi \, d\tau}{\int \psi^2 \, d\tau}.$$

Il suffit de développer l'égalité (5) en utilisant (2) et (4), de tenir compte de l'identité [1]

$$(6) \qquad H_0 f_u \psi_0 = f_u H_0 \psi_0 - \overrightarrow{\text{grad} f_u}.\overrightarrow{\text{grad} \psi_0} - \frac{1}{2}\psi_0 \Delta f_u$$

et de remarquer que les intégrales du type

$$(7) \qquad \int\left[\overrightarrow{\text{grad} f_u}.\overrightarrow{\text{grad} \psi_0^2} + \psi_0^2 \Delta f_u\right] d\tau$$

---

[1] En unités atomiques (a_0 pour les distances, e^2/a_0 pour l'énergie).

sont nulles par suite des propriétés des fonctions propres aux limites du domaine d'intégration pour arriver, lorsque l'origine des coordonnées est située au centre de gravité électronique de la molécule non perturbée

$$\left(\int (u_1+\ldots+u_n)\psi_0^2\,d\tau=0\right),$$

à la relation

$$(8)\qquad E=E_0-\frac{1}{2}\sum_u\sum_v F_uF_v\int\left[4(u_1+\ldots+u_n)f_v-\overrightarrow{\text{grad}\,f_u}.\overrightarrow{\text{grad}\,f_v}\right]\psi_0^2\,d\tau,$$

f_x, f_y et f_z seront déterminées par la condion de minimum de E, c'est-à-dire par le système d'équations d'Euler

$$(9)\qquad \frac{\partial\Phi}{\partial f_u}-\sum_{u_k}\frac{\partial}{\partial u_k}\frac{\partial\Phi}{\partial\left(\frac{\partial f_u}{\partial u_k}\right)}=0,$$

en posant

$$(10)\qquad \Phi\left(x_1,\ \ldots,\ z_n;\ f_x, f_y, f_z;\ \frac{\partial f_x}{\partial x_1},\ \ldots,\ \frac{\partial f_z}{\partial z_n}\right)$$
$$=\sum_u\sum_v F_uF_v\left[4(u_1+\ldots+u_n)f_v-\overrightarrow{\text{grad}\,f_u}.\overrightarrow{\text{grad}\,f_v}\right]\psi_0^2.$$

Le système (9) est ici équivalent à

$$(11)\qquad 2(u_1+\ldots+u_n)\psi_0+\psi_0\,\Delta f_u+2\,\overrightarrow{\text{grad}\,f_u}.\overrightarrow{\text{grad}\,\psi_0}=0$$

Les équations (11) ne peuvent théoriquement admettre qu'une seule solution f_x, f_y, f_z acceptable telle que ψ reste de carré sommable. Une fois celle-ci déterminée, la comparaison de (3) et de (8) donne les éléments du tenseur (1)

$$(12)\qquad a_{uv}=\frac{1}{2}(a_{uv}+a_{vu})=\int\left[2(u_1+\ldots+u_n)f_v+2(v_1+\ldots+v_n)f_u-\overrightarrow{\text{grad}\,f_u}\overrightarrow{\text{grad}\,f_v}\right]\psi_0^2\,d\tau.$$

Les relations (11) et (12) généralisent à toutes les molécules une précédente méthode de calcul due à Slater et Kirkwood ([2]), valable pour les atomes à symétrie sphérique. Elles ont l'avantage, dans le cas très fréquent où la géométrie de la molécule n'indique pas les directions des axes de polarisabilités principales, d'être utilisables pour tout système d'axes dont l'origine est au centre de gravité électronique.

([2]) *Phys. Rev.*, 37, 1931, p. 682.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *A propos de l'existence des particules positives émises par* ^{32}P, *émetteur des rayons* β^-. Note (*) de Mlle **Tosiko Yuasa**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Les recherches des particules positives émises par ^{32}P ont été faites par les deux méthodes : chambre de Wilson et spectrographe magnétique des rayons β. On a confronté les résultats positifs obtenus par ces deux méthodes.

L'existence des particules positives aux voisinages de la source des β^- a été signalée par plusieurs auteurs (1) dans les expériences faites à l'aide de la chambre de Wilson, tandis qu'elle n'a pas été mise en évidence par d'autres méthodes, notamment par les spectrographes magnétiques (2). Cette divergence a fait supposer à certains auteurs la fausseté du phénomène (3) due aux erreurs possibles avec la chambre de Wilson. Nous avons donc repris cette étude, en améliorant les conditions expérimentales, en vue de pouvoir mettre en évidence l'existence du phénomène d'une part, et expliquer, d'autre part, la divergence des résultats obtenus par ces deux méthodes.

Nous avons étudié d'abord ce phénomène à l'aide de la chambre de Wilson en utilisant soit une source de ^{32}P sans matière déposée sur une feuille de collodion de 0,1 μ ou de mica de 5 μ dont la surface est très petite (~ 2 mm²) introduite au sein de la chambre, soit une source déposée dans un canaliseur d'Al. La chambre a été remplie soit d'air, soit d'un mélange d'He et d'H_2, soit d'He pur à la pression atmosphérique.

Nous avons examiné, à l'aide du stéréocomparateur de Pülfrich, les trajectoires qui avaient une apparence d'être positives sur les points suivants : 1° si le point de départ de la trajectoire en question se trouve près de la source (plus près que 4 mm); 2° si la trajectoire ne touche pas aux parois de la chambre ou ne sort pas de la zone éclairée; 3° si la variation du rayon de courbure le long de la trajectoire est dans un sens positif. D'après ces examens, on a classé les trajectoires dans quatre catégories : AA, A, B et C. On montre les résultats obtenus dans le tableau suivant :

(*) Séance du 28 janvier 1952.

(1) *Voir* les références citées par J. H. Spaa, *Thèse de Doctorat*, Amsterdam, 1949 ou J. H. Spaa, G. Steneker et G. J. Sizoo, *Physica*, 16, 1950, p. 555; F. C. Champion et A. A. Ahamed, *Nature*, 168, 1951, p. 780.

(2) *Loc. cit.* et G. Groetzinger, Communication privée, ou G. Groetzinger et D. Kahn, *Phys. Rev.*, 80, 1950, p. 108.

(3) C. B. A. Mc Cusker, *Nature*, 161, 1948, p. 564; K. L. Erdman, G. T. Kokotailo et D. B. Scott, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 1262; B. Brunelli et D. Cunsolo, *Nuovo Cimento*, 7, 1950, p. 847.

Milieu gazeux.	Champ magnétique (gauss).	Nombre de β^-.	Nombre de positifs. AA.	A.	B.	Total.	$\frac{N^+}{N^-} \cdot 10^3$. AA.	AA+A.	Total.
Air...............	460	4857	2	4	4	10	0,41	1,24	2,06
He + H_2.........	375	1611	0	1	1	2	0	0,62	1,24
He (canal).......	400	4837	0	3	3	6	0	0,62	1,24
Total........		11305	2	8	8	18	0,18	0,88	1,60

Nous avons ensuite effectué une expérience avec un petit spectrographe magnétique à focalisation de 180° de duralumine dont le rayon de courbure de trajectoire est de 2,5 cm. Un petit compteur à bille de verre dont la fenêtre diaphragmée d'une dimension de $1,5 \times 4$ mm est fermée par une feuille de formvar de 100 μg : cm² a été utilisé. Le pouvoir de séparation est environ 3 %. Toutes les précautions possibles pour diminuer la diffusion des rayons β^- parasites ont été prises. Une source de ^{32}P de 2,7 mC préparée à Harwell et déposée sur une feuille de formvar de 100 μg : cm² était presque sans matière. En utilisant cette source nous avons obtenu les résultats montrés dans les figures 1 et 2.

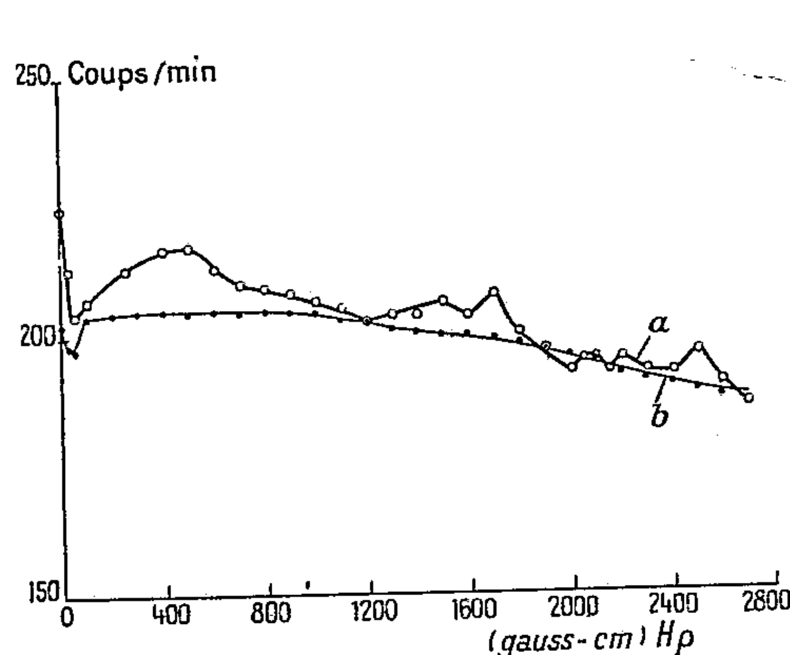


Fig. 1.

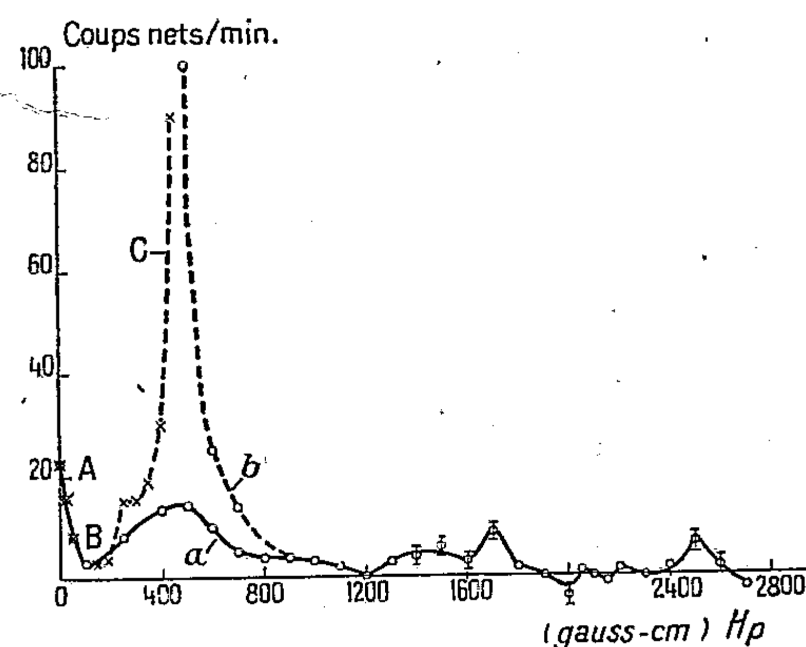


Fig. 2.

Fig. 1. — Courbe *a* : diaphragme devant la source onverte;
courbe *b* : diaphragme devant la source fermée.

Fig. 2. — Courbe *a* : coups nets positifs bruts; courbe *b* : coups nets positifs corrigés par l'absorption de la fenêtre du compteur de 100 μg/cm²; courbe *c* : coups nets négatifs bruts.

La courbe *a* dans la figure 1 montre que le nombre des électrons secondaires dus aux rayons X produits par les rayons β^- dans les matières entre la source et le compteur est assez important malgré le bloc de Pb qui y est interposé. Par contre, comme l'on voit dans la partie AB dans la figure 2, la diffusion des β^- parasites dans le spectrographe diminue très rapidement lorsque le champ magnétique s'établit. Ce fait se produisait pour deux sens du champ magnétique inférieur à 80 gauss (le vrai comptage ne commence pas encore

dans ce domaine à cause de l'absorption par la fenêtre du compteur). Par conséquent, la plupart des coups comptés au-dessus de 100 gauss doivent être de vrais coups. Le rapport N^+/N^- est estimé 7.10^{-5} et 10^{-4}. Si l'on tient compte de l'absorption et la diffusion des rayons de faible énergie par la fenêtre du compteur, en admettant que ces positifs soient β^+, ce rapport devient au moins trois fois plus grand pour les rayons d'énergie supérieure à 20 keV. Cette valeur est en effet inférieure à celle obtenue par la chambre de Wilson mais lorsqu'on tient compte que cette dernière favorise le nombre des rayons de faible énergie observés, cette divergence deviendrait moindre.

Si l'on admet que ces positifs proviennent de la matérialisation interne des énergies cinétiques des β^- de ^{32}P, la théorie de Møller donne la valeur suivante : $2.10^{-8} < N^+/N^- < 2.10^{-7}$.

CHIMIE MINÉRALE. — *Application de la technique de chromatographie sur papier à l'étude de quelques méta et polyphosphates d'existence et de constitution discutées.* Note de M. **Jean-Pierre Ebel**, présentée par M. Paul Lebeau.

Dans une Note précédente (1), nous avons décrit, avec M. Volmar, une technique de séparation de très petites quantités de méta et polyphosphates par chromatographie sur papier. Nous y avons indiqué une liste de solvants acides et alcalins, qui, associés en chromatographie bidimensionnelle, permettent une séparation intégrale des phosphates suivants : *a*. orthophosphate, pyrophosphate, triphosphate (2) et sel de Graham (polyphosphate de haut poids moléculaire); *b*. triméta et tétramétaphosphates. L'addition dans la formule des solvants acides de petites quantités d'ammoniaque (0,2 à 0,3 %) améliore encore les séparations.

Nous avons pensé que cette technique pourrait apporter des indications sur les composés de ces familles, dont l'existence en solution et la structure sont encore discutées. L'apparition d'une tache supplémentaire serait l'indice de la présence d'un produit nouveau. Par ailleurs, sa position sur le chromatogramme donnerait, éventuellement, une indication sur sa structure, les polyphosphates (linéaires) et les métaphosphates (cycliques) se plaçant dans des régions bien distinctes. Il faut cependant remarquer que la méthode ne permet de donner des renseignements que sur l'existence de composés en solution et suffisamment stables pour résister pendant quelques heures à froid à l'acidité ou à l'alcalinité des solvants employés. Leur stabilité n'a pourtant pas besoin d'être extrême, puisque des corps

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 415.

(2) L'appellation « triphosphate » nous semble préférable à celle de « tripolyphosphate », souvent employée.

comme le trimétaphosphate ou le sel de Graham restent intacts. La non détection chromatographique signifiera donc, soit la non existence en solution, soit l'instabilité très grande des composés étudiés.

Dans le groupe des métaphosphates d'existence discutée figurent les mono et dimétaphosphates. La technique chromatographique ne nous a pas permis de déceler un monométaphosphate. Le composé décrit comme tel par Beans et Kiehl ([3]), obtenu par chauffage du phosphate monosodique à 600°, puis cristallisation à 450°, a donné une tache correspondant au trimétaphosphate. Quant au monométaphosphate de Pascal ([4]), préparé par action du métaphosphate d'éthyle sur l'alcoolate de sodium en suspension dans l'éther, il a fourni, à côté d'une faible tache placée au niveau du trimétaphosphate et d'une traînée due à des polyphosphates échelonnés entre le triphosphate et le sel de Graham, des taches nouvelles pouvant indiquer un monométaphosphate. Mais, étant donné la présence de matières organiques, nous les attribuons plutôt à des phosphates d'éthyle, que Pascal signalait comme impuretés. De plus, après chauffage à la température de 250-300° qui décompose les phosphates organiques et, d'après Pascal, devrait laisser intact le monométaphosphate, on ne retrouve que des méta et polyphosphates classiques.

Nos essais de mise en évidence par chromatographie d'un dimétaphosphate ont également échoué. Le dimétaphosphate de Pascal et Rechid ([5]), préparé par chauffage de l'acide phosphorique à 320° et neutralisation, a donné toute une série de taches dues à des polyphosphates échelonnés entre le pyrophosphate et le sel de Graham. Le dimétaphosphate de Travers et Chu ([6]), obtenu par chauffage dans le vide à 250° du mélange $PO_4Na_2H\ 12\,H_2O$, NO_3NH_4 et $ClNH_4$, a fourni une tache correspondant au trimétaphosphate. L'acide dimétaphosphorique de Travers et Chu ([7]), préparé par action de l'éther saturé d'eau sur P_2O_5, a donné des taches montrant la présence d'acide tétramétaphosphorique, à côté de petites quantités de divers acides polyphosphoriques. Enfin, l'analyse chromatographique des composés obtenus par déshydratation de l'orthophosphate monosodique entre 200 et 270°, zone dans laquelle Laforgue-Kantzer ([8]) a décelé un dimétaphosphate, n'a mis en évidence qu'une tache correspondant au pyrophosphate.

Parmi les diverses méthodes devant aboutir à un mono et à un diméta-

---

([3]) *J. Amer. Chem. Soc.*, **49**, 1927, p. 1878.

([4]) *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 1398; *Bull. Soc. Chim.*, **33**, 1923, p. 1611.

([5]) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 828 et 860.

([6]) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 2100.

([7]) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 2169.

([8]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1869; *Thèse Doct. ès Sc. phys.*, Paris, 1950.

phosphate, celles que nous avons reproduites ne nous ont donc pas permis de retrouver, par chromatographie sur papier, d'autres produits que les méta ou polyphosphates classiques. Ce résultat indique que le monomère et le dimère, à supposer qu'ils existent en solution, présentent une très grande instabilité, rendant impossible leur détection chromatographique.

Dans le groupe des polyphosphates, nous avons pu mettre en évidence le tétraphosphate préparé récemment par Thilo et Rätz (9) par hydrolyse alcaline du tétramétaphosphate. Le produit huileux obtenu a fourni une tache nouvelle, dont la position sur le chromatogramme correspondait nettement à un tétraphosphate. Son existence et sa stabilité en solution sont ainsi confirmées.

Conclusion. — La chromatographie sur papier ne permet d'individualiser, dans le groupe des métaphosphates, que les triméta et tétramétaphosphates. Dans le groupe des polyphosphates, elle décèle, en plus de l'orthophosphate, le pyro, le tri, le tétraphosphate et le sel de Graham.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur l'étude des erreurs dans les dosages argentométriques de mélanges d'halogénures alcalins.* Note (*) de MM. **Henri Chateau** et **Jacques Pouradier**, présentée par M. Paul Pascal.

Küster (1) et Thiel (2) en dosant potentiométriquement un mélange de deux halogénures alcalins par une solution de NO_3Ag ont observé que les courbes obtenues ne correspondent pas aux courbes théoriques. Clark (3) a confirmé ces résultats et supposé une adsorption de l'halogénure d'argent le plus soluble sur le moins soluble. Flood et Bruun (4), puis Kolthoff, en collaboration avec Yutzy (5) et Eggertsen (6) ont étudié le mélange $Br^- + Cl^-$ en se limitant à quelques cas particuliers.

Nous avons repris ces travaux et étudié systématiquement par voies potentiométrique et chimique les mélanges $Cl^- + Br^-$, $I^- + Br^-$. L'étude du mélange $Cl^- + I^-$ est en cours.

Soient A et B les deux halogénures, et supposons que A donne le sel d'argent le moins soluble.

Si à l'aide d'une électrode d'argent on suit le dosage de A seul, puis du

(9) *Z. anorg. Chem.*, 260, 1949, p. 256.

(*) Séance du 28 janvier 1952.

(1) *Z. anorg. Chem.*, 19, 1899, p. 81.

(2) *Z. anorg. Chem.*, 24, 1900, p. 1.

(3) *J. Chem. Soc.*, 1, 1926, p. 749.

(4) *Z. anorg. Chem.*, 229, 1936, p. 85.

(5) *J. Amer. Chem. Soc.*, 59, 1937, p. 916.

(6) I. M. Kolthoff et F. T. Eggertsen, *J. Am. Chem. Soc.*, 61, 1939, p. 1036.

mélange A + B en gardant une même concentration pour A, on peut comparer sur un graphique les deux courbes de variation du potentiel en fonction du volume de NO_3Ag. Pour des concentrations de B inférieures à une certaine limite dépendant des produits de solubilité des sels d'argent donnés par A et B, les deux courbes devraient se confondre jusqu'au point équivalent de A puisque A seul devrait précipiter. L'expérience montre qu'il n'en est pas ainsi. Un exemple type est reporté sur la figure 1 où la courbe M correspond à une solution de IK et la courbe N à un mélange de IK et de BrK. Les écarts observés permettent d'évaluer les erreurs commises sur les titres de A et B en mélange. Ces erreurs sont en général constantes et reproductibles dans des conditions opératoires identiques.

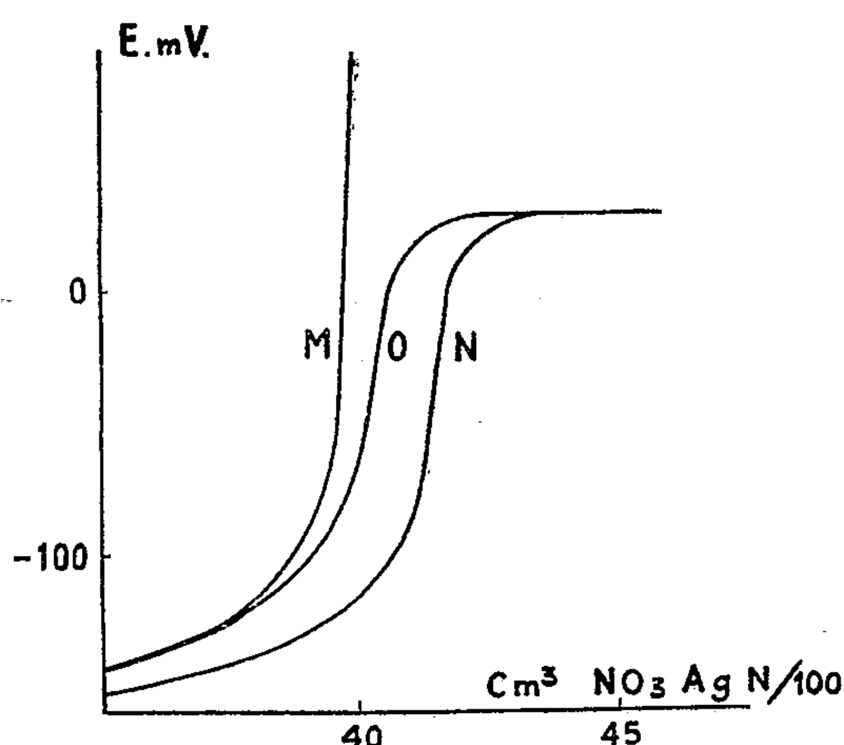


Fig. 1.

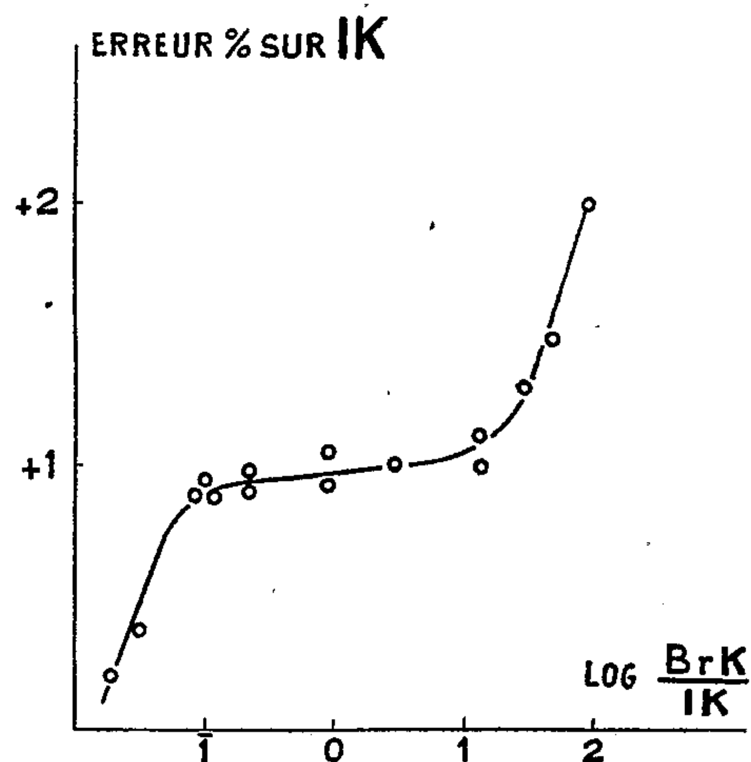


Fig. 2.

A est toujours dosé par excès et, par suite, B par défaut, la somme A + B étant dosée avec exactitude dans tous les cas ([3]). La vitesse d'addition du NO_3Ag ainsi que le pH (entre 8 et 2) sont sans influence sur les résultats, mais la dilution de A + B augmente les écarts. Les erreurs augmentent encore si l'on accroît le rapport B/A (*fig.* 2).

Les précipités restent colloïdaux en cours de dosage. Si l'on ajoute un agent floculant [NO_3K, $(SO_4)_3Al_2$], l'allure des phénomènes n'est pas modifiée, mais les écarts diminuent (courbe o, *fig.* 1). Ce dernier cas est intéressant, car il permet d'effectuer un dosage sur le précipité après filtration.

En ajoutant à un mélange de A et B la quantité de NO_3Ag équivalant à A seul, on peut faire les remarques suivantes :

1° D'après les courbes, il doit rester du corps A en solution.

2° Les dosages de A en solution sont en bon accord avec les quantités déduites des courbes de titrage.

3° Une analyse du précipité montre que B a partiellement précipité.

4° La quantité moléculaire de B dans le précipité est la même que celle de A restée en solution.

5° L'addition de substances sulfurantes à la solution a permis de conclure a l'absence d'argent complexé.

6° Si l'on filtre le précipité et qu'on le laisse en contact avec une solution de A, l'analyse indique toujours la présence de B dans le précipité.

7° La quantité de B dans le précipité diminue si l'on précipite A seul et que l'on ajoute B.

8° L'examen des diagrammes de diffraction de rayons X obtenus avec la collaboration de M. M. Taillade a permis de constater dans le précipité un déplacement de raies du corps A. Ceci est à rapprocher des résultats de Wilsey ([7]) sur des cristaux obtenus par fusion de mélanges d'halogénures d'argent.

Bien que la grosseur des grains puisse intervenir, il ne semble pas que l'adsorption soit la cause prépondérante du phénomène car, d'une part, l'ordre de grandeur des quantités susceptibles d'être adsorbées est nettement inférieure aux écarts observés et, d'autre part, les effets 6°, 7° et 8° ne sont pas explicables par une adsorption. L'hypothèse d'une formation de complexes solubles entre les ions B et les ions Ag^+ ne peut être retenue, car elle conduirait à un précipité ne contenant pas B. En outre la présence de A dans la solution tend à s'opposer à la formation de ces complexes ([8]).

L'hypothèse formulée par différents auteurs ([1]), ([2]), ([4]) selon laquelle il y aurait précipitation de cristaux mixtes d'halogénures d'argent explique les faits observés et particulièrement les variations de maille du réseau cristallin. Les résultats détaillés de nos mesures seront publiés ultérieurement.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Nouvelle technique de microdosage de chlorures, bromures et iodures alcalins par le nitrate d'argent.* Note de MM. **Michel Hasselmann** et **Gilbert Laustriat**, présentée par M. Paul Lebeau.

Les travaux de Lottenmoser ([1]) ont montré qu'en solutions diluées, les particules colloïdales de chlorure, bromure, iodure d'argent, obtenues par précipitation de l'halogénure correspondant, par le nitrate d'argent, ne restent stables qu'en présence d'un excès, même léger, soit de l'halogénure alcalin, soit de nitrate d'argent. Fajans et ses collaborateurs ([2]), dans des

---

([7]) *J. Frank. Inst.*, 200, 1925, p. 739.

([8]) H. Chateau et J. Pouradier, *Colloque de Science Photographique*, Paris 1951; *Sc. et Ind. Phot.*, [2], 23, 1952, (à paraître).

([1]) *J. Prakt. Chem.*, 68, 1903, p. 341; 72, 1905, p. 39; 73, 1906, p. 374; *Z. Physik. Chem.*, 60, 1907, p. 451; 133, 1928, p. 69.

([2]) *Neuere Massanalytische Methoden*, Stuttgart, 1937.

recherches portant sur les indicateurs d'adsorption et leurs applications à la volumétrie, ont attribué à la particule colloïdale d'halogénure d'argent la faculté d'adsorber électivement l'ion halogène X^-, si l'halogénure se trouve en excès, et former ainsi un ensemble chargé négativement $(AgX)X^-$. En présence d'un excès de nitrate d'argent, l'halogénure d'argent colloïdal adsorbera les ions Ag^+ pour donner un ensemble chargé positivement $(AgX)Ag^+$. Les charges ainsi acquises par le granule assurent la stabilité de la suspension colloïdale, en dehors du point d'équivalence, point pour lequel on observe la floculation.

On sait qu'un faisceau lumineux traversant un milieu hétérogène, en particulier une solution colloïdale, présente, à la sortie, un changement dans sa teinte. Ceci est une conséquence de la diffusion de la lumière, diffusion d'autant plus grande qu'elle intéresse des lumières de longueur d'onde plus courte (effet Tyndall). Dans la lumière transmise, la proportion de lumière rouge aura tendance à s'accentuer. D'autre part, s'il est admis que la lumière transmise dépend de la nature des particules diffusantes, on sait que sa composition et son intensité dépendent, dans une proportion inverse, du nombre des particules et du carré de leur grosseur (formule de Lord Rayleigh).

Ainsi, lors de l'addition progressive de nitrate d'argent à une solution diluée d'un chlorure, bromure ou iodure alcalin, on ne voit pas la lumière blanche, traversant le milieu, changer très sensiblement de couleur. Par contre, au point d'équivalence, point où les granules d'halogénure d'argent ont perdu leur charge, floculent et changent brusquement de dimensions, le faisceau de lumière transmise devient subitement rouge. On constate donc que, dans la variation de la couleur de la lumière transmise, le changement des dimensions des particules l'emporte de beaucoup sur l'augmentation de leur nombre.

Compte tenu de l'observation de ces phénomènes, et en nous conformant aux indications que nous donnons ci-dessous, nous sommes parvenus à effectuer très aisément et avec une bonne précision des dosages de chlorures, bromures et iodures alcalins par le nitrate d'argent.

Le matériel nécessaire est des plus réduits et des plus courants : une microburette d'une capacité de 5 cm^3, un vase à précipitation de 100 cm^3, une lampe ordinaire, un écran en verre dépoli sur lequel sera projeté le faisceau de lumière transmise.

Nous avons fait les titrages en milieu neutre, suivant le protocole ci-après :

Dans le vase à précipitation : 50 cm^3 de la solution de chlorure, bromure ou iodure alcalin.

Dans la microburette : nitrate d'argent N/25.

L'épaisseur de solution traversée par le faisceau lumineux doit être comprise entre 4 et 6 cm.

La solution d'halogénure doit avoir une concentration correspondant à une normalité comprise entre N/500 et N/3 000.

L'addition de nitrate d'argent est faite lentement. Chaque addition est suivie d'une bonne agitation.

Dans les limites de concentration indiquées, les titrages peuvent être effectués avec une erreur relative ne dépassant pas 1 %. Mais, suivant l'halogénure considéré, des différences se manifestent au moment de l'appréciation du « virage » de la tache observée.

Dans le cas des chlorures, les premières affusions de nitrate d'argent déterminent une opalescence marquée, qui va en s'accentuant à mesure que de nouvelles quantités de nitrate d'argent sont ajoutées. Il y correspond sur la tache lumineuse observée une teinte jaune qui vire progressivement à l'orangé. Au moment de l'équivalence, la couleur passe brusquement au rouge, puis, au bout de quelques secondes, la tache s'éteint, par suite de la précipitation complète du chlorure d'argent.

Pour les bromures, jusqu'aux alentours du virage, la tache lumineuse ne change pratiquement pas de couleur. Cela correspond dans la solution à un trouble blanchâtre, à peine visible. Au virage, la tache passe du jaune au rouge, sans transition.

Les iodures donnent dès la première goutte de nitrate d'argent, un trouble laiteux blanc-jaunâtre qui s'épaissit rapidement aux alentours de l'équivalence. Juste avant le virage, la tache devient rouge. A ce moment, l'addition de 1/100 de centimètre cube de nitrate d'argent N/25 provoque un brusque épaississement. La tache est diffusée et réapparaît en jaune.

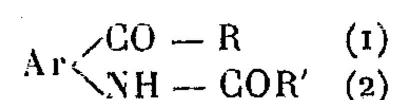
Cette méthode, dont il n'est pas besoin de faire ressortir la simplicité, a été appliquée avec succès au dosage des chlorures dans les eaux d'alimentation, dans le lait, et semble pouvoir être étendue dans le domaine de la chimie alimentaire comme dans celui de la chimie biologique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un nouveau mode de dégradation des indols en acides anthraniliques substitués*. Note (*) de MM. **Charles Mentzer** et **Yvan Berguer**, présentée par M. Marcel Delépine.

En vue de déterminer la structure des composés naturels dérivés de l'indol, il est nécessaire de recourir à des procédés de dégradation permettant de scinder la molécule hétérocyclique en fragments de plus faible dimension, dont l'identification est possible par comparaison à des modèles préalablement

(*) Séance du 15 octobre 1951.

obtenus par voie synthétique. Le procédé le plus couramment utilisé dans ce but au cours de ces dernières années, consiste à faire agir de l'oxygène ozonisé sur le composé à étudier (¹). De cette façon, il peut se former un ozonide (²)(³) dont la transformation ultérieure aboutit à un dérivé de structure



dans lequel R et R′ peuvent être un atome d'hydrogène, ou un reste aromatique ou aliphatique. Quand l'indol de départ n'est pas substitué en position 3, R devient un groupement OH et dans ces conditions l'hydrolyse du corps obtenu aboutit à un acide anthranilique facile à identifier par chromatographie sur papier.

Il nous a été également possible d'utiliser ce procédé dans un but synthétique, en particulier pour l'élaboration d'une nouvelle préparation de l'acide hydroxy-3 anthranilique (⁴) en partant d'un méthoxy-7 indol. Malheureusement dans ce cas, les rendements de la scission ne sont pas constants, surtout quand on opère sur des quantités importantes de substance. Pour cette raison nous avons été amenés à envisager d'autres oxydants plus aptes à réaliser la coupure de la double liaison hétérocyclique. L'anhydride chromique, préconisé par divers auteurs (⁵) ne peut s'appliquer au cas des méthoxy-7 indols. Tout récemment Raacke-Fels et coll. (⁶) ont montré que l'eau oxygénée additionnée de molybdate d'ammonium est capable d'oxyder le β-naphtol en acide *o*-carboxy-cinnamique par scission de la molécule au niveau de la double liaison en 1-2. Une technique analogue nous a maintenant permis d'attaquer également le noyau indolique et de montrer que les produits terminaux de la réaction d'oxydation sont identiques à ceux qu'on obtient à l'aide de l'oxygène ozonisé. Cependant, l'attaque par le peroxyde d'hydrogène s'effectue plus rapidement que l'ozonation et les rendements de l'opération sont en général plus élevés. D'autre part, certains indols comme le (diméthoxy-3′-4′ phényl)-2, phényl-3 indol peuvent être dégradés très aisément par l'eau oxygénée molybdique, alors que l'ozone dans les mêmes conditions aboutit à des goudrons dont il n'est pas possible d'isoler de substance définie.

Outre ses applications analytiques, le nouveau procédé d'oxydation présente de nombreuses possibilités synthétiques et permet en particulier de

---

(¹) Scholz, *Helv. Chim. acta*, 18, 1935, p. 923 et Witkop, *Ann.*, 556, 1944, p. 103-114.

(²) Karrer et Enslin, *Helv. Chim. acta*, 32, 1949, p. 1390-1402.

(³) Mentzer, Molho et Berguer, *Bull. Soc. Chim.*, 17, 1950, p. 555.

(⁴) Mentzer, Molho et Berguer, *Bull. Soc. chim.*, 17, 1950, p. 782.

(⁵) Koelsch, *J. am. chem. soc.*, 66, 1944, p. 1983; *voir* aussi Schofield et Theobald, *J. chem. soc.*, 9, 1950, p. 1505.

(⁶) Raacke-Fels et coll., *J. org. chem.*, 15, 1950, p. 627-630.

préparer très aisément l'acide hydroxy-3 anthranilique et ses dérivés tels que la damascénine (méthoxy-3 N-méthylanthranilate de méthyle), alcaloïde naturel des semences de Nigella damascéna.

Partie expérimentale. — A une solution de 0,005 mol de l'indol à scinder, dans 30 cm³ de CH_3 COOH, ajouter 0,6 cm³ d'une solution aqueuse de molybdate d'ammonium à 1 %, puis goutte à goutte 5 cm³ d'eau oxygénée à 110 volumes. Abandonner 15 à 18 heures à la température du laboratoire, puis verser le mélange dans un excès d'eau distillée. Si le corps formé renferme un groupement COOH, il est purifié par dissolution dans une solution aqueuse de bicarbonate de sodium et reprécipitation. Dans les autres cas, une recristallisation dans l'alcool aboutit en général à une substance pure.

SUBSTANCES PRÉPARÉES. — *Benzoylamino-2 méthoxy-4' benzophénone* (3). $C_{21}H_{17}O_3N$, F 118°, Rdt 82 %. *Acide N-benzoylanthranilique* $C_{14}H_{11}O_3N$ (3). F 178°, Rdt 91 %. (*P-méthoxybenzoylamino*)-2, *méthyl*-5 *acétophénone* $C_{17}H_{17}O_3N$, F 128°, Rdt 62 %, C. calc. 72 %, C. tr. 71,58 %; H. calc. 6 %, H. tr. 5,73 %. (*diméthoxy-3-4 benzoylamino*)-2 *benzophénone*, F 137°. Ce corps donne par hydrolyse de l'acide vératrique et non de l'acide benzoïque.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la chlorométhylation du diphénylméthane.* Note de MM. **Claude Maquin** et **Henry Gault**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'objet de cette Note est d'exposer quelques-uns des résultats que nous avons obtenus, au cours de nos recherches dans la série du diphénylméthane, en appliquant tout d'abord à l'hydrocarbure lui-même la réaction de chlorométhylation.

Voici le mode opératoire auquel nous nous sommes provisoirement arrêtés :

On chauffe à 110-115° pendant cinq heures une solution acétique de diphénylméthane, additionnée d'acide phosphorique, avec le mélange chlorométhylant acide chlorhydrique-trioxyméthylène. On verse ensuite la suspension formée sur de la glace; il se sépare une huile qu'on lave abondamment à l'eau et distille sous 15 mm.

On recueille deux fractions :

1° 130-160° : diphénylméthane non transformé; 55 % ;

2° 160-185° : *p*-chlorométhyl-diphénylméthane brut (I); 38 %.

Le rendement par rapport à la théorie est ainsi de 84,4 %.

Par redistillation sous 15 mm de la fraction 2°, on sépare le *para*-chlorométhyl-diphénylméthane pur : ($É_{15}$ 182°).

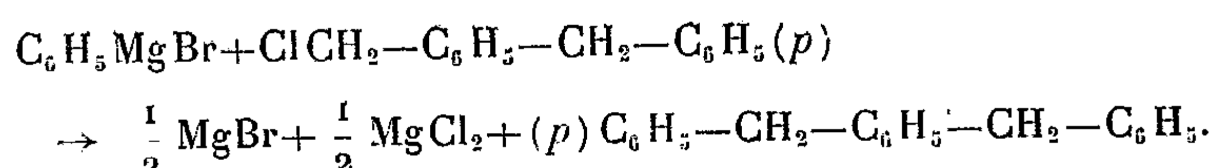
Le résidu, si l'on a pris soin de ne pas trop le surchauffer au cours de la distillation, cristallise au refroidissement.

Par essorage de la petite quantité d'huile qu'il retient, puis recristallisation dans l'alcool absolu, on obtient un produit blanc distillable sans décomposition

notable à 195° sous 15 mm et fondant à 108°. (Rdt environ 4 %). C'est le *p.p*-dichlorométhyl-diphénylméthane symétrique (II) identique à celui obtenu par Weiler (1) par condensation de deux molécules de chlorure de benzyle avec une molécule de formaldéhyde sous l'action de l'acide sulfurique concentré.

La constitution du *para*-chlorométhyl-diphénylméthane qui n'avait pas encore été obtenu jusqu'à présent a été établie de la manière suivante :

1° Traité par le magnésien du bromobenzène, il donne, avec un rendement de 40 %, le *para*-dibenzylbenzène (III) (F 86°), déjà préparé par Thiele et Balhorn (2) et par Rabzevitch et Subkoski (3)



$$C_6H_5MgBr + ClCH_2{-}C_6H_5{-}CH_2{-}C_6H_5\,(p)$$
$$\rightarrow \tfrac{1}{2}\,MgBr + \tfrac{1}{2}\,MgCl_2 + (p)\,C_6H_5{-}CH_2{-}C_6H_5{-}CH_2{-}C_6H_5.$$

2° Chauffé avec une solution alcoolique de cyanure de potassium au reflux pendant quatre heures, il donne, après extraction, séchage et distillation sous vide, le nitrile correspondant (IV), liquide clair d'odeur assez agréable rappelant la pêche, qu'il ne nous a pas été jusqu'à présent possible d'isoler à l'état de pureté absolue.

Saponifié par la soude alcoolique 2N à reflux pendant 4 heures, le nitrile brut donne, après extraction éthérée de l'insaponifiable, puis acidification, un solide blanc qui, recristallisé dans le benzène. fond à 124° et que nous avons identifié à l'acide *para*-benzylphénylacétique (V).

Hydrolysé par la soude alcoolique 2N, le *para*-chlorométhyldiphénylméthane ne nous a pas conduits, comme nous l'espérions, à l'alcool correspondant (VI). Il se forme très probablement en majeure partie l'éther-oxyde (VII).

Nous avons cependant obtenu cet alcool en faisant réagir le *para*-chlorométhyldiphénylméthane sur l'acétate de sodium fondu en milieu acétique à l'ébullition, et en saponifiant par la soude alcoolique 2N l'ester acétique formé. C'est un solide se présentant en belles aiguilles blanches F 42°, E_{15} 190° :

(I)	$(p)\,C_6H_5{-}CH_2{-}C_6H_5{-}CH_2Cl,$
(II)	$(p)\,ClCH_2{-}C_6H_5{-}CH_2{-}C_6H_5{-}CH_2Cl\,(p),$
(III)	$(p)\,C_6H_5{-}CH_2{-}C_6H_5{-}CH_2{-}C_6H_5,$
(IV)	$(p)\,C_6H_5{-}CH_2{-}C_6H_5{-}CH_2CN,$
(V)	$(p)\,C_6H_5{-}CH_2{-}C_6H_5{-}CH_2COOH,$
(VI)	$(p)\,C_6H_5{-}CH_2{-}C_6H_5{-}CH_2OH,$
(VII)	$(p)\,C_6H_5{-}CH_2{-}C_6H_5{-}CH_2{-}O{-}C_6H_5.$

(1) *Ber.*, 7, p. 1187.
(2) *Ber.*, 37, p. 1467.
(3) *Chem. Zent.*, 1, 1915, p. 836.

Nous nous proposons d'étendre ces recherches à d'autres dérivés du diphénylméthane, l'un de nos buts étant d'étudier l'action phytohormonale des acides qui en dérivent. Cette étude est en cours et les résultats en seront publiés dans une Note ultérieure.

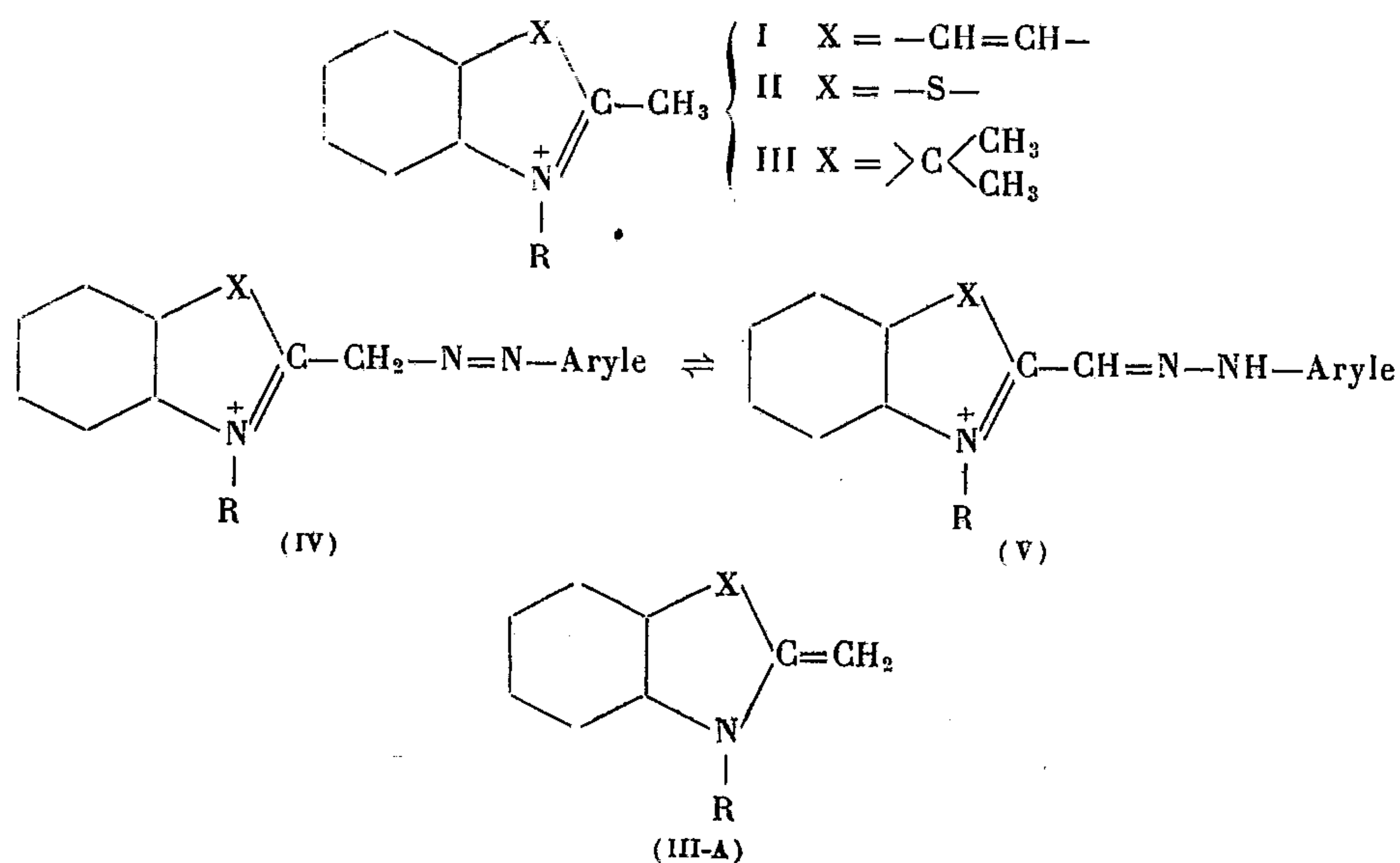
CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des diazoïques sur les sels de méthyl-2 benzothiazolium.* Note M. **Henri Wahl** et Mlle **Marie-Thérèse Le Bris**, présentée par M. Marcel Delépine.

Tandis que les sels de quinaldinium copulent en milieu alcalin avec une seule molécule de diazoïque, on a observé que, même en milieu très peu alcalin et à basse température, les sels de méthyl-2 benzothiazolium réagissent avec deux molécules de diazoïque en donnant des composés d'un type apparemment nouveau.

Le groupe méthyle en 2 ou en 4 dans les sels quaternaires des bases hétérocycliques : quinaldine (I), lépidine, méthyl-2 benzothiazol (II), etc., jouit d'une activité particulière due à la formation de bases méthylènes (III, A) sous l'action des alcalis [Hamer ([1])].

Malgré l'ampleur des travaux sur ces composés, on ne s'est guère intéressé à une réaction des dérivés méthyléniques, à savoir l'action des sels de diazonium.

König ([2]) étudia le premier l'action du chlorure de phényldiazonium et du chlorure de *p*-nitrophényldiazonium sur les sels de quinaldinium. Mais, dans un premier Mémoire, il estime qu'au cours de la copulation, il y a élimination de l'alcoyle R fixé à l'azote de sorte qu'il obtient un colorant unique (IV), R = H, quel que soit l'alcoyle R fixé initialement sur l'azote de la quinaldine (I).



([1]) *J. Chem. Soc. Londres*, 1947, p. 954.

([2]) *Ber. deutsch. Chem. Gesel.*, 56, 1923, p. 1543.

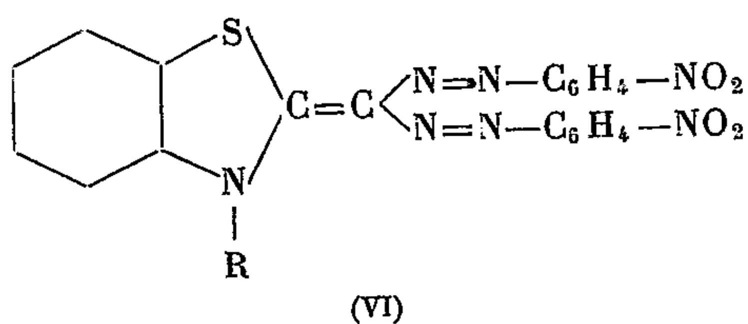
König (³) a décrit le même phénomène dans le cas des sels d'indolénine (III) et Adams l'a également confirmé (⁴). Cependant, à la suite d'un travail de Rosenhauer (⁵), König (⁶) revient sur ses premières conclusions. Il estime qu'en réalité, il n'y a pas désalcoylation et que les produits obtenus (IV) sont identiques aux hydrazones de l'aldéhyde quinaldique (V).

Humphriess (⁷) a, peu après, confirmé ces nouvelles conclusions pour la quinaldine et la lépidine et ultérieurement Ghigi (⁸) a fait de même pour les indolénines. Enfin, au cours de notre travail, nous avons noté que Knott (⁹) obtient des composés du même type à partir du diazoaminobenzène et des sels de quinaldine ou de lépidine.

En essayant de généraliser ces résultats aux sels de méthyl-2 benzothiazolium, nous avons constaté une marche différente de la réaction;

Faisant agir le chlorure de *p*-nitro-phényldiazonium sur une solution d'iodure de diméthyl-1.2 benzothiazolium alcalinisée par la soude (II, $R = CH_3$) nous avons obtenu un précipité noir violet qui a été recristallisé dans la pyridine. Il se présente alors en magnifiques aiguilles à reflets verts PF 292°. Il est soluble en rouge violacé dans le dioxanne, la pyridine ou le nitrométhane ($\lambda_m = 480$ mμ), à peu près insoluble dans l'alcool, le benzène et l'acétone. Dans l'acide sulfurique concentré, il donne une intense coloration bleu violet qui vire au rouge puis au jaune par dilution. La solution dans le dioxanne vire au bleu pur sous l'action des alcalis : soude ou pipéridine ($\lambda_m = 610$ mμ) et au jaune sous l'action des acides ($\lambda_m = 390$ mμ).

L'analyse de ce colorant a donné les résultats suivants : Trouvé %, C 54,88; H 2,98; O (dosage direct) 14,2 et 14,3; N 20,68 et 20,40; S 6,90 et 6,94 qui permettent d'attribuer à ce composé la formule brute $C_{21}H_{15}O_4N_7S$ (Calculé C 54,67; H 3,25; O 13,88; N 21,26; S 6,94).



(VI)

Le remplacement du sel N méthylé (II, $R = CH_3$) par l'homologue N éthylé (II, $R = C_2H_5$) conduit à un composé de PF 258° et de composition

(³) *Ber. deutsch. Chem. Gesel.*, 57, 1924, p. 144.

(⁴) ADAMS, *Chem. Ztg*, 94, 1923, p. 1591.

(⁵) *J. Prakt. Chem.*, 107, 1924, p. 232.

(⁶) *Ber. deutsch. Chem. Gesel.*, 57, 1924, p. 891.

(⁷) *J. Chem. Soc. Londres*, 1926, p. 374.

(⁸) *Gaz. Chim. Ital.*, 63, 1933, p. 701.

(⁹) *J. Chem. Soc. Londres*, 1951, p. 1586.

correspondant à la formule $C_{22}H_{17}O_4N_7S$. Deux molécules de diazoïque ont donc réagi sur une seule molécule de base méthylène et il paraît vraisemblable que les composés obtenus répondent à la structure (VI).

Cette double copulation ne tient pas au choix d'un composé diazoïque particulièrement réactif, car à partir du chlorure de phényldiazonium, nous avons isolé un composé orangé rouge F 187° (alcool) en belles aiguilles qui répond à la formule $C_{21}H_{17}N_5S$ (Trouvé C 67,42; H 4,68; N 18,76; S 8,76; calculé C 67,92; H 4,58; N 18,80; S 8,62).

Ce composé se dissout dans l'acide chlorhydrique en donnant un chlorhydrate, F 137° (eau) de formule $C_{21}H_{18}N_5SCl, 6H_2O$. La base et son chlorhydrate ont sensiblement le même maximum d'absorption vers 460 mμ.

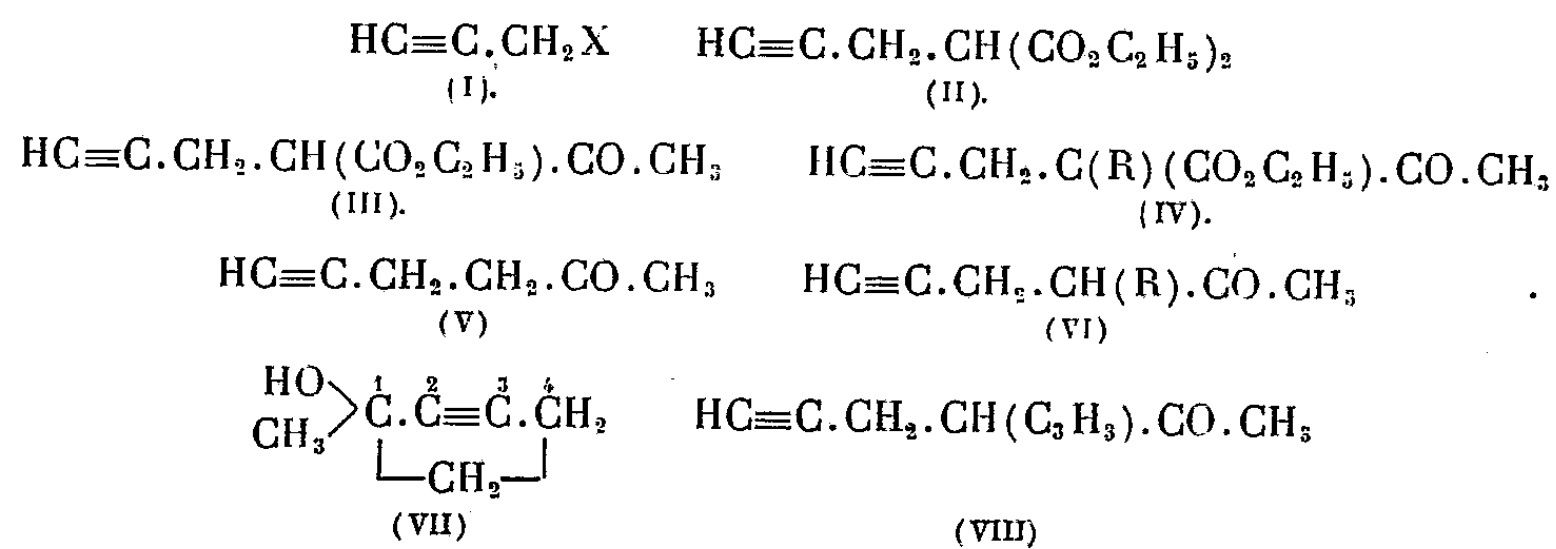
Dans la série du benzothiazol la double copulation semble donc générale.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les cétones γ-acétyléniques vraies.* Note de M. **Jean Colonge** et M. et Mme **René Gélin**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le chlorure de propargyle réagit comme un halogénure d'alcoyle ordinaire sur les dérivés sodés des esters acétylacétiques et des esters maloniques. On peut ainsi obtenir des composés acétyléniques à fonction complexe, en particulier, les cétones γ-acétyléniques vraies.

Les halogénures de propargyle (I) n'ont pas encore fait l'objet d'applications nombreuses; toutefois, M. Prévost et ses élèves [1] ont montré tout l'intérêt du dérivé magnésien du bromure de propargyle.

Le chlorure de propargyle s'obtient aisément par action du chlorure de thionyle sur l'alcool propargylique; aussi l'avons nous engagé dans les réactions classiques de condensation avec l'ester malonique sodé et l'ester acétylacétique sodé; il se forme régulièrement les dérivés propargylés correspondants (II) et (III), ainsi que de petites quantités de dérivés dipropargylés. Les esters acétylacétiques monosubstitués conduisent, de même, à des esters du type (IV).



[1] *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1186.

L'hydrolyse de (III) conduit à la *propargylacétone* (V) et celle de (IV) aux *alcoyl-4 hexyne-1 one-5* (VI).

Tous les composés obtenus donnent les réactions caractéristiques des alcynes vrais; en particulier, ils fournissent des précipités jaunes avec les solutions de chlorure cuivreux ammoniacal et des précipités blancs avec les réactifs argentique et mercurique; certains de ces dérivés métalliques sont purifiables par cristallisation dans un solvant approprié et sont utilisables à des fins analytiques; d'autres ne sont pas suffisamment stables pour être traités de cette façon; aussi, avons-nous dosé leur groupement acétylénique vrai par précipitation à l'aide du réactif mercurique et titrage volumétrique de l'alcali restant selon Hanna et Siggia (²).

Il était intéressant d'essayer de cycliser les cétones γ-acétyléniques vraies en *cyclopentynylcarbinols*; or, la propargylacétone, traitée en solution éthérée par l'amidure de sodium, *ne fournit pas* le méthyl-1 cyclopentynyl-2 ol-1 (VII), mais un produit de polycondensation visqueux et indistillable. Ce résultat était prévisible car le système acétylénique disubstitué comporte quatre atomes de carbone en ligne droite (carbones n° 1 à 4, formule VII); la très forte tension en résultant pour le cycle à cinq chaînons empêche la formation de celui-ci. Cet essai négatif confirme, une fois de plus, l'impossibilité d'introduire une triple liaison dans un petit cycle.

Chlorure de propargyle C_3H_3Cl. — Action du chlorure de thionyle sur l'alcool propargylique, en présence de pyridine; Rdt 73 %. Liquide, $É_{760}$ 57°5; d_4^{20} 1,033; n_D^{20} 1,4336. Son *dérivé mercurique* s'obtient d'après Johnson et Ewen (³), il est recristallisé de l'alcool dilué; Hg %, trouvé 57,7; calculé 57,7.

Monopropargylacétylacétate d'éthyle $C_9H_{12}O_3$ (III). — Rdt 52,7 %. Liquide, $É_{20}$ 115-120°; d_4^{20} 1,0325; n_D^{20} 1,4515.

Dipropargylacétylacétate d'éthyle $C_{12}H_{14}O_3$. — Se forme dans la préparation du composé précédent; Rdt 6 %. Liquide, $É_{20}$ 135°; d_4^{20} 1,031; n_D^{20} 1,4625.

Hexyne-1 one-5 C_6H_8O (V). — Les meilleurs résultats de l'hydrolyse du propargylacétylacétate d'éthyle sont obtenus par l'emploi d'une solution de carbonate de sodium; Rdt 80 %. Liquide, $É_{760}$ 149°; d_4^{20} 0,9065; n_D^{20} 1,4366. Son *dérivé mercurique* peut être précipité et recristallisé; Hg % trouvé 51,2; calculé 51,3. Sa *semicarbazone* F 135°5. Toutes ces données sont en accord avec celles de Gardner et Perkin (⁴) qui ont obtenu cette cétone par une tout autre voie.

Propargyl-4 hexyne-1 one-5 $C_9H_{10}O$ (VIII). — Hydrolyse du dipropargylacétylacétate d'éthyle; Rdt 45 %. Liquide, $É_{760}$ 185°; d_4^{20} 0,932; n_D^{20} 1,4549. *Semicarbazone* F 151°.

(²) *Ind. Eng. Chem. Analyt. Ed.*, 21, 1949, p. 1469.
(³) *J. Amer. Chem. Soc.*, 48, 1926, p. 469.
(⁴) *Chem. Soc.*, 91, 1907, p. 851.

Éthylpropargylacétylacétate d'éthyle $C_{11}H_{16}O_3$. — Ce composé a été préparé soit par éthylation du propargylacétylacétate d'éthyle, soit par propargylation de l'éthylacétylacétate d'éthyle; les rendements sont les mêmes (36 %); on obtient en même temps de l'éthyl-2 pentyne-4 oate d'éthyle (28 %). L'éthylpropargylacétylacétate d'éthyle est un liquide, E_{22} 112°; d_4^{20} 0,9934; n_D^{20} 1,4445. H acétylénique %, trouvé 0,50; calculé 0,51.

Éthyl-4 hexyne-1 one-5 $C_8H_{12}O$. — L'hydrolyse de l'ester précédent conduit à cette cétone avec un rendement de 81 %. Liquide E_{760} 172-175°; d_4^{20} 0,897; n_D^{20} 1,4372. Semicarbazone F 124°.

Propargylmalonate d'éthyle $C_{10}H_{14}O_4$ (II). — S'obtient avec un rendement de 50 %. Liquide, E_{22} 129°; d_4^{20} 1,0466; n_D^{20} 1,4395; H acétylénique %, trouvé 0,502; calculé 0,505. Ce composé avait été préparé par Perkin et Simonsen ([5]) par une autre voie.

Nous poursuivons l'étude des cétones γ-acétyléniques vraies et de leurs dérivés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparations de l'α-anilinotétrahydropyranne.*

Note de M. **Charles Glacet**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'α-anilinotétrahydropyranne $C_{11}H_{15}NO$ a été préparé par action de l'aniline sur le Δ^2-dihydropyranne et par élimination d'eau entre l'α-hydroxytétrahydropyranne et l'aniline. Étude de la structure et de quelques propriétés.

Il ne semble pas que l'on ait tiré parti de la réactivité de la liaison éthylénique des Δ^2-dihydrofurannes et Δ^2-dihydropyrannes, ni de la mobilité de l'oxhydrile des 2-hydroxytétrahydrofurannes ou pyrannes (sauf en ce qui concerne les sucres hétérocycliques), pour préparer les dérivés α-aminés correspondants. Bizzari ([1]) a fait réagir l'aniline sur la coumarone, mais il n'a obtenu que des résines et un peu de dérivé azoté qui, selon cet auteur, est un aminophénanthrène.

J'ai pu fixer l'aniline sur le Δ^2-dihydropyranne ([2]) en présence d'une faible quantité (1 à 2 %) de phosphate d'amine; la réaction s'effectue à une vitesse notable au-dessus de 120° et le rendement dépend surtout de la quantité de dihydropyranne transformé. En présence d'un excès d'aniline le dihydropyranne a réagi dans la proportion de 75 % après 55 mn de chauffage à 144°; après lavage au carbonate de sodium et distillation on isole l'α-anilinotétrahydropyranne avec un rendement de 60 %. Ce même corps a été obtenu avec un rendement analogue par action de l'aniline sur l'α-hydroxytétrahydro-

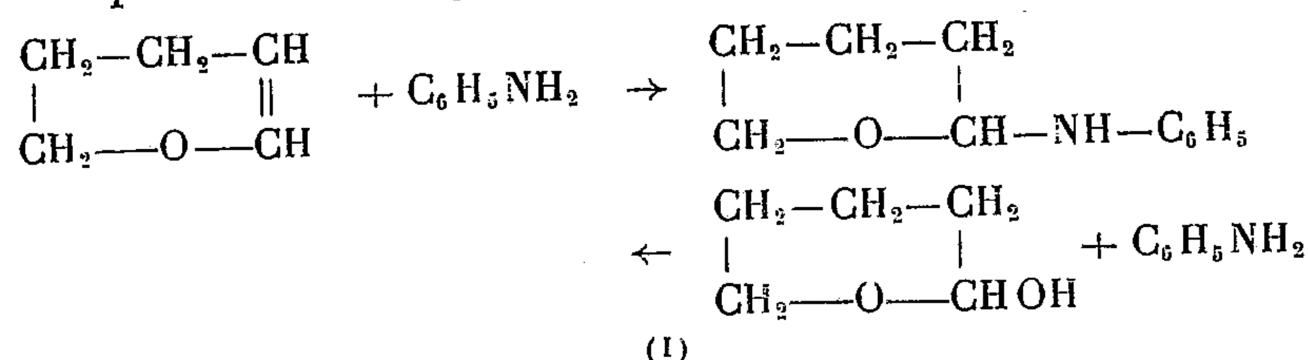
---

([5]) *Chem. Soc.*, **91**, 1907, p. 823.

([1]) *Gaz. Ch. Ital.*, **20**, 1890, p. 607.

([2]) Produit fournit par M. le Professeur Paul.

pyranne brut provenant de l'hydrolyse du Δ^2-dihydropyranne selon R. Paul (3).



Il est peu probable que l'addition d'aniline sur le dihydropyranne puisse s'interpréter par la formation intermédiaire d'hydroxytétrahydropyranne aux dépens des traces d'eau du milieu. En effet la réaction d'addition ne s'observe qu'à une température élevée alors que la réaction de substitution de l'hémiacétal s'effectue à la température ambiante; d'autre part cette réaction n'est pas facilitée par l'addition d'un peu d'eau et le rendement est alors plus faible que lorsque l'on opère en milieu aussi anhydre que possible.

L'α-anilinotétrahydropyranne : (I), $C_{11}H_{15}NO$ (calculé % C 74,58; H 8,47; N 7,91; trouvé % C 74,86; H 8,47; N 7,89) est un solide $É_{0,7}$ 115-116°, F 74,2-74,3°, très soluble dans la plupart des solvants organiques, peu soluble dans l'éther de pétrole. Son spectre Raman ne présente pas de fréquence supérieure à 1606 cm^{-1}, il ne peut donc s'agir de (II) : $CH_2OH-(CH_2)_3-CH=N-C_6H_5$.

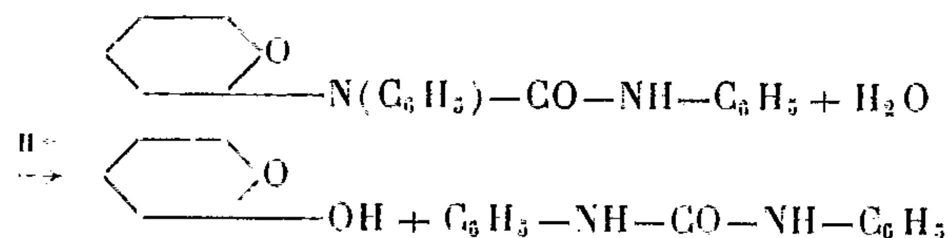
L'hydrogénation de (I), en présence de Ni Raney à froid, le transforme quantitativement en ω-anilinopentanol-1; la vitesse de transformation est voisine de celle que l'on observe avec le cyclohexène hydrogéné dans les mêmes conditions. L'ω-anilinopentanol-1 a été préparé par I. Scriabine (4) qui indique son point d'ébullition : $É_2$ 170°; j'ai trouvé les constantes suivantes : $É_{0,8}$ 147°,5; n_D^{16} 1,5540; d_4^{16} 1,033; R. M. calculé 55,71; trouvé 55,53; phényluréephényluréthane : $C_{25}H_{27}N_3O_3$: dimorphe, F 83,4-84° (métastable), F 120,8-121° (stable); N % calculé 9,93, trouvé 10,02.

Pour identifier plus sûrement cet aminoalcool je l'ai transformé par HBr en bromhydrate d'ester bromé que la potasse cyclise en N-phénylpipéridine (Rdt 80 %) : E_{10} 119°,7; n_D^{16} 1,5641; d_4^{16} 0,9996; picrate F 139,2-139°.4 (bloc), R. Paul (5) indique F 138-139°, encore impur, et Scriabine (4) F 146°. J'ai également préparé le picrate de la N-phénylpipéridine obtenue selon la méthode de Braun (6) et R. Paul (5), il est identique à celui que j'ai obtenu à partir de l'ω-anilinopentanol-1.

L'isocyanate de phényle réagit régulièrement sur (I) en donnant une urée $C_{18}H_{20}O_2N_2$ (N % calculé 9,46; trouvé 9,60) F 114,9-115°; cette urée hydro-

(3) *Bull. Soc. Chim.* (5), 1, 1934, p. 971.
(4) *Bull. Soc. Chim.* (5), 14, 1947, p. 454.
(5) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1409.
(6) *Ber.*, 37, 1904, p. 3210.

lysée en présence d'une trace d'acide fournit 90 % de diphénylurée symétrique.



Par hydrolyse de l'α-anilinotétrahydropyranne au moyen d'une solution de chlorhydrate d'hydroxylamine (pH 4) on isole 27 % de la quantité prévue de l'oxime de l'ω-hydroxypentanal ([3]); par hydrolyse en milieu légèrement acide et en présence de 2.4-dinitrophénylhydrazine on obtient 80 % de la quantité théorique d'aniline, isolée à l'état d'acétanilide, et 75 % d'une dinitrophénylhydrazone identique à celle que fournit l'ω-hydroxypentanal (brute F 108°,5-109°,5, recristallisée F 113°,8-114°; Woods et Sanders ([7]) indiquent F 109°).

La pyrogénation de (I) fournit une trace d'eau et la quantité théorique d'aniline; la partie hétérocyclique du composé est transformée en résines et pour 40 % en un tétrahydropyryl-2 Δ-dihydropyranne; la double liaison apparaît nettement dans le spectre Raman (1668 cm^{-1}, T. F.) et ce corps fournit par hydrolyse une cétone alcool soluble dans l'eau; la formation de cette cétone, suivie par oximation, est presque quantitative (98 à 99 %).

Je me propose d'établir la structure exacte de ce dimère du dihydropyranne que j'ai repéré pour le moment par son spectre Raman et ses constantes physiques : $C_{10}H_{16}O_2$, calculé % C 71,43; H 9,53; trouvé % C 71,99; H 9,64. $É_{11}$ 110°; $n_D^{14,5}$ 1,4921 $d_4^{14,5}$ 1,042, $A^{14,5}$ 38,4 dynes : cm; R. M. calculé 46,30; trouvé 46,78; P. M. calculé 396,3; trouvé 401,3.

Je montrerai prochainement que l'aniline s'additionne également aux dihydrofurannes mais que les amines primaires aliphatiques réagissent de façon différente.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse totale de l'ambréinolide racémique* ([1]). Note (*) de MM. **Paul Dietrich** et **Edgar Lederer**, transmise par M. Jacques Duclaux.

L'acide farnésylacétique (IV), préparé en partant du nérolidol (I), peut être cyclisé en une lactone $C_{17}H_{28}O_2$, F 138° qui est le racémique de l'ambréinolide, F 141° (V). L'identité de la structure chimique des deux lactones ressort de l'identité de leurs spectres infrarouges (*fig.* 1).

L'ambréinolide, $C_{17}H_{28}O_2$, F 141°, $[\alpha]_D$ + 30° ($CHCl_3$) (V), est un produit

([7]) *J. Amer. Ch. Soc.*, 68, 1946, p. 2111 et 2483.

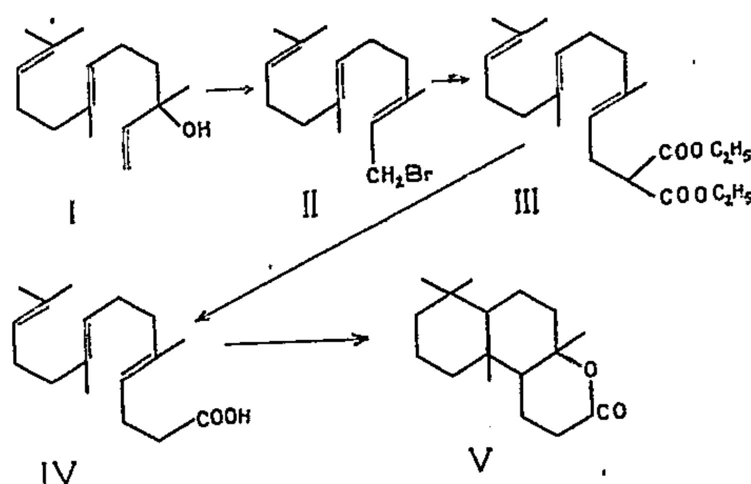
(*) Séance du 28 janvier 1952.

([1]) XIIIe communication sur les constituants de l'ambre gris. XIIe comm.; C. Collin-Asselineau et E. Lederer, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 341.

d'oxydation du triterpène tricyclique ambréine ([2]); plusieurs de ses dérivés possèdent des odeurs intéressantes ([3]). La transformation du sclaréol, diterpène bicyclique, végétal, en ambréinolide a été effectuée récemment ([4]).

Dans la présente Note nous décrivons la synthèse totale de l'ambréinolide racémique (V) à partir du nérolidol, alcool sesquiterpénique aliphatique (I) ([5]).

Nous avons préparé le bromure de farnésyle (II) d'après L. Ruzicka et G. Firmenich ([6]) en partant du nérolidol (I) et l'avons condensé avec le malonate d'éthyle ([7]). Nous avons ainsi obtenu le *farnésyl-malonate d'éthyle* (III) sous forme d'une huile incolore, $É_{0,3}$ 158-160°, n_D^{18} 1,4740; $C_{22}H_{36}O_4$, calculé %, C 72,49; H 9,96; trouvé %, C 72,38; H 9,91. Rdt 56 % de la théorie [à partir de (I)].



100 g de farnésyl-malonate d'éthyle (III) traités à reflux pendant 2 h par 36 g de KOH dans 450 cm³ d'éthanol ont donné 78 g d'acide, que nous avons chauffés à 150° sous 12 mm pendant 3 h pour effectuer la décarboxylation de l'acide farnésyl-malonique. L'*acide farnésyl-acétique* (IV) ainsi obtenu distille à 154-155° sous 0,15 mm. C'est une huile incolore, n_D^{19} 1,4870, d_4^{19} 0,875. RM calculée (avec trois doubles liaisons) 80,84; trouvée 80,95. Rdt 51 % de la théorie [à partir de (I)]. $C_{17}H_{28}O_2$ calculé %, C 77,22; H 10,68; trouvé %, C 77,15; H 10,66.

La cyclisation de l'acide farnésyl-acétique (IV) en lactone $C_{17}H_{28}O_2$, F 138° (V) est effectuée en chauffant 65 g de l'acide pendant 20 mn à 100° avec

---

([2]) L. Ruzicka et F. Lardon, *Helv. Chim. Acta*, 29, 1946, p. 912; E. Lederer, F. Marx, D. Mercier et G. Perot, *Helv. Chim. Acta*, 29, 1946, p. 1354.

([3]) C. Collin-Asselineau, D. Mercier, E. Lederer et J. Polonsky, *Bull. Soc. Chim. France* 1950, p. 720; M. Stoll et M. Hinder, *Helv. Chim. Acta*, 33, 1950, p. 1251.

([4]) E. Lederer et M. Stoll, *Helv. Chim. Acta*, 33, 1950, p. 1345; E. Lederer, D. Mercier et M. Stoll, *Helv. Chim. Acta*, 34, 1951, p. 789.

([5]) *Helv. Chim. Acta*, 6, 1923, p. 492.

([6]) *Helv. Chim. Acta*, 22, 1939, p. 392.

([7]) D'après : *Synthèses organiques*, 1, p. 159, Masson, Paris, 1935.

130 cm³ d'acide formique à 99 % ([8]). Le produit de la réaction consiste, à parties égales, en substances neutres et acides. La partie neutre a été distillée sous 0,2 mm; la fraction passant à 140-156° a donné, après saponification, une partie acide dont une fraction se relactonise spontanément. La *lactone* se présente, après chromatographie sur alumine et recristallisation dans l'alcool et dans l'éther de pétrole, sous forme de prismes incolores, brillants, fondant à 136-138° (corr.). $C_{17}H_{28}O_2$ calculé %, C 77,22; H 10,68; trouvé %, C 77,26; H 10,74.

Un mélange, à parties égales de l'ambréinolide, F 141°, $[\alpha]_J + 30°$ et de la lactone racémique F 138° fond à 130° ([9]).

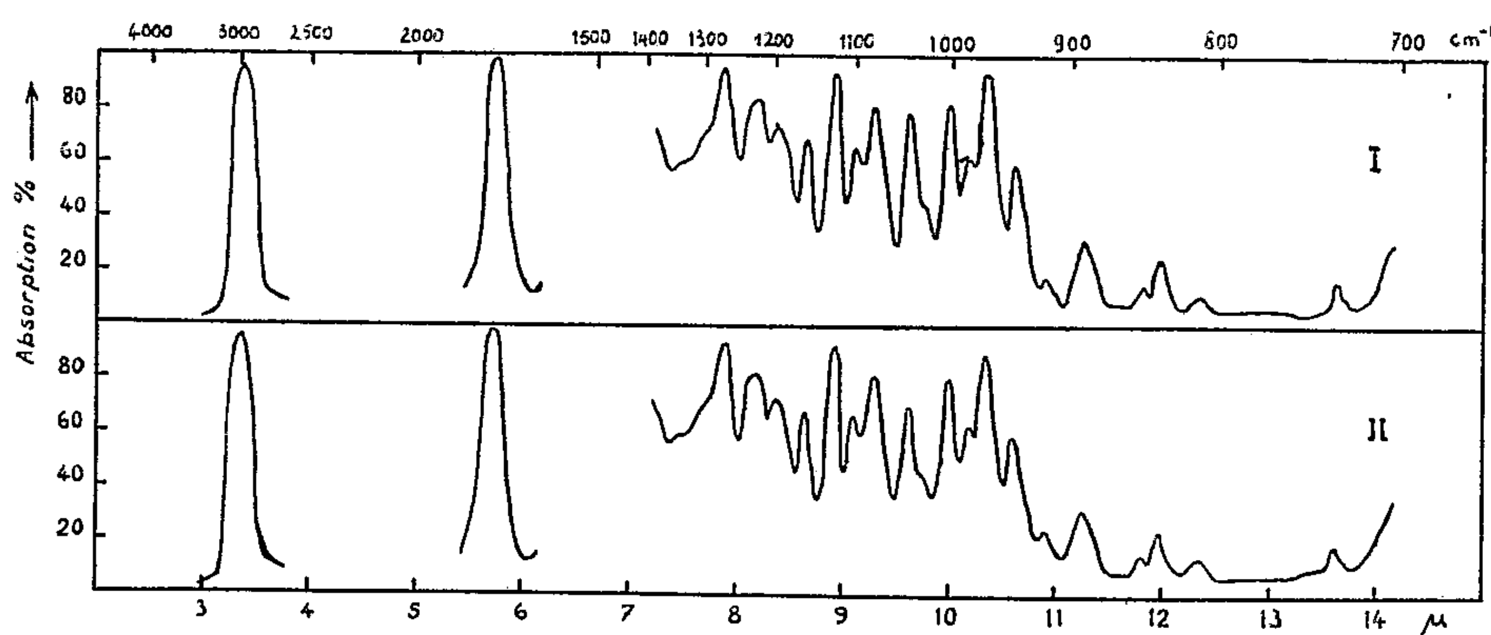


Fig. 1.

Courbes d'absorption infrarouge de solutions saturées dans CS_2 (spectrographe Perkin-Elmer).
I. Ambréinolide naturel F. 141°. II. Ambréinolide synthétique F. 138°.

Les *spectres infrarouges* de l'ambréinolide (V) et de la lactone synthétique, F 138° *sont identiques* (*fig.* 1). Ceci prouve l'identité de leur structure chimique : la lactone synthétique, F 138° est donc le racémique de l'ambréinolide.

Le système bicyclique de l'ambréinolide est présent dans la molécule de beaucoup de di- et triterpènes naturels ([10]); le présent travail ouvre la voie à des synthèses totales de ces substances.

([8]) A. Caliezi et H. Schinz, *Helv. Chim. Acta*, 32, 1949, p. 2556, ont cyclisé l'acide farnésique en acide α-bicyclo-farnésique, par chauffage avec de l'acide formique. Pour d'autres cyclisations de substances sesquiterpéniques aliphatiques analogues, conduisant au même système bicyclique et effectuées avec de l'acide phosphorique ou sulfurique, *voir* : F. Zobrist et H. Schinz, *Helv. Chim. Acta*, 32, 1949, p. 1192; Y. R. Naves, *Helv. Chim. Acta*, 32, 1949, p. 1802; M. Stoll et A. Commarmont, *Helv. Chim. Acta*, 32, 1949, p. 1836. Pour la théorie de ces cyclisations, *voir* H. Schinz, *Chimia*, 5, 1951, p. 107.

([9]) Rappelons que des racémiques peuvent donner des dépressions de point de fusion en mélange avec l'un de leurs composants optiquement actifs; *voir* par exemple A. Campbell et H. N. Rydon, *Chemistry and Industry*, 1951, p. 312.

([10]) L. Ruzicka, H. Gutmann, O. Jeger et E. Lederer, *Helv. Chim. Acta*, 31, 1948, p. 1746.

GÉOLOGIE. — *Le fossé tectonique de la Mbéré (Nord-Cameroun).* Note de MM. **Yves Bresson, Charles Guiraudie** et **Édouard Roch**, présentée par M. Charles Jacob.

La découverte du fossé de la rivière Mbéré, l'une des têtes du Logone, remonte au début du siècle; l'expédition von Reitzenstein [1] y a signalé du granite, des gneiss, des grès et des conglomérats. A une date indéterminée, mais probablement entre 1920 et 1930, M. Brusset [2] a rapporté de la vallée effondrée un bois silicifié voisin de *Cupressinoxylon*. Enfin, la région a été parcourue en 1950 par MM. P. Jahoul et A. Boyer, géologues du Bureau minier de la France d'Outre-Mer, précédant de peu nos tournées du printemps 1951.

On sait maintenant que le *graben* mesure, d'Ouest en Est, 100 km de longueur, 20 km de largeur et qu'il est parfois profond de 600 m [3].

Nous y avons reconnu les formations suivantes :

1° Des gneiss dahomeyens, identiques à ceux de la pénéplaine de Meïganga. Ils sont intercalés de conglomérats aux bancs verticaux, dirigés NE-SW, composés de cailloux subanguleux de granite orienté, de gneiss, de quartz filonien, ne dépassant guère 0,50 m de diamètre; le ciment révèle la stratification entrecroisée de certains bancs; il est tenace et affecté par un métamorphisme profond.

Nous avons recoupé les conglomérats dans le lit du Mayo Borogounous, sur 3 km, aux environs de Vieux Djohong. Nous ne croyons d'ailleurs pas que leur épaisseur atteigne 3 000 m et nous envisageons plutôt la répétition de couches plissées. Élaborés aux dépens du Dahomeyen, les *Conglomérats de Borogounous* appartiennent probablement au Birrimien, seul autre terme du Précambrien identifié jusqu'ici au Nord-Cameroun.

2° Avec une discordance angulaire de 90°, le complexe suivant repose sur le Socle en couches horizontales. Ce sont, de bas en haut :

a. Conglomérat fin, à cailloux bien roulés, gros comme des œufs, puis grès tendres, panachés, avec zones argileuses rouges et vertes. Il s'agirait du niveau à *Cupressinoxylon* (40 m);

b. Coulée de basalte frais, parfois débitée en orgues, que le Mayo Bah franchit en cascades (1 à 15 m);

c. Marnes (quelques mètres).

Une source salée est connue à 3 km en aval du pont de lianes jeté sur la Mbéré.

3° Par places, en contact direct avec les roches du Socle et probablement en ravinement sur celles du n° 2, viennent les *Conglomérats de Ka-Borogop*, du nom de la colline qui sépare le Mayo Borogounous de la Mbéré. Attaqués par l'érosion et basculés sur les marnes, les conglomérats sont débités en tours penchées avec des inclinaisons atteignant

(1) S. Passarge, *Kamerun. Das deutsche Kolonialreich*, 1909.

(2) P. Legoux et V. Hourcq, *Bull. Serv. Mines*, A. E. F., 1943.

(3) *Voir* les Croquis topographiques de l'Institut géographique national : feuilles de Meiganga Nord et Sud qui portent précisément le mot Effondrement dans la vallée de la Mbéré.

jusqu'à 40°. Les cailloux ont été empruntés au Précambrien et on y trouve même des blocs de conglomérats de Borogounous; le ciment qui unit les éléments est friable.

4° Latéritoïde.

Nous rapportons le n° 2 de la succession ci-dessus au Mésocrétacé en le comparant à la Formation de Lamé située à 250 km au Nord. Comme le Sédimentaire de la Mbéré, celui-ci comporte des cailloutis et des grès tendres; lui aussi est intercalé de basaltes. On y connaît une source salée. Il est riche enfin en bois silicifiés.

L'âge des conglomérats de Ka-Borogop demeure imprécis. Disons, un peu au hasard, qu'il s'agirait du faciès pséphitique des grès de Garoua considérés comme néocrétacés.

Quant à la latéritoïde, elle est récente puisqu'elle est disposée en contre-bas des conglomérats de Ka-Borogop.

La pénéplaine cristalline et cristallophyllienne dans laquelle est enfoncé le *graben* ne supporte rien d'autre que des basaltes altérés en argile rouge et un manteau de cuirasse latéritique. Le raccord est difficile, d'une part, entre ces laves anciennes et leurs produits d'altération et, d'autre part, le Sédimentaire de la vallée, où les grès emprisonnent une coulée de basalte frais et où il n'y a pas de latérite, mais seulement de la latéritoïde.

Peut-être peut-on supposer que le Sédimentaire ne se trouve aujourd'hui que dans le fossé parce que, au Crétacé moyen déjà, une dépression était formée : en d'autres termes, le *graben* était ébauché depuis cette époque. On imagine une cuvette lacustre où les cours d'eau apportaient leurs alluvions, tandis que les volcans répandaient leurs laves aussi bien sur le plateau que dans la vallée tectonique. Ici, n'ayant pas été exposés à l'air libre, les basaltes n'ont pu s'altérer. En revanche, sur le plateau où il n'y avait pas d'alluvionnement, les roches du Socle et les basaltes subissaient les actions latéritisantes. Récemment enfin, par exemple au Quaternaire inférieur, les conditions géographiques et climatiques ont permis le démantellement de la latérite du plateau, le transport et la sédimentation des cailloux et la précipitation des sels de fer qui constituent la latéritoïde.

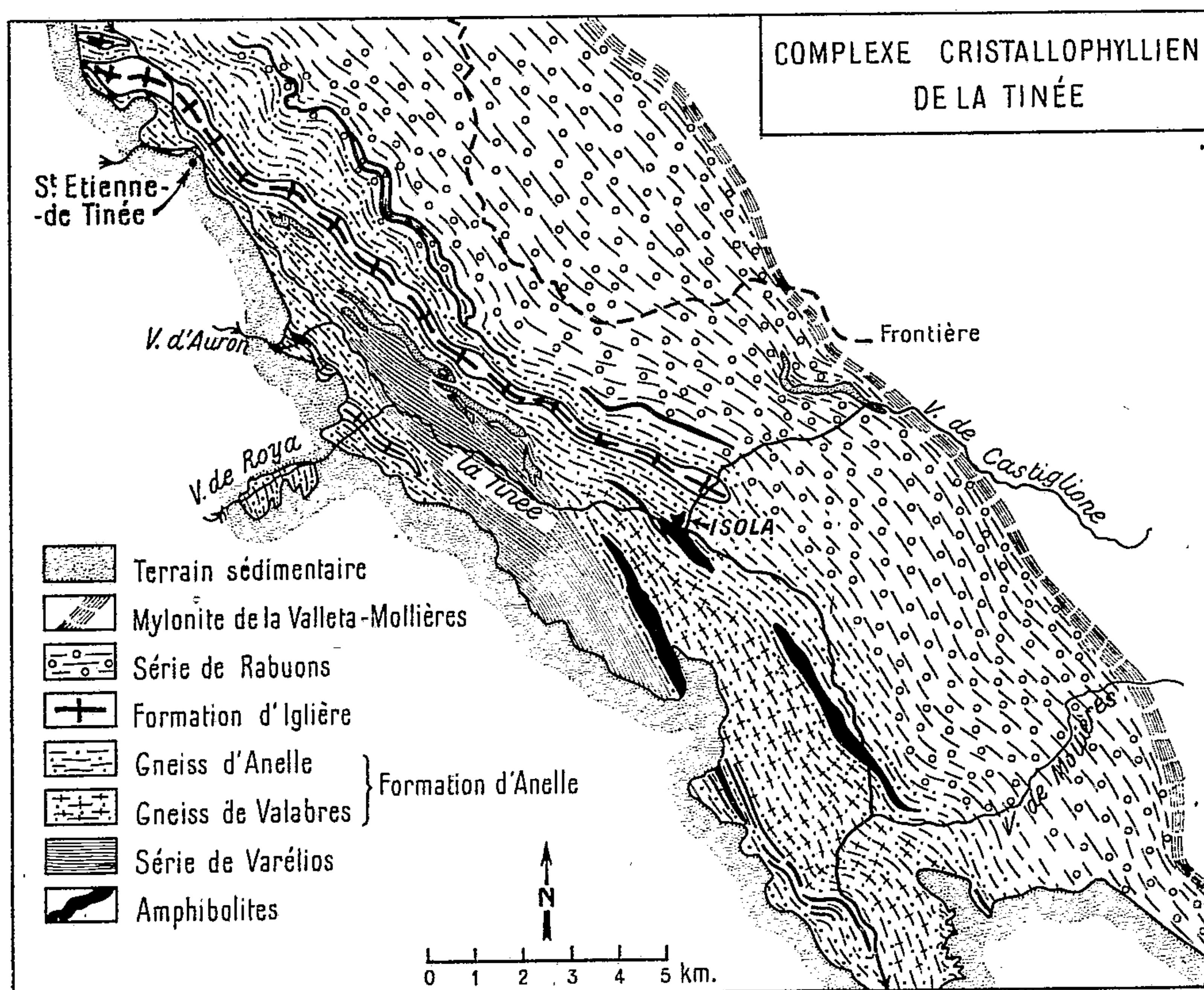
GÉOLOGIE. — *Le Cristallophyllien de la bordure occidentale du Massif de l'Argentera-Mercantour.* Note de Mlle **Anne Faure-Muret**, transmise par M. Albert Michel-Lévy.

La bordure occidentale du Massif de l'Argentera est constituée à l'Ouest de la zone mylonitique de la Valetta-Mollières (1) par un ensemble de

(1) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 603.

terrains gneissiques dont la disposition est schématiquement représentée ci-dessous.

La présente Note a pour but de mettre en évidence les phénomènes particuliers révélés par la série d'Anelle-Iglière.



Cette formation redressée à la verticale (ou localement déversée au Sud-Ouest sous l'effet des mouvements alpins) passe insensiblement, à l'Est, à la série de Rabions, constituée par des gneiss œillés à microline (Embréchites) ([2]). Vers l'Ouest, ses rapports avec la série des gneiss de Varélios ne sont pas nets.

La roche principale de la *Formation d'Anelle* est un gneiss très micacé (Muscovite et Biotite) à plagioclases. Elle est parcourue en tous sens par des « veines » plus ou moins diffuses comportant presque essentiellement du quartz et des plagioclases (An_{30-35}) souvent en grands cristaux. Le matériel leucocrate se dispose aussi lit par lit, entre les feuillets de la roche qui prend le faciès d'un gneiss d'injection plus ou moins rubané (Artérite).

([2]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 941.

Cette formation a tout à fait l'aspect des « migmatites », à ceci près que l'apport dépourvu de feldspath alcalin est caractérisé par une forte proportion de $CaO + Na_2O$ et une faible teneur en K_2O.

Vers l'Ouest, les veines sont moins abondantes, la roche trame et l'injection semblent se fondre l'une dans l'autre et donnent un gneiss un peu différent, le gneiss de Valabres.

La formation d'Iglière sensiblement plus leucocrate que le gneiss d'Anelle comporte principalement du quartz et des plagioclases ($An_{30\text{-}35}$). Si la biotite est toujours présente, elle est souvent peu abondante. La structure est grenue bien que la biotite soit encore alignée. Dans la vallée de Castiglione le « gneiss » d'Iglière tend à prendre une allure plus massive, la biotite perd localement son orientation. La roche évolue vers une diorite quartzique à biotite que l'on pourrait appeler gneiss quartzo-dioritique. On y observe, en outre, des vestiges de gneiss d'Anelle.

Cette formation d'Iglière est concordante avec les gneiss encaissants; le contact est net, sans faciès de transition.

Les veines des gneiss d'Anelle (*a*) et les parties leucocrates du gneiss d'Iglière (*b*) montrent une analogie chimique très étroite, comme l'indiquent les paramètres (de P. Niggli) suivants :

	si.	*al.*	*fm.*	*c.*	*alk.*	*k.*
a.......	377,2	46,3	6;6	19,5	27,4	0,1
b.......	484,7	47,1	8,3	20,2	24,4	0,19

Ces deux formations semblent donc liées, quant à leur genèse comme elles sont étroitement associées sur le terrain. Elles résultent d'un même apport calco-sodique, d'une métasomatose qui, d'une part, a donné les veines dans le gneiss d'Anelle et, d'autre part, s'est localement effectuée d'une manière massive pour réaliser le gneiss d'Iglière. Ici, cette métasomatose a dû s'exercer dans une zone privilégiée tout en digérant partiellement les gneiss d'Anelle. Dans ce cas il y aurait un départ de la potasse. Elle serait venue favoriser la formation de la muscovite dans le gneiss d'Anelle, ce qui expliquerait le développement presque anormal de ce minéral au contact du gneiss d'Iglière.

Enfin l'ensemble Iglière-Anelle est pénétré par un chevelu microscopique de feldspath potassique. Cette imbibition augmente vers l'Est à l'approche du gneiss de Rabuons. Elle disparaît vers l'Ouest.

On a donc la succession des phénomènes suivants :

Formation du gneiss d'Anelle.

Métasomatose Ca + Na : injection du gneiss d'Anelle; formation du gneiss d'Iglière.

Métasomatose K + Na, donnant le gneiss de Rabuons et envoyant des filonnets microscopiques de feldspath potassique qui pénètrent la série d'Anelle et la formation d'Iglière.

L'apport Ca + Na peut provenir, pour une part, du remaniement des éléments mêmes du gneiss. Le matériel calco-sodique serait remis en mouvement à la suite d'une sorte de ségrégation durant le métamorphisme général, soit au cours des mouvements tangentiels, soit durant la migmatisation : la métasomatose K + Na déplaçant en avant d'elle Ca+Na. Cependant rien n'exclut, *a priori*, l'hypothèse d'un phénomène indépendant et qui, au cours du métamorphisme, aurait précédé la migmatisation alcaline.

GÉOLOGIE. — *Les formations de passage du Crétacé à l'Éocène dans les bassins du Dadès et du Todra (Sud du Haut-Atlas marocain).* Note de M. **Henri Gauthier**, présentée par M. Paul Fallot.

Au pied des hautes chaînes atlasiques, depuis la route de Marrakech à Ouarzazate à l'Ouest, jusqu'à l'Est de l'Oued Todra, sur plus de 80 km, au-dessus d'une série rouge sénonienne, considérée jusqu'à ce jour comme laguno-continentale, les niveaux franchement marins débutent par « un banc de calcaire ne dépassant jamais 4 m d'épaisseur, raviné à sa partie supérieure et perforé de trous de pholades » (¹). Faute d'espèces caractéristiques récoltées en place, ces calcaires furent attribués au Maestrichtien-Danien. Dans les régions de Tazelft (feuille Ouarzazate au 1/200 000, coordonnées 334/456,6) et d'Assermo n'Aït el Herz (feuille Telouet au 1/200 000, coord. 362/71) ils contiennent les éléments d'une faune appelée A par L. Moret et attribuée dubitativement au Crétacé tout à fait supérieur (²).

J'ai suivi en continuité ces formations dans les bassins du Dadès et du Todra occidental; partout, sur les grès gypseux sénoniens, la série montre la succession suivante de bas en haut :

1° Calcaires gris-blancs plus ou moins argileux, tantôt très compacts et tenaces, tantôt vacuolaires, poreux ou friables, se délitant parfois en une petite blocaille; souvent gréseux à leur base, ils deviennent plus cristallins vers leur sommet.

2° Calcaires crêmes ou rosés, compacts, à grain relativement fin, très cristallins, à cassure esquilleuse dans lesquels les fossiles difficiles à dégager apparaissent sur les sections de la roche. L'ensemble a une épaisseur qui varie de 5 à 30 m environ.

Les assises inférieures sont, au moins localement, continentales. En de

(¹) E. Roch, *Notes et Mémoires du Serv. Géol. du Maroc*, n° 51, 1939, p. 302.

(²) L. Moret, *Notes et Mémoires du Serv. Géol. du Maroc*, n° 49, 1938, p. 13-19 et p. 48.

nombreux points, elles renferment des débris de végétaux terrestres indéterminables. A 500 m à l'Ouest d'Assermo n'Aït el Herz, ainsi que sur la rive gauche de l'Oued Mgoun, à 1,5 km au Sud-Ouest du douar de Hadida (feuille Dadès au 1/200 000, coord. 425,4/81,8), j'ai récolté une abondante faune de mollusques d'eau douce parmi lesquels l'éminent spécialiste P. Jodot a reconnu : *Pseudoceratodes laffittei* Jod., *P. flandrini* Jod., *Melania* (*Brotia*) cf. *devestita* Stacke, *Ampullaria* (*Pomacea*), trois espèces nouvelles, *Stomatopsella* n. sp. Si les trois derniers genres étaient jusqu'ici inconnus en Afrique du Nord, les Pseudoceratodes ont déjà été signalés en plusieurs points. En particulier, *P. laffittei* Jod. est connu du Londinien inférieur de l'Aurès ([3]). Tenant compte de l'association des deux premières espèces, P. Jodot considère que cette faune pourrait être datée du Sparnacien inférieur. Sans aller jusqu'à cette précision, on peut affirmer qu'elle est sûrement éocène.

Cette opinion est confirmée par la présence, en plusieurs points, au sommet du niveau 1 (vallée du Mgoun et Arg n'Sidi Ali Bourek, feuille Dadès au 1/200 000, coordonnées respectives 427/86,8 et 471/99,6), de débris de poissons parmi lesquels C. Arambourg a reconnu des dents orales et pharyngiennes appartenant au genre *Eotrigonodon* seulement connu, jusqu'ici, à partir de l'Éocène. Ce fossile existe aussi à Tazelft (gisement des environs de la kasbah de Tamdakht) dans les calcaires du niveau 2 qui, en ce point, sont particulièrement riches en éléments de la faune A.

De plus, dans toute la région envisagée, ces calcaires du niveau 2 fournissent de nombreux oursins du genre *Echinanthus* parmi lesquels, d'après J. Mercier, certains échantillons pourraient être rapportés à des formes de l'Éocène inférieur telles *E. gracilis* Cott. et *E. ataxensis* Cott. Enfin, notons qu'en plaques minces, dans ces mêmes calcaires, P. Marie a reconnu *Rotalia skourensis* Pfend., *Textularia* sp., *Valvulina* aff. *triangularis* d'Orb. et des Miliolidés, tous foraminifères qui, il est vrai, n'apportent pas de précision stratigraphique.

Toutes les données paléontologiques certaines mènent à la conclusion que, dans les bassins du Dadès et du Todra, les calcaires qui surmontent le Sénonien rouge, ainsi que la faune A qu'ils contiennent, n'appartiennent pas au Crétacé tout à fait supérieur, mais à l'Éocène. Le Maestrichtien-Danien, s'il existe, doit être recherché dans les grès sous-jacents dont l'origine uniquement laguno-continentale n'est d'ailleurs pas, à mon sens, suffisamment démontrée.

([3]) R. Laffitte, *Bull. Serv. Carte Géol. Algérie*, 2e série, n° 15, 1939, p. 314-316.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence de deux domaines paléosilvatiques postglaciaires dans les Ardennes et le Luxembourg belges.* Note de M[lle] **Jacqueline Sauvage**, transmise par M. Pierre Pruvost.

L'étude palynologique de 20 tourbières de Haute-Belgique, « *fanges* » toutes hypno-caricières, peu sphagneuses, situées au Sud des Hautes-Fagnes, me permet de préciser en cette région les stades de l'histoire forestière postglaciaire et d'en comparer les résultats à ceux obtenus par G. Erdtman (1), R. et M. Bouillenne (2) et F. Florschütz et Eug. L. van Oye (3) dans les Hautes-Fagnes elles-mêmes.

La confrontation des diagrammes polliniques permet de distinguer au point de vue pollenanalytique deux régions distinctes : septentrionale, paléozoïque surtout schisteuse et méridionale, jurassique gréseuse.

Dans le *domaine septentrional* (Beaulieu, Erneuville, Saint-Hubert, Ochamps, Bercheux, Molinfaing, Witry, Traimont), les *fanges* s'étagent entre les altitudes 405 et 545 m, entourées de forêts d'Épicéas et de Bouleaux. Leur analyse pollinique révèle l'histoire forestière suivante :

Période boréale et atlantique : fin de la poussée du Coudrier, Aulne nettement dominant, Chênaie mixte représentée surtout par le Chêne, Tilleul subordonné et Orme sporadique, Bouleau et Pin rares.

Périodes subboréale et subatlantique : Aulne et Bouleau dominants, Chênaie mixte (surtout Chêne) et Hêtre, Pin rare.

A l'exception d'extensions plus faible du Hêtre et plus forte de l'Aulne, ces résultats sont analogues dans leurs grandes lignes à ceux obtenus par les auteurs précédemment cités dans leur étude palynologique des tourbières des Hautes-Fagnes.

Dans le *domaine méridional* (Vance, Toernich), les *fanges* sont situées à l'altitude 340-345 m, en forêts de Pins et Bouleaux. Leur analyse pollinique met en relief l'histoire forestière suivante :

Période boréale : forte poussée du Coudrier, Pin dominant, Bouleau, Chênaie mixte (Chêne et Tilleul dominants, Orme sporadique) et Aulne.

Période atlantique : Pin dominant, parfois remplacé par l'Aulne, Chênaie mixte (composée comme précédemment), Bouleau.

Période subboréale et subatlantique : mêmes caractères avec faible apparition du Hêtre.

On notera comme faits essentiels : 1° l'apparition tardive au postglaciaire boréal de la tourbification, vraisemblablement en rapport avec la densité

(1) *Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar*, 50, *Heft* 3, 1928, p. 419-428.

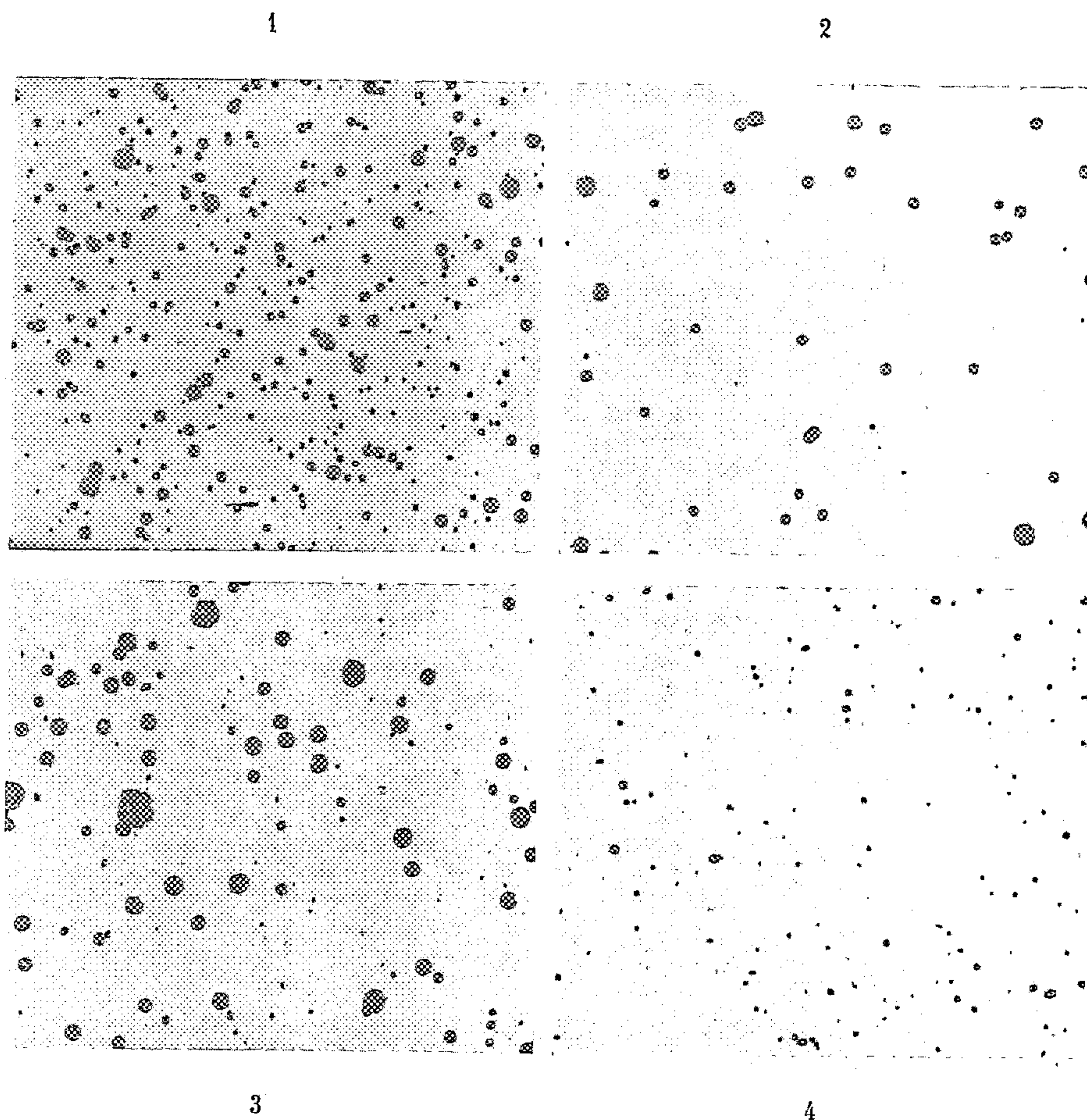
(2) *Bull. Soc. roy. Sc., Liège*, 12, 1937.

(3) *Biologisch Jaarboek*, Anvers, 1939, p. 227 à 234.

et la continuité de la couverture forestière; 2° la distinction de l'évolution forestière dans les Ardennes et le Luxembourg belge avec dominance presque constante de Pins en cette dernière province.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur l'enregistrement hygrophotographique des précipitations atmosphériques.* Note de M. JOSEPH SIVADJIAN, présentée par M. Charles Maurain.

La mesure du nombre des gouttes de pluie et la répartition des gouttes de différentes grosseurs dans une précipitation ont fait l'objet de nombreuses études, car la connaissance exacte de ces éléments est d'une très grande



importance au point de vue de la genèse et de la formation des pluies. La mesure du nombre des gouttes de pluie a été réalisée jusqu'ici à l'aide de certains appareils, dont le plus récent est celui de Maulard (1), dans

(1) *J. Sc. météorol.* 3, 1951, p. 69.

lequel l'impulsion individuelle des gouttes, tombant sur la membrane d'un écouteur téléphonique, est enregistrée, après amplification, par une méthode électrique.

Nous avons employé dans ce but nos plaques hygrophotographiques, dont nous avons signalé déjà l'utilisation dans l'étude de la transpiration des plantes (2). Cette méthode, qui est extrêmement simple et rapide, possède encore un très grand avantage, parce qu'elle permet de suivre la variation de l'aspect de la pluie au cours d'une précipitation et d'en faire l'étude topographique. C'est ainsi que les figures 1 et 2 représentent la pluie du jeudi 17 janvier 1952, à 10 h 30 et à 11 h 35 (durée d'exposition : 1 mn) et les figures 3 et 4 représentent la pluie du vendredi 18 janvier 1952 à 11 h 35 et à 14 h (durée d'exposition : 1 mn). L'examen de ces photographies montre que, lorsque la chute n'est pas très abondante, les gouttes ont tendance à se concentrer dans certaines régions où leur probabilité de présence semble être plus élevée, alors que dans d'autres régions aucune goutte de pluie ne tombe pendant les 60 s que dure l'exposition. En outre, les petites gouttes ont tendance à se trouver en général au voisinage des grosses gouttes et l'on voit même souvent alignées une suite de gouttelettes de diamètres régulièrement décroissants.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action du « lait de coco » sur les échanges gazeux respiratoires de tissus de Crown-Gall de Scorsonère* (Scorzonera hispanica L.) *cultivés* in vitro. Note de M. CLAUDE LIORET, présentée par M. Roger Heim.

Le lait de coco à la concentration de 10 % excite la croissance et les échanges gazeux respiratoires des tissus de Crown-Gall cultivés *in vitro*. A 2 %, il n'excite que les échanges gazeux.

L'action très puissante exercée par le lait de coco sur la croissance des tissus végétaux cultivés *in vitro*, ainsi que la différence entre cette action et celle des auxines, ont été mises en évidence par L. Duhamet (1). Il m'a paru intéressant d'étudier l'influence de ce liquide sur les échanges gazeux respiratoires et de les comparer aux résultats déjà obtenus avec l'acide α-naphtalène-acétique (2).

La marche de l'expérience fut identique à celle décrite lors de l'étude de l'action de cet acide. Trois lots de cultures furent utilisés : un témoin cultivé sur une solution minérale additionnée de 3 % de glucose (lot 0), un deuxième cultivé sur le même milieu contenant en plus 2 % de lait

(2) J. SIVADJIAN, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1956.

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 770.
(2) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 237.

de coco (lot A), un troisième sur un milieu contenant 10 % de lait de coco (lot B).

Les résultats sont consignés dans les deux graphiques ci-joints : les courbes de la figure 1 représentent les accroissements pondéraux, exprimés en milligrammes pour-cent de la substance sèche initiale, celles de la figure 2 indiquent les intensités respiratoires exprimées en centimètres cubes de CO_2 émis par gramme de matière sèche et par heure.

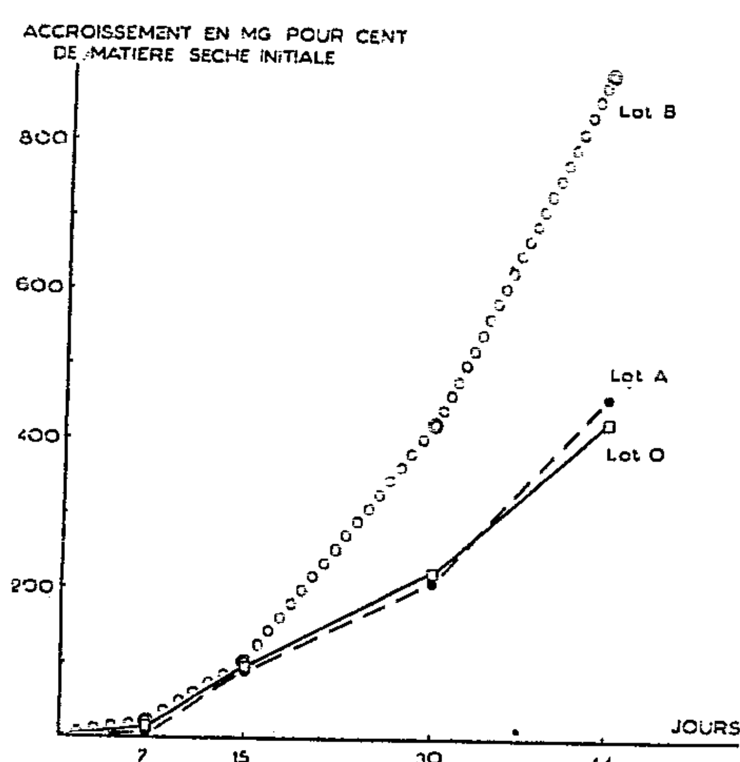


Fig. 1.

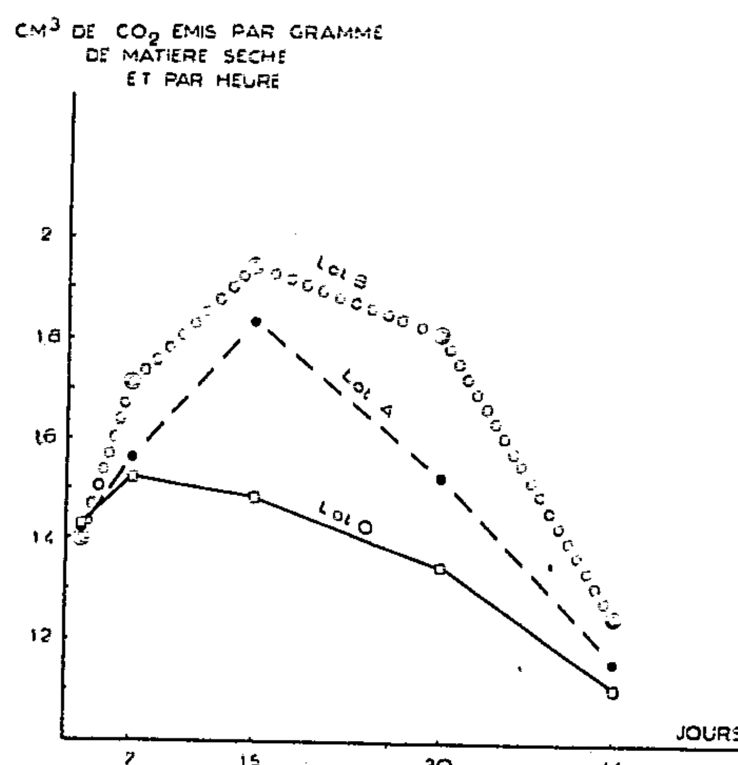


Fig. 2.

Fig. 1. — *Action du lait de coco sur l'accroissement des cultures de tissus de Crown-Gall de Scorsonère.*

Fig. 2. — *Action du lait de coco sur l'intensité respiratoire des cultures de tissus de Crown-Gall de Scorsonère.*

Lot 0 : tissus cultivés sur un milieu dépourvu de lait de coco. *Lots* A *et* B : tissus cultivés sur des milieux contenant respectivement 2 % et 10 % de lait de coco.

Les accroissements pondéraux des lots 0 et A sont sensiblement identiques. Au contraire, l'accroissement du lot B (10 %) s'accélère considérablement après 15 jours, pour atteindre finalement une valeur à peu près double de celle atteinte par le témoin. Des déterminations des teneurs en eau montrent une nette élévation de celles-ci pour les lots A et B (1700 g d'eau pour 100 g de matière sèche contre 1500 pour le témoin après 15 jours; 1800 contre 1550 après 30 jours), ce qui produit un accroissement du poids de la substance fraîche du lot A par rapport à celui du témoin; cette élévation ne se maintient pas, les trois lots ayant une teneur en eau voisine de 1650 en fin d'expérience.

L'examen de la figure 2 indique une augmentation considérable des intensités respiratoires des lots A et B; le maximum est atteint au bout de 15 jours. Par la suite, les intensités respiratoires décroissent tout en restant supérieures à celles du témoin. Les différences deviennent très

faibles après 44 jours. Les quotients respiratoires de toutes les cultures se sont maintenus au voisinage de l'unité pendant la durée de l'expérience.

L'action du lait de coco sur la respiration, comme sur la croissance des tissus de Crown-Gall de Scorsonère, est donc très différente de celle exercée par les substances de croissance habituelles puisque celles-ci sont inactives. De plus, bien que la quantité totale de CO_2 émise par une culture augmente avec sa taille, on ne distingue pas, dans les conditions de l'expérience, de parallélisme entre la croissance et l'intensité respiratoire exprimée par unité de masse : en effet, un accroissement identique pour les trois lots, au cours des premiers 15 jours, correspond à des intensités respiratoires très différentes; la discordance est remarquablement nette avec le lot A (2 %) pour lequel aucun accroissement pondéral n'est constaté malgré une augmentation des échanges gazeux. Dans le cas des cultures réalisées en présence de 10 % de lait de coco on remarque, en outre, que la croissance la plus intense se manifeste bien après le maximum de l'intensité respiratoire.

La présence de lait de coco (qui contient environ 3 % de glucides) ne doit pas entraîner un apport supplémentaire d'aliments respiratoires suffisant pour expliquer les augmentations d'intensité respiratoire. Celles-ci pourraient être dues, soit à une pénétration plus rapide de ces aliments causée par une augmentation de la perméabilité des tissus par le lait de coco, soit par une augmentation du rapport de la « masse vivante active » à la masse totale des tissus, soit, enfin, à une excitation élective de l'activité catabolique de cette masse active.

CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Fragmentation d'un des chromosomes de l'*Allium Cepa *L. sous l'influence de l'uracile.* Note de Mme **Micheline Deysson**, présentée par M. René Souèges.

Un traitement prolongé des racines d'*Allium Cepa* L. par des solutions d'uracile de concentration convenable provoque, dans de nombreuses cellules méristématiques, la fragmentation d'un des chromosomes. Le fragment isolé se dédouble à l'anaphase et donne deux micro noyaux qui se répartissent généralement dans les deux cellules-filles.

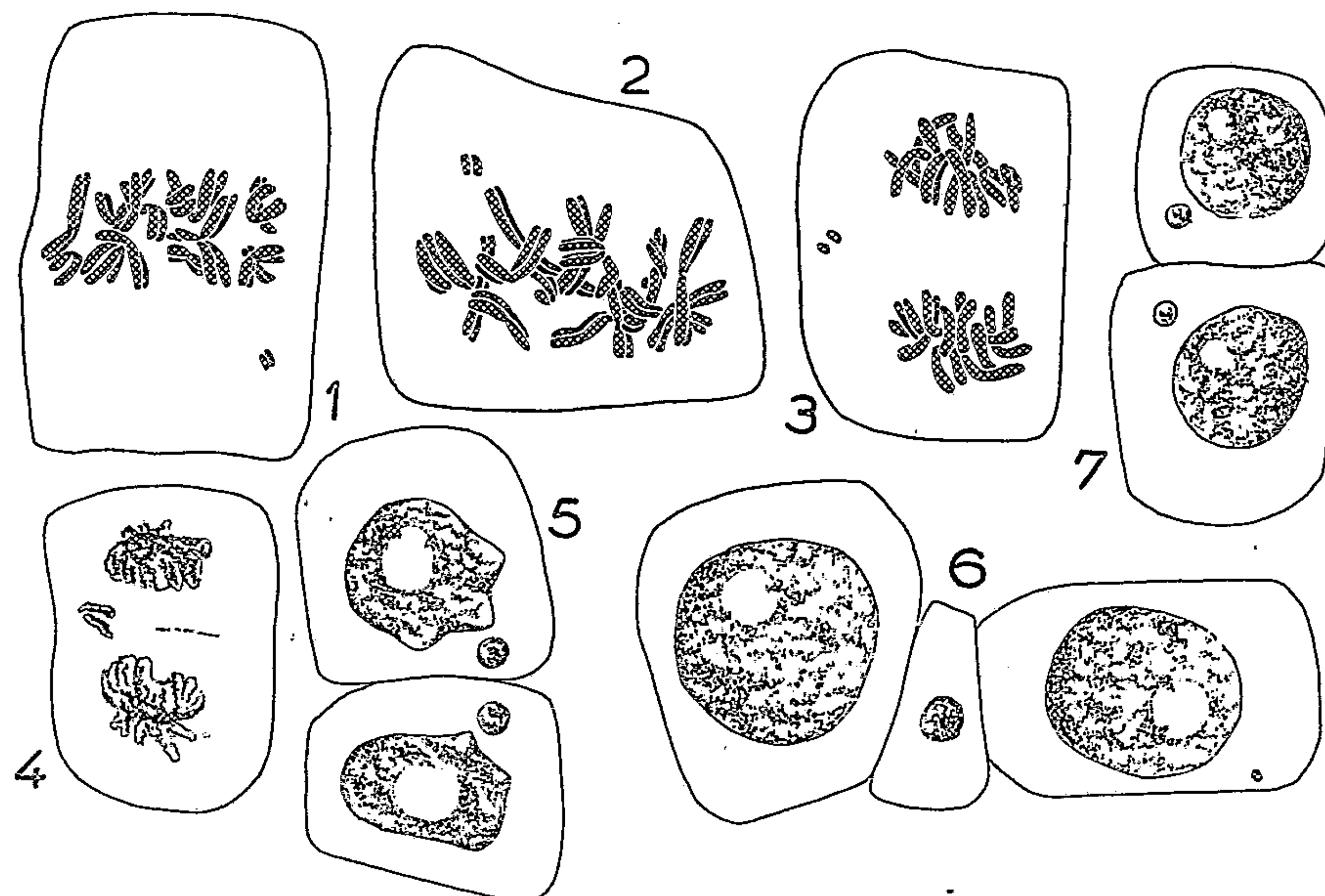
Depuis que l'attention a été attirée sur la possibilité d'obtention de fragmentations chromosomiques sous l'influence d'agents chimiques, de nombreuses substances actives ont déjà été signalées [1]. Mais, dans tous les travaux publiés jusqu'à présent, il semble que ce phénomène se mani-

---

(1) A. Levan, *Proc. of the 8th Intern. Congress of Genetics. Hereditas*, suppl. vol. 1949, p. 325; F. D'Amato, *Pubbl. del. Stazione Zool. di Napoli*, 1950, suppl. vol. 22; M. Mascré et G. Deysson, *Biol. médic.*, **40**, 1951, 323.

feste au hasard. Le nombre des fragments observés dans une cinèse, sous l'influence d'un traitement donné, varie de un à plusieurs dizaines; la longueur des fragments de chromosomes formés est également très variable.

Nous avons obtenu, au contraire, sous l'influence de l'uracile, un type de fragmentation particulier, qui ne porte que sur un seul chromosome. Nos expériences ont été conduites de la manière habituelle ([2]). Les concentrations efficaces varient de 0,25 % à la saturation (0,80 % environ); une durée d'action prolongée est nécessaire; c'est, en général, seulement après 8 jours de traitement que ces fragmentations ont été observées. Notons cependant que, dans une expérience, des racines qui avaient été traitées pendant 6 jours par une solution d'uracile à 0,50 %, puis placées « en retour » sur du liquide de Knop au demi, ont présenté, 48 h plus tard, de telles fragmentations dans un grand nombre de cellules.



Dans tous les méristèmes des racines ainsi traitées, on observe que certaines métaphases présentent un chromosome sectionné transversalement, le tronçon isolé étant assez court et nettement clivé (*fig.* 1 et 2). Cette fragmentation se retrouve à l'anaphase (*fig.* 3) et l'on peut distinguer ici deux processus différents selon que les deux moitiés du fragment isolé se séparent et se dirigent chacune vers un des pôles ou que les deux moitiés restent unies et se dirigent toutes deux vers le même pôle. Dans ce dernier cas, après la télophase, une seule des deux cellules-filles formées présente,

([2]) G. Deysson et M. Deysson, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 32. 1950, p. 268.

à côté du noyau normal, soit deux micronoyaux surnuméraires, soit un seul, un peu plus volumineux, lorsque les deux moitiés provenant du fragment chromosomique isolé sont restées accolées. On peut, enfin, observer, exceptionnellement, entre deux cellules normales, une cellule beaucoup plus petite renfermant un micronoyau (*fig.* 6). Cependant, le cas le plus fréquent consiste dans la formation de deux cellules-filles renfermant chacune un micronoyau surnuméraire (*fig.* 7). C'est ainsi, par exemple, que, après un traitement de 8 jours par la solution d'uracile à 0,25 %, on compte, pour 1000 cellules, 15,1 cellules possédant un micronoyau surnuméraire et 0,2 cellules en possédant 2. De même, après un traitement de 14 jours par la solution d'uracile à 0,50 %, on observe, pour 1000 cellules, 29 cellules possédant un micronoyau surnuméraire et 1,6 en possédant 2.

Il est évidemment très curieux que, dans une cellule diploïde, une altération paraissant spécifique se manifeste chez un seul chromosome et non sur les deux chromosomes homologues. L'examen attentif de très nombreuses préparations ne nous permet cependant pas de douter de la constance de ce phénomène, pour l'interprétation duquel de nouvelles recherches sont nécessaires.

Dans toutes ces expériences, l'index mitotique est plus ou moins fortement diminué, mais les proportions des différents stades mitotiques ne sont pas sensiblement modifiées. Après 8 jours de traitement par la solution d'uracile à 0,50 %, par exemple, l'index mitotique passe de 90 ‰ à 54 ‰; dans ces conditions, on observe, pour 1000 cellules, 3,9 métaphases, dont 1,3 avec chromosome fragmenté, 2,6 anaphases dont 0,5 avec chromosome fragmenté et 17,4 télophases dont 1,6 avec chromosome fragmenté.

Notons également que, dans de telles préparations, de nombreux noyaux en interphase présentent un curieux aspect lobé (*fig.* 5); il semble que les protubérances observées résultent de la disposition étalée que prennent les chromosomes lors de la télophase (*fig.* 4). Enfin, il existe une faible proportion de stathmodiérèses et quelques cas d'anaphase présentant des chromosomes retardataires; ces légères anomalies mitotiques sont constantes, mais n'ont pas, il s'en faut de beaucoup, l'importance quantitative observée pour les fragmentations décrites.

ALGOLOGIE. — *Maintien en culture et reproduction d'une Bangiale d'eau douce,* Chroothece rupestris *Hansg.* Note de Mme PAULETTE GAYRAL, présentée par M. Roger Heim.

En novembre 1950, il nous fut rapporté du lac d'Iseli, dans le Haut-Atlas central, une Algue peu commune, puisqu'elle n'a été rencontrée, jusqu'ici, que dans trois stations : en Suède, en Bohême et à Antibes;

il s'agit d'une Bangiale appartenant au genre *Chroothece* et que nous avons rapportée à l'espèce *Chroothece rupestris* Hansg.

L'Algue se présente sous forme de petites masses rigides de consistance cartilagineuse, mamelonnées et d'une couleur allant du vert sombre à l'orangé; au microscope, elle se montre constituée par un aggrégat de cellules dont la membrane, de nature pectique, s'épaissit considérablement à l'un des pôles pour former un véritable pédoncule atteignant plusieurs fois la longueur de la cellule.

Sur la faible quantité de matériel qui nous restait après détermination et étude anatomique, différentes parts furent faites pour être placées dans diverses conditions, afin de voir si elles pouvaient se conserver au laboratoire et, éventuellement, se reproduire.

Des fragments en apparence bien vivants mis, les uns dans de l'eau pure, les autres dans de l'eau additionnée de chlorure de sodium, ont dépéri dans un laps de temps de trois mois environ, tandis que d'autres, placés dans une solution peu concentrée de chlorure de sodium et de phosphate de magnésie, se sont conservés voici maintenant 15 mois et se sont reproduits pendant l'été.

On connaissait, jusque là, la reproduction asexuée de *Chroothece* par autospores directement libérées de certaines cellules du thalle; nous avons observé ce mode de reproduction pour certains des fragments maintenus dans l'eau pure; nous avons pu voir s'échapper de la périphérie du thalle des cellules que nous assimilons à des autospores et surtout nous avons observé la présence, dans le liquide de culture, de nombreuses germinations composées de trois, quatre ou quelques cellules réunies par la gelée pectique caractéristique des thalles adultes.

Mais pendant l'été, de juillet à septembre, notre attention fut attirée par l'aspect que prenaient les fragments maintenus dans l'eau additionnée de chlorure et de phosphate; ils se couvraient d'une pellicule vert tendre qui nous fit craindre une infection de la culture par une autre Algue. Cependant, l'examen microscopique révélait qu'il s'agissait d'une véritable prolifération de cellules en liaison avec les thalles de *Chroothece* et de très nombreux et réguliers prélèvements nous ont permis de reconnaître que nous étions en présence d'une phase de la reproduction sexuée de l'Algue. La pellicule vert clair était, en effet, constituée par une couche de cellules à chloroplastes granuleux, à petites vacuoles sphériques bien colorables par le rouge neutre, cellules groupées par quatre, de forme assez irrégulière, que nous avons assimilées aux carpospores décrites chez les *Bangia* et les *Porphyra*, chez lesquels elles proviennent de la division de l'œuf. Comme chez ces derniers, leur germination, que nous avons observée, donne naissance à des filaments cloisonnés, ramifiés, dont les cellules renferment un chloroplaste généralement pariétal; ces filaments courent

à la surface du thalle et, de place en place, forment des crochets et des protubérances qui nous paraissent être à l'origine des jeunes plantules apparues d'octobre à novembre, période pendant laquelle elles étaient en parfaite vitalité, constituant çà et là, parmi les carpospores et leurs filaments germinatifs, des arbuscules, bien colorables par le rouge de ruthénium, qui pouvaient réunir une dizaine de cellules.

Il nous a paru intéressant de faire le point de ces observations qui confirment certains faits connus dans la reproduction sexuée des Bangiales marines appartenant aux genres *Bangia* et *Porphyra* et qui se résument essentiellement dans la formation de carpospores, puis de filaments issus de celles-ci et que l'on peut assimiler, comme l'a fait Dangeard chez les *Porphyra*, à un protonéma du fait que des plantules peuvent prendre naissance sur eux. Signalons, toutefois, que différents points restent à élucider, ce sont :

1° La fécondation, qui nous a échappé, car nos observations microscopiques ont commencé lorsque les carpospores étaient déjà abondantes;

2° Le rôle et la signification de certaines cellules, toujours présentes en petit nombre dans les préparations de carpospores ou de germinations plus avancées; ces cellules sphériques, de plus grande taille que les carpospores (jusqu'à 40 μ), sont parfaitement reconnaissables par une masse sphérique centrale de pigment orangé et leur complète absence de coloration par les colorants que nous avons utilisés;

3° Enfin, dans les cultures en moins bonne vitalité, des carpospores nous ont paru en voie de transformation en cellules végétatives du fait d'une élaboration, à l'un des pôles, de la matière pectique; aussi n'excluons-nous pas la possibilité, comme l'avaient fait certains auteurs pour les *Bangia*, d'un développement direct des carpospores.

MYCOLOGIE. — *Utilisation comparée du sorbose et du fructose naturels par une centaine d'Homobasidiomycètes.* Note de M. **Lucien Oddoux**, présentée par M. Roger Heim.

95 Basidiomycètes ont été cultivés sur un milieu synthétique contenant du *l*-sorbose comme unique source de carbone. 50 ne peuvent s'y développer (surtout des humicoles); la plupart des autres y poussent assez mal. Par contre, tous utilisent bien le *d*-fructose.

Steinberg [1] a indiqué les sucres consommables par *Aspergillus niger* Van Tiegh.; ce sont, par ordre d'utilisation décroissante : *d*-mannose, *d*-glucose, *d*-fructose, *l*-sorbose, *d*-xylose.

---

[1] *J. Agr. Res.*, 64, (11), 1942, p. 615-633.

Barnett et Lilly [2], d'autre part, ont remarqué que, non seulement le sorbose est peu ou pas utilisé par une dizaine de Champignons inférieurs et par *Polyporus* (*Coriolus*) *versicolor* Fr., mais encore qu'il empêche la consommation du maltose et du glucose : en général, sous l'action du *l*-sorbose, les extrémités des hyphes sont tuées en plus ou moins forte proportion suivant les espèces.

Nous avons tout d'abord étudié l'utilisation du *d*-fructose et du *l*-sorbose par 95 espèces de Basidiomycètes supérieurs (subfimicoles, humicoles, foliicoles et lignicoles). Notre milieu de base (A) contenait : $ClNH_4$ 0,5 g, SO_4Mg 0,5 g, PO_4H_2K 0,5 g, $(SO_4)_3Fe_2$ 0,05 g, thiamine 40 γ, biotine 0,4 γ, eau distillée 1 l; nous lui ajoutions 1 % de gélose lavée pour le solidifier et 1 % de sucre, *l*-sorbose ou *d*-fructose, suivant le cas. Les milieux étaient stérilisés à l'autoclave pendant 20 mn à la température de 115°.

L'ensemencement était effectué à partir de fragments mycéliens de cultures en milieu liquide [milieu de base (A) avec 1 % de glucose et 1 % d'extrait de malt] soigneusement lavés à l'eau distillée pour éliminer toute quantité appréciable d'un autre sucre. L'utilisation de boutures nous a permis d'étudier des champignons dont on ne sait pas faire germer les spores au laboratoire. Les tubes, ensemencés, étaient maintenus à l'obscurité, à la température de 24° et l'examen réalisé au bout d'un mois.

Voici les résultats obtenus avec le sorbose :

Trois espèces seulement se sont bien développées : *Schizophyllum commune* Fr., *Pellicularia flavescens* (Bon.), *Coriolus hirsutus* (Wulf.). Ce sont trois Aphyllophorales lignicoles.

Vingt-et-une espèces y poussent, mais moins abondamment : *Gymnopilus* (*Pholiota*) *spectabilis* (Fr.), *Crinipellis stipitarius* (Fr.), *Mycena pura* (Pers.), *Rhodopaxillus sordidus* (Fr.), *Leucopaxillus giganteus* (Sow.), *Crepidotus applanatus* (Pers.), *Stereum purpureum* Pers., *Phellinus igniarius* (L.) subsp. *fulvus* (Scop.), *P. conchatus* (Pers.), *Xanthochrous radiatus* (Sow.), *X. ribis* (Schum.), *Leucoporus brumalis* (Pers.), *Leptoporus amorphus* (Fr.), *Phæolus rutilans* (Pers.), *Heteroporus* (*Dædalea*) *biennis* (Bull.), *Lenzites* (*Glœophyllum*) *sepiaria* Wulf., *L. betulina* L., *Trametes hispida* Bagl., *T. gibbosa* (Pers.), *Ungulina rosea* (A. et S.), *Anthurus aseroœformis*. On remarquera qu'il s'agit également, pour la plupart, d'Aphyllophorales lignicoles.

Vingt-et-une autres espèces, après avoir émis quelques hyphes, voient bientôt leur croissance arrêtée : *Flammula lubrica* (Pers.), *F. alnicola* (Fr.), *Marasmius collinus* (Scop.), *M. alliaceus* (Jacq.), *M. scorodonius* Fr., *M. inodorus* Pat., *M. rotula* (Scop.), *Xeromphalina campanella* (Batsch), *Lepista splendens* (Pers.), *Pleurotus ostreatus* (Jacq.), *Lentinus tigrinus*

(2) *Science*, 114, 1951, p. 439-440.

(Bull.), *Peniophora setigera* (Fr.), *Phellinus igniarius* (L.) subsp. *nigricans* (Fr.), *P. torulosus* (Pers.), *P. isabellinus* (Fr.), *Xanthochrous pini* (Brot.) var. *abietis* Karst., *X. hispidus* (Bull.), *X. obliquus* (Pers.), *Fistulina hepatica* (Huds.), *Polyporus sulphureus* (Bull.), *Oxyporus* (*Coriolus*) *populinus* (Schum.). On note, ici aussi, surtout des espèces lignicoles et quelques foliicoles (*Marasmius*, *Lepista*).

Il n'a pas été possible de faire croître tant soit peu les 50 autres espèces qui sont : *Amanita pantherina* (D. C.), *Lepiota excoriata* (Sch.), *Cystoderma granulosum* (Batsch), *Volvaria plumulosa* Lasch, *V. murinella* Quél., *Pluteus roseipes* von Höhnel, *Psalliota rusiophylla* Lasch, *Coprinus comatus* Fr., *Drosophila pennata* (Fr.), *D. silvestris* (Gill.), *Panæolus papilionaceus* (Bull.), *Psilocybe semilanceata* (Fr.), *Stropharia inuncta* (Fr.), *Pholiota mutabilis* (Sch.), *Agrocybe dura* (Bolton), *A. firma* (Peck), *Macrocystidia cucumis* (Fr.), *Galera tibiicystis* (Pers.), *Hebeloma circinans* Quél., *H. sinapizans* (Fr.), *Cortinarius calochrous* (Pers.), *Nolanea clandestina* (Fr.), *Marasmius confluens* (Pers.), *M. androsaceus* (L.), *M. globularis* Fr., *Mycena cyanorhiza* Quél., *M. amicta* (Fr.), *M. crocata* (Schrœt.), *M. elegans* (Pers.), *M. hæmatopus* (Pers.), *Tricholoma pardinum* Quél., *Lyophyllum infumatum* (Bres.), *Rhodopaxillus truncatus* (Sch.), *Armillariella mellea* (Vahl), *Clitocybe inornata* (Sow.), *Cl. viridis* (Fr.), *Cl. litua* (Fr.), *Panellus violaceofulvus* (Batsch), *Boletus luteus* L., *B. elegans* Schum., *B. piperatus* Bull., *Hymenochæte tabacina* (Sow.), *H. rubiginosa* (Dicks.), *Coniophora puteana* Fr., *Stereum Chailletii* (Pers.), *Phellinus punctatus* (Fr.), *P. lævigatus* (Fr.), *Xanthochrous tamaricis* Pat., *Bovista plumbea* Pers., *Lycoperdon hiemale* Pers. On rencontre dans ce groupe peu de lignicoles (12), mais des champignons à mycorhizes (*Amanita*, *Cortinarius*, *Tricholoma*, *Boletus*), des foliicoles (*Marasmius*, *Mycena*, *Clitocybe*), des subfimicoles (*Psalliota*, *Coprinus*, *Panæolus*) et surtout de nombreux humicoles.

Il est remarquable de constater que toutes ces espèces se développent bien sur milieu au fructose, sucre dont la constitution est cependant très voisine de celle du sorbose. Les résultats quantitatifs, qui ne sauraient trouver place dans cette Note, seront publiés ultérieurement.

Au cours du mois d'août 1951, nous avons entrepris des bouturages de fragments de carpophores d'Homobasidiomycètes sur un milieu contenant, à la fois, 1 % de glucose et 1 % de sorbose en plus du milieu de base (A), et solidifié par 1 % de gélose lavée. Nous avons obtenu des résultats positifs avec les espèces suivantes : *Amanita porphyria* (A. et S.), *Limacella lenticularis* (Lasch), *Lepiota rhacodes* (Vitt.), *Cortinarius infractus* (Pers.), *C. bolaris* (Pers.), *C. paleaceus* Fr., *Collybia maculata* (A. et S.), *Clitocybe Alexandri* (Gill.), *Marasmius cohærens* (Pers.), *Mycena roseipallens* Murrill, *Melanoleuca* sp., *M. cnista* (Fr.), *Leucopaxillus lentus* (Post apud Romell), *Lactarius aurantiacus* Fr., *Hygrophorus eburneus* (Bull.), *Boletus piperatus*

Bull., *Lycoperdon piriforme* Sch., *L. furfuraceum* Sch., *Trametes cinnabarina* (Jacq.). La présence de *l*-sorbose n'empêche donc pas la croissance de ces 19 espèces sur milieu glucosé .

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations sur la spermatogenèse des Mousses.* Note de M. JEAN EYMÉ, transmise par M. Pierre Dangeard.

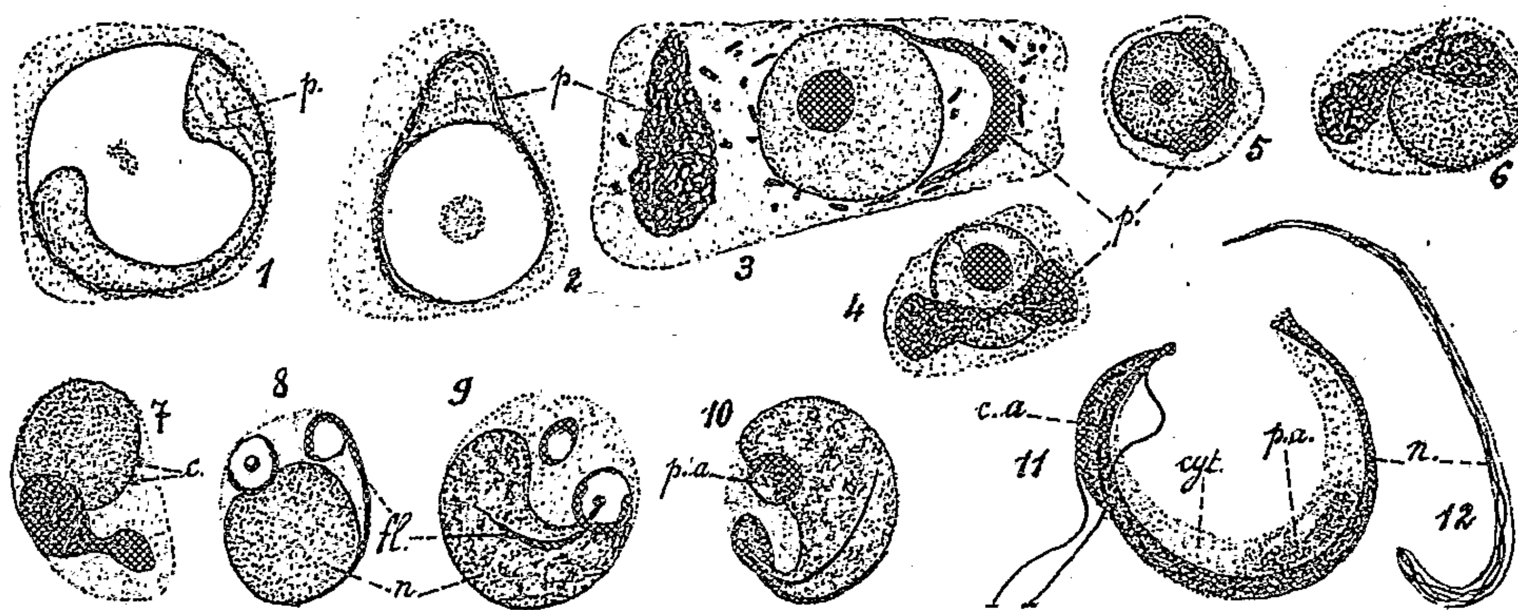
De nombreux auteurs, tels que Wilson (1911), Allen (1912 et 1917), Sapehin (1913), Woodburn (1915), Motte (1928) et Weier (1932), se sont efforcés de suivre le développement des cellules spermatogènes des Mousses. Il subsiste cependant, après leurs travaux, de nombreuses divergences d'interprétations, de même que beaucoup d'incertitudes sur la destinée des organites cytoplasmiques ou la constitution de la cinétide.

Nous nous sommes attaché dans cette étude à l'évolution du tissu spermatogène de *Funaria hygrometrica* Hedw. et de *Sphagnum cymbifolium* Ehr., espèces peu étudiées jusque là; les phénomènes observés sont suffisamment généraux pour être décrits ensemble. Dans une anthéridie extrêmement jeune, les constituants cytoplasmiques des cellules spermatogènes ne diffèrent pas de ceux des cellules enveloppantes. On y voit de nombreux chloroplastes lenticulaires ainsi qu'un chondriome abondant. Mais au cours des divisions cellulaires successives, il y a répartition de la moitié des plastes existants dans chaque cellule-fille, si bien que rapidement il n'en subsiste plus qu'un seul. Celui-ci se divise par étranglement à chaque cinèse ultérieure et se présente sous forme d'une mince calotte ou d'un ruban foliacé extrêmement plastique (*fig.* 1 à 5). La structure de cet élément, qui subsiste jusque dans la spermatide après la dernière télophase, est donc comparable à celle du plaste des cellules sporogènes de la capsule des Mousses.

Une telle description de la cellule spermatogène coïncide donc jusque là avec celle que nous avons donnée de la cellule-mère des tétraspores [1]. Mais alors que dans l'une intervient la méiose, qui est à l'origine de la formation des spores, l'autre s'oriente vers un destin différent à partir du moment où apparaissent les centrosomes dans la spermatide. C'est, en effet, après la dernière mitose que l'on constate dans la cellule, la présence de deux granules situés côte à côte contre le noyau, et qui se comportent vis-à-vis des colorants comme des centrosomes. (Aucune des observations faites jusqu'à ce jour, ne nous permet d'affirmer la présence de centrosomes aux pôles du fuseau de la dernière mitose; chacun d'eux, est en effet, occupé par un court filament ou une petite vésicule qui

[1] J. EYMÉ, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1399.

représente le plaste de la spermatide.) Au moment où les centrosomes sont visibles, la cellule semble manifester un temps d'arrêt dans son évolution. Le plaste récupère notamment une taille plus importante et se divise définitivement en deux plastes-fils. Ceux-ci sont lenticulaires (*Sphagnum*) ou irrégulièrement granuleux (*Funaria*). Il faut voir dans cette formation les éléments qui furent décrits sous le nom de « limosphère » et que divers auteurs crurent voir apparaître *de novo* (*fig.* 6 et 7).



Spermatogenèse de *Sphagnum cymbifolium* Ehr.

Fig. 1, 2, 12 : Stades observés vitalement. — Fig. 3 à 11 : Stades observés après fixation et coloration. *c*, centrosome; *c. a.*, corps apical; *cyt*, cytoplasme; *fl*, flagelle; *n*, noyau; *p*, plaste; *p. a.*, plaste amylifère.

Alors que le noyau conserve sa forme sphérique, il naît en général d'un des centrosomes un filament sidérophile (blépharoplaste des auteurs) paraissant unique mais constitué en réalité de deux flagelles accolés. Ces flagelles s'allongent et s'incurvent contre la pellicule cytoplasmique qui limite la spermatide. Un des deux plastes s'accole au centrosome duquel naissent les flagelles, tandis que le second se rapproche du second centrosome (*fig.* 8). On constate ensuite l'apparition à la surface du noyau d'une protubérance nucléaire en forme de bec qui s'allonge en direction du centrosome porteur de flagelles (*fig.* 9 et 10). Cette polarisation de la substance nucléaire vers le centre cinétique est à l'origine de l'étirement du noyau qui prend successivement l'aspect d'un croissant de plus en plus effilé, puis d'un ruban hélicoïdal.

L'allongement du noyau entraîne une modification de structure de la spermatide toute entière qui prend progressivement la forme du noyau spiralé; le cytoplasme l'entoure d'un mince revêtement, cependant qu'il s'accumule plus abondamment à l'extrémité distale. C'est au sein de cette masse cytoplasmique que se trouve le second plaste qui recouvre, après les modifications que nous venons de décrire, ses propriétés amylogènes.

Des grains d'amidon s'accumulent durant la maturation de l'anthérozoïde; leur conformation varie d'une espèce à l'autre.

Ainsi que nous l'avons mentionné plus haut, le centre cinétique à la suite duquel s'étire le noyau est toujours étroitement accolé à l'un des plastes; la structure de celui-ci ne tarde pas d'ailleurs à se modifier. Il se replie en gouttière (*Sphagnum*), s'allonge et s'aplatit contre le noyau pour constituer ce corpuscule sidérophile placé à la tête des anthérozoïdes des Mousses et nommé suivant les auteurs « corps apical » ou « pièce intermédiaire » (*fig.* 10 et 11).

La coloration vitale des cellules spermatogènes permet, en outre, de déceler la présence d'un vacuome jusqu'aux stades les plus avancés de la maturation. Nous avons pu mettre ainsi en évidence plusieurs inclusions vacuolaires reliées quelquefois entre elles par des tractus qui prennent électivement le colorant vital. Nous avons pu également par les mêmes méthodes colorer vitalement les filaments chromonématiques contenus au sein du noyau de l'anthérozoïde de *Sphagnum* (*fig.* 12); ces filaments allongés suivant le grand axe du gamète mâle ont été vus également sur des préparations fixées et caractérisés par la réaction nucléale de Feulgen.

CHIMIE AGRICOLE. — *Limite de redissolution dans le sol des phosphates calciques susceptibles de s'y former.* Note de MM. **Georges Barbier** et **Jacques Delmas**, présentée par M. Albert Demolon.

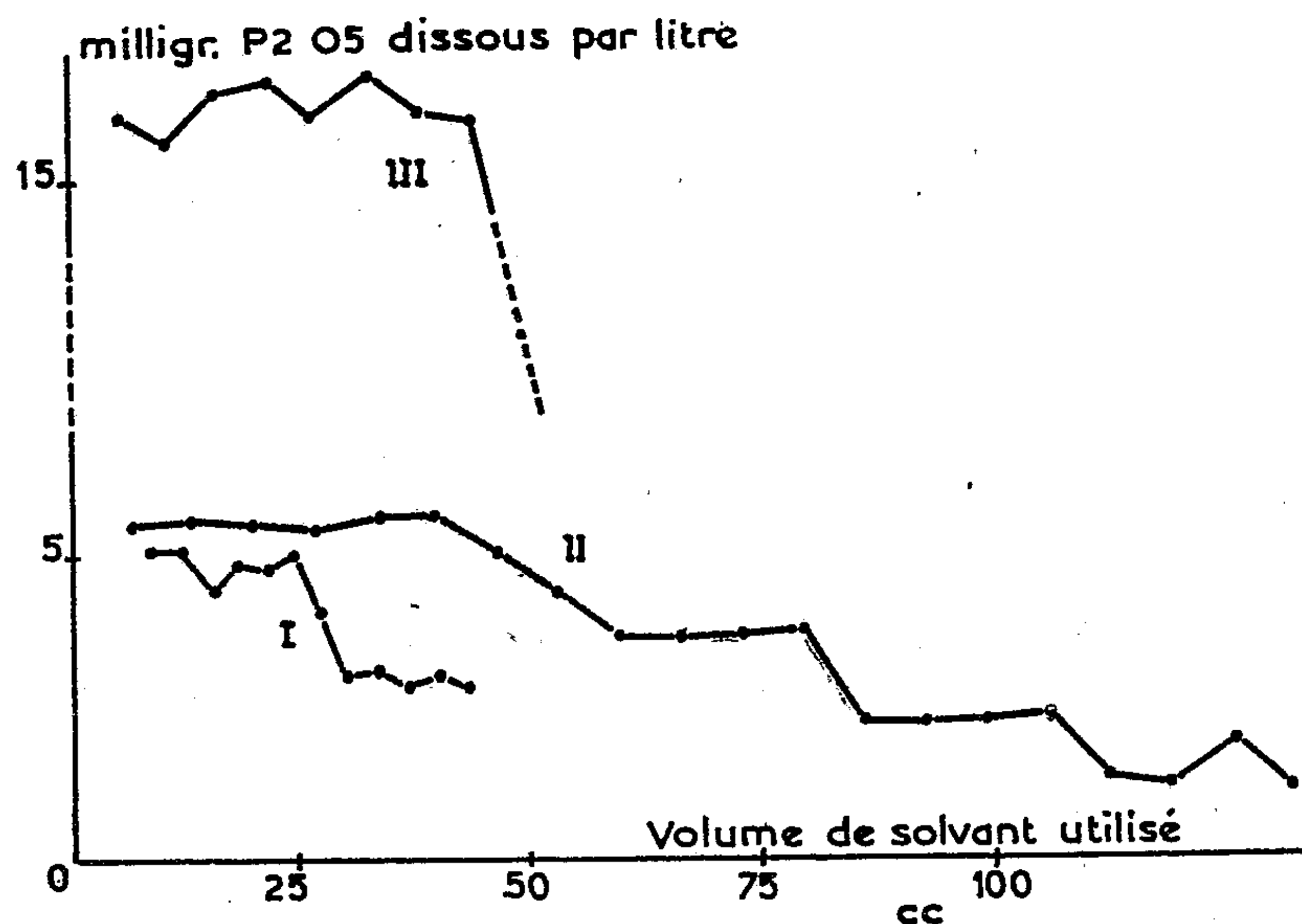
Pour évaluer les doses d'acide phosphorique nécessaires à l'entretien de la fertilité des sols, il est nécessaire de savoir si l'activité (ou l'efficacité) de la réserve phosphatée d'un sol où les apports de P_2O_5 compensent quantitativement les exportations, est ou non susceptible de diminuer au cours des années. Or, parmi les divers modes de rétention des ions phosphoriques dans le sol, il en est au moins un qui n'est pas parfaitement réversible, la précipitation de phosphates calciques : chaque espèce de phosphate calcique, au cours de sa redissolution dans les conditions de milieu où elle a pris naissance, se transformerait en de nouvelles espèces successives de plus en plus riches en chaux et de moins en moins solubles, éventuellement jusqu'à formation d'un phosphate apatitique très peu soluble.

Il est donc concevable que des phosphates calciques formés dans le sol (bicalcique par exemple) aux points d'impact des particules d'un engrais soluble, ne puissent se redissoudre en totalité que si la concentration des solutions en P_2O_5 s'abaisse suffisamment au-dessous du titre qu'elles présentaient avant l'application de l'engrais. Les cultures ne pourraient donc récupérer une quantité de P_2O_5 égale à celle appliquée qu'aux dépens

de combinaisons phosphatées préexistant dans le sol (composés d'adsorption notamment) et la concentration en P_2O_5 des solutions du sol devrait aller en diminuant, bien que le stock de P_2O_5 demeure constant.

Nous avons recherché, dans le cas du phosphate bicalcique hydraté, quelle fraction de son acide phosphorique peut repasser en solution au-dessus d'une concentration en P_2O_5 donnée, pour une activité donnée des ions H^+ et Ca^{++}.

Nous avons utilisé un phosphate bicalcique hydraté du commerce (I) et deux phosphates préparés au laboratoire en précipitant une solution de phosphate ammonique à pH 6,9 (2 g de P_2O_5 par litre pour le phosphate II et 10 g pour le phosphate III), par une solution à 3 g $CaCl_2$, $4H_2O$ par litre. Ces trois phosphates présentent sensiblement un rapport Ca/P = 1 et ont un indice de réfraction moyen compris entre 1,57 et 1,586; ils affectent, cependant, des aspects différents, notamment quant à la taille et au nombre de faces des cristaux.



Ils ont été amenés à l'état de fine suspension en solution saturée de phosphate bicalcique, puis soumis à des épuisements successifs par une solution de sulfate de calcium 0,015 N, voisine des solutions du sol quant à l'activité des ions Ca^{++}. Le pH a été réglé à 7,2 par apport d'une trace de $Ca(OH)_2$. Après un temps d'agitation suffisant pour que l'équilibre de dissolution soit atteint, nous avons dosé P_2O_5 passé en solution, qui est porté en ordonnée dans le graphique ci-contre. Les abscisses représentent la somme des volumes de solvant utilisés depuis le début des épuisements successifs et rapportés à une quantité de phosphate mise en œuvre correspondant à 1 mg P_2O_5.

Les diagrammes présentent un ou plusieurs paliers successifs qui doivent correspondre à de nouvelles variétés de phosphates formés.

D'autre part, la fraction du phosphate susceptible de se dissoudre à une concentration supérieure à 1 mg P_2O_5 par litre dépasse 60 % pour le phosphate I, 80 % pour le phosphate III et est égale à environ 60 % pour le phosphate II. Au cours d'épuisements ultérieurs, non représentés sur la figure, la concentration de la solution se maintient pendant longtemps aux environs de 1 mg P_2O_5 par litre.

Conclusion. — Étant donné qu'une fraction seulement des phosphates solubles incorporés dans le sol est susceptible de précipiter sous forme de phosphates calciques, le reste étant adsorbé par les colloïdes minéraux et qu'une fraction seulement des phosphates calciques précipités (20 à 40 % environ au maximum) forme finalement un résidu de solubilité inférieure à la concentration normale en P_2O_5 des solutions du sol (0,5 à 1 mg : l), on peut conclure que, dans un sol où les fumures compensent les exportations, le phénomène étudié ne peut diminuer que dans une faible mesure l'activité des phosphates. Cette conclusion, qui concerne un milieu neutre, n'est pas forcément applicable à des sols basiques.

MICROBIOLOGIE DU SOL. — *Sur la flore de la rhizosphère des Légumineuses.* Note de Mlle **Gisèle Jacobelli**, présentée par M. Albert Demolon.

L'examen de la rhizosphère des végétaux, généralement étudiée par ensemencement de dilutions de terre, a montré qu'elle est le siège d'un accroissement de la densité microbienne, disparaissant rapidement à distance. Ces pullulations, attribuées aux débris épidermiques, affectent à la fois, bien qu'inégalement, les divers groupes constituant la flore banale des sols (1).

Le phénomène est général, mais aucune action spécifique n'a été mise en évidence, en ce qui concerne les diverses espèces végétales. Il a toutefois été constaté que les Légumineuses présentent une densité microbienne particulièrement élevée. Nous avons porté notre attention sur leur comportement.

Technique. — Les ensemencements ont été effectués comme il suit, en boîtes de Pétri :

1° par dépôt à la surface du milieu de petits grains de terre, comme il a été indiqué par Winogradsky ;

2° par dépôt à la surface du milieu de fragments de radicelles débarrassées mécaniquement d'agrégats terreux ;

3° par substitution aux radicelles de fragments d'un fil de coton préalablement traité à chaud par une lessive alcaline et plongé dans une suspension concentrée de la terre étudiée.

---

(1) A. G. Lochhead, *Soil. Sc.*, 67, 1949, p. 63.

Comme milieu nutritif, nous avons utilisé un extrait de terre, gélosé à 2% (500 g de la terre expérimentée pour 1 l d'eau, 30 mn d'ébullition, filtration). Au moment de l'emploi, ce milieu a été additionné (20 cm³ %), d'un extrait végétal, préparé en faisant infuser dans l'eau bouillante, pendant 15 mn, 10 g pour 100 cm³ de poudre de trèfle, de luzerne ou de blé, obtenue par broyage après dessiccation à l'air de jeunes plantes entières.

Influence de la nature de la plante. — Après 24 h d'étuve à 30°, les grains d'une terre ayant porté trèfle, luzerne ou haricots, donnent des colonies constituées uniquement par des bacilles à spores, soit par ordre de fréquence : *B. megatherium*, *B. cereus*, *B. mycoïdes*, *B. subtilis*. Après 48 h, on voit apparaître en outre un bâtonnet mobile, Gram négatif, appartenant au genre : *Bacterium radicicola*.

Pour le blé, dans les mêmes conditions, le tableau est différent. Les bacilles à spores sont dès le début mélangés à un fin bâtonnet du groupe des *Pseudomonas* (²). Après 48 h, pas de modification de la flore.

Les divers extraits végétaux ont donné des résultats identiques.

En ce qui concerne l'*Azotobacter*, les résultats sont irréguliers. La pulvérisation, en surface, du réactif de Griess, afin de caractériser la diffusion des nitrates, montre qu'il y a inhibition en milieu riche, et que la multiplication ne se produit qu'après abaissement suffisant du taux d'azote du fait de son absorption par la plante.

Influence des excrétions radiculaires. — L'apparition régulière du *Bacterium radicicola* sur nos plaques lorsque nous utilisions la terre prélevée au contact des racines de Légumineuses, fait qui ne se produisait pas dans le cas des Céréales, conduisait à envisager un effet de stimulation, dû à l'intervention de sécrétions radiculaires. Ces sécrétions ont été mises en évidence par des réactions colorées (³), mais nous ignorons leur nature.

Nous avons donc mis en comparaison de petits fragments de racines et des filaments de coton imprégnés de terre déposés simultanément à la surface d'une même boîte.

Dans le premier cas, au bout de 48 h d'étuve à 30°, les colonies sont constituées presqu'exclusivement par un bâtonnet mobile, Gram négatif, caractérisé comme *B. radicicola* qui, après 48 h, continue à prédominer en passant au 2ᵉ stade de son cycle évolutif (bacilles ovoïdes à espaces clairs).

Avec le fil témoin, les colonies sont constituées essentiellement par un mélange de bacilles à spores, associés à quelques *B. radicicola*, la densité de ceux-ci étant très inférieure à celle correspondant aux radicelles.

Les mêmes observations ont été faites en cultivant simultanément dans le même sol, un blé et diverses Légumineuses.

(²) M. Lemoigne, H. Girard et G. Jacobelli, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 774.

(³) P. S. Nutman, *Nature*, 167, 1951, p. 288.

Conclusion. — 1° Les Légumineuses se comportent d'une manière particulière en ce qui concerne la multiplication du *B. radicicola.* Celle-ci, qui nécessite des facteurs de croissance, se trouve favorisée par l'addition au milieu d'extraits végétaux chauffés ([4]), mais elle est considérablement activée et se produit immédiatement au contact des radicelles elles-mêmes.

2° L'infection de la plante présente deux phases : dans la première, liée à des conditions alimentaires favorables, il y a développement des formes de conservation présentes dans le sol, avec, comme premier stade, la forme mobile, transitoire, susceptible d'assurer la dissémination du germe. Celui-ci pénètre ensuite dans la plante par l'extrémité des poils radiculaires, grâce à son aptitude à attaquer, en les liquéfiant, les gels pectiques qui en forment la paroi terminale. Mais à ce niveau intervient une sélection des germes, liée à la nature botanique de la plante, celle-ci n'étant infectée que par certains d'entre eux.

PHYSIOLOGIE. — *Utilisation de l'acétylcholine pendant la décharge chez* Electrophorus electricus *L.* Note de M. **Carlos Chagas**, présentée par M. Robert Courrier.

Un travail de Marnay ([1]) a d'abord attiré l'attention sur la cholinestérase présente dans l'organe électrique de l'*Electrophorus* (Gymnote). Cette question a été reprise et développée par Nachmansohn et divers collaborateurs ([2]). D'autre part, Feldberg et Fessard ([3]) ont observé, en stimulant les nerfs électriques de torpilles dont les organes étaient perfusés, une apparition d'acétylcholine dans le liquide de perfusion. Ces mêmes auteurs ont démontré l'action électrogène d'une injection intra-artérielle de la même substance.

De notre côté, nous avons étudié, à l'Institut de Biophysique de Rio-de-Janeiro, le rôle éventuel de l'acétylcholine chez *Electrophorus electricus*. Pour cela, nous avons été amené à nous adresser à une méthode différente des précédentes. Nous avons d'abord déterminé le contenu en acétylcholine de l'organe au repos : les résultats ont montré un taux assez bas, de l'ordre de 4 à 5 μg : g d'organe électrique ([4]). Le dosage de l'acétylcholine était fait selon la technique suivante : immersion immédiate dans

([4]) A. Demolon et collab., *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 372.

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, 126, 1937, p. 573.

([2]) D. Nachmansohn et E. Lederer, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 21, 1939, p. 797.

([3]) *J. Physiology*, 101, 1942, p. 200.

([4]) C. Chagas, H. Martins-Ferreira et L. Sollero, *Comun. II Reunião Soc. brasil. Progresso da Ciencia*, Campinas, 1949.

l'air liquide, extraction avec l'acide trichloracétique à 10 %, neutralisation à pH 7 et essai sur le muscle *rectus abdominis* de la Grenouille.

Nous avons ensuite cherché s'il existait une relation entre acétylcholine et décharge électrique. Des morceaux d'organe ont été excités entre deux électrodes. On obtient, de cette façon, deux types de réponse, l'une instantanée, l'autre tardive [5] : nous avons des raisons de croire que la première est une réponse directe de l'organe électrique et la seconde une réponse indirecte, c'est-à-dire provoquée par l'intermédiaire de l'excitation des nerfs [6]. L'expérience principale consistait à déterminer le taux d'acétylcholine dans des morceaux d'organe excités jusqu'à presque complète disparition de la décharge. Une nouvelle détermination était faite après avoir laissé ces morceaux d'organe sans excitation pendant quelques minutes pour permettre une certaine reconstitution de la substance. La récupération fonctionnelle était appréciée par la hauteur du potentiel de décharge. Les résultats ainsi obtenus ont été comparés avec l'analyse des morceaux-témoins. Ils sont inscrits dans le tableau suivant où les valeurs sont indiquées en microgrammes d'acétylcholine par gramme.

Témoins.	Stimulation indirecte (5 100 décharges). Fatigue presque totale.	Après récupération.	Stimulation directe (5 100 décharges). Faible baisse d'amplitude.
4,3	0,74	4,4	2,8
4,2	–	–	3,45
2,94	1,40	3,59	–
5,18	0,78	–	–
2,4	0,22	3,15	–
3,0	0,69	3,2	–
4,4	0,57	4,8	–
5,8	0,90	3,8	2,9
4,7	1,50	–	–

Les chiffres de la seconde colonne, comparés à ceux de la première (préparations-témoins) montrent le résultat essentiel, c'est-à-dire une diminution considérable du taux d'acétylcholine lorsqu'a été atteint, par la fatigue, un stade de réduction extrême de la réponse. Dans une expérience-témoin, nous avons soumis la préparation au courant de stimulation pendant 10 mn en ayant soin d'employer des temps très brefs, insuffisants pour produire l'excitation nerveuse : le taux d'acétylcholine s'est conservé sans modification. Dans les expériences où la stimulation directe a été réalisée (4e colonne), nous n'avons pas observé une diminution aussi impor-

(5) D. Albe-Fessard, C. Chagas et H. Martins-Ferreira, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1015.

(6) D. Albe-Fessard et C. Chagas, *C. R. Soc. Biol.*, 145, 1951, p. 248.

tante de l'acétylcholine, mais ces expériences devront être répétées dans des conditions expérimentales plus précises. La 3e colonne montre que l'acétylcholine récupère parfaitement, après quelques minutes de repos seulement.

On peut admettre que la variation de potentiel qui est à la base de la décharge résulte d'une action dépolarisante de l'acétylcholine. Celle-ci est ensuite hydrolysée par l'action de la cholinestérase, dont la localisation est vraisemblablement intracellulaire.

NUTRITION. — *Cataracte expérimentale provoquée chez le Rat en croissance par un régime riche en cholestérol et en acides gras polydésaturés.* Note (*) de MM. JACQUES MAWAS, RAYMOND JACQUOT et Mme JEANINE RAULIN, présentée par M. André Mayer.

L'ingestion *simultanée* d'acides gras polydésaturés (acides gras totaux du tournesol) et de cholestérol peut provoquer la cataracte du Rat en croissance. On décrit l'évolution du symptôme, ses caractérisques histologiques, sa spécificité et le nombre d'animaux atteints.

Dans une Note précédente, l'une de nous a signalé les accidents causés par l'ingestion simultanée d'acides gras polydésaturés et de cholestérol (1). A partir du sevrage on soumet des rats en croissance au régime suivant (en pour cent) : acides gras totaux de l'huile de tournesol (libérés par saponification) 15; caséine dévitaminée 30; sucre 48; mélange salin Osborne-Mendel 5; papier 2; à chaque kilogramme de ce mélange on ajoute : B1, B2, B6, PP, 2 mg; pantothénate de calcium 4 mg; inositol 20 mg; acide folique 0,1 mg; biotine 0,02 mg; choline 50 mg; tocophérol 2 mg; vitamine K 0,5 mg; et 30 g *de cholestérol amorphe*. Les facteurs A et D sont administrés directement sous forme d'un concentré titré.

Des troubles multiples apparaissent à échéance plus ou moins rapide : mortalité élevée, ralentissement du développement, stérilité chez les femelles (reproduction non étudiée chez les mâles) et anomalie de l'œil. En réalité, il s'agit d'une cataracte.

L'évolution du syndrome est la suivante : vers le 5e jour environ de mise au régime, on observe une hémorragie qui colore fortement l'œil albinos, puis celui-ci devient vitreux et semble peu à peu envahi par une substance laiteuse. Très rapidement (15 jours au maximum) l'œil devient une masse entièrement blanche et saillante.

La lésion dominante semble bien être une floculation plus ou moins complète

(*) Séance du 28 janvier 1952.

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1318.

des albumines du cristallin. On peut affirmer tout de suite qu'il ne sagit pas d'une substance lipidique, ni d'un dépôt de substances grasses, les réactifs spécifiques des graisses ne décèlent rien d'anormal à ce point de vue.





A part la cataracte, l'œil atteint semble normal; la cornée et la sclérotique sont indemnes, de même que l'iris et la choroïde. La rétine est décollée et plissée (par les réactifs) mais elle ne présente aucune lésion digne d'être notée. Il existe parfois des traces d'hémorragie dans le corps ciliaire; parfois aussi, lésion importante à signaler, une réaction fibroplastique partant du nerf optique et se terminant derrière le cristallin, ressemblant à s'y méprendre à ce qu'on appelle aujourd'hui la fibro-plasie rétro-cristallinienne. Dans ce tissu néoformé, il existe une quantité importante de cellules névrogliques et d'histiocytes phagocytaires qui entourent le cristallin et qui même le pénètrent et le morcellent par endroits. Quant à la capsule du cristallin, elle garde son aspect anhiste, mais elle se laisse envahir par l'épithélium cristallin qui gonfle, prolifère et devient granuleux. Ces lésions ne peuvent s'expliquer par la simple hémorragie que l'on constate au début de l'altération de l'œil. D'autres facteurs doivent jouer un rôle important dans la genèse de cette cataracte expérimentale.

Celle-ci a une origine alimentaire certaine et peut être considérée comme un symptôme spécifique. Pour la déterminer, il faut l'association d'acides gras polydésaturés et de cholestérol. Les acides gras seuls ne la provoquent pas. Le cholestérol soit seul, soit en complément d'acides gras saturés, est également sans effet.

La cataracte s'est manifestée chez 15 % des animaux. Il est curieux de noter

que, dans nos essais portant à ce jour sur 130 rats mâles et femelles, la cataracte n'atteint souvent qu'un seul œil et pas nécessairement le même. Les mâles y semblent plus sensibles que les femelles.

La caractéristique de cette anomalie réside à la fois dans la gravité des symptômes et dans la rapidité avec laquelle ils apparaissent et évoluent.

GÉNÉTIQUE. — *Sur le polychromatisme des* Sphæroma serratum *du littoral Boulonnais*. Note de MM. **Henri Hoestlandt** et **Georges Teissier**, présentée par M. Louis Fage.

Les *Sphæroma serratum* qui présentent sur les côtes de Bretagne cinq types de colorations héréditaires, n'en montrent que trois sur le littoral Boulonnais. Alors que, en Bretagne, chaque population présente ses caractéristiques génétiques propres, il semble que les gènes responsables du polychromatisme soient répartis à peu près uniformément sur les côtes du Boulonnais.

Un travail récent a permis de donner une interprétation génétique des divers types de coloration observés dans les populations de *Sphæroma serratum* (Fabricius) des côtes de Bretagne et de montrer que les fréquences respectives de ces mutants, constantes en une même station, très variables d'une station à l'autre, pouvaient servir à caractériser individuellement les diverses populations réparties le long du littoral breton (1).

L'extrême diversité génétique des populations observées dans un secteur limité de l'aire de répartition de l'espèce étudiée rendait désirable l'extension de nos recherches à des régions différant de la première par leurs conditions écologiques ou par le mode de vie de leurs Sphéromes. Le littoral boulonnais présentait à cet égard un intérêt particulier. On y trouve, s'étendant sur une longueur de 35 km, une alternance de bandes rocheuses riches en Sphéromes et de plages de sable dépourvues de cette espèce. Cet ensemble de stations est très largement séparé vers le Sud de toute autre population de Sphéromes et représente, par ailleurs, sur le continent la limite Nord de l'espèce. Celle-ci s'y trouve exceptionnellement sous les pierres, comme en Bretagne, mais y vit normalement dans les fissures des blocs rocheux.

Des cinq types structuraux reconnus en Bretagne, trois se retrouvent dans le Boulonnais. Deux d'entre eux, les *albicans* et les *discretum* y ont le même aspect. Le troisième, *lunulatum*, y présente entre la forme typique et ses variantes, un phénotype beaucoup plus difficilement identifiable, qui, très rare en Bretagne où il a été décrit sous le nom de *pseusolunulatum*, atteint ici 10 ou 15 % de l'effectif total des *lunulatum*. Malgré des recherches attentives, qui ont comporté

(1) Ch. Boquet, Cl. Lévi et G. Tissier, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 871 et 1004; *Arch. Zool. Exp.*, 87, 1951, p. 245-297.

l'examen de plus de 20 000 Sphéromes, il n'a jamais été observé aucun représentant des deux autres types structuraux, *ornatum* et *signatum*, que l'on rencontre dans presque toutes les populations bretonnes; les mutants rouges n'ont été représentés dans nos récoltes que par deux individus, des *rubrum-lunulatum*. Il apparaît ainsi que les populations boulonnaises de Sphéromes sont génétiquement moins complexes que les populations bretonnes, caractère que nous sommes portés à mettre en rapport avec leur situation géographique à l'une des limites de l'aire de répartition de l'espèce.

	n.	A.	D.	L.	*D*.	*L*.
Blanc-Nez	616	18,8	64,6	16,6	52,5 ∓ 1,9	8,6 ∓ 0,8
»	647	16,7	68,2	15,1	55,6 ∓ 1,9	7,9 ∓ 0,8
Gris-Nez	1329	13,0	69,8	17,2	60,3 ∓ 1,4	9,0 ∓ 0,6
Audresselles	849	16,6	68,9	14,5	55,9 ∓ 1,7	7,5 ∓ 0,7
»	591	19,3	67,5	13,2	52,9 ∓ 1,9	7,8 ∓ 0,7
»	657	16,5	66,8	16,7	55,6 ∓ 1,9	8,8 ∓ 0,8
Pointe aux Oies	1158	16,1	69,8	14,1	56,8 ∓ 1,4	7,3 ∓ 0,6
»	1255	14,3	71,8	13,9	59,3 ∓ 1,4	7,2 ∓ 0,5
Pointe de la Crèche	1118	15,3	67,1	17,6	56,9 ∓ 1,5	9,2 ∓ 0,7
»	754	14,8	70,2	15,0	58,2 ∓ 1,8	7,8 ∓ 0,7
Cap d'Alprech	888	15,3	69,6	15,1	57,7 ∓ 1,6	7,8 ∓ 0,7
»	778	14,9	71,2	13,9	58,4 ∓ 1,8	7,2 ∓ 0,7

Les résultats des dénombrements auxquels il a été procédé pendant l'été 1951 en six stations séparées l'une de l'autre par des plages sableuses ont été consignés dans le tableau ci-dessus où sont donnés les effectifs *n* des douze prélèvements, les fréquences en pour-cent des trois génotypes *albicans* A, *discretum* D, *lunulatum* L, et celles des deux gènes *D* et *L* calculées par le procédé antérieurement publié ([2]).

L'étude de ce tableau, précisée par l'application aux données initiales des tests d'homogénéité usuels, ne permet pas de caractériser de populations locales à l'intérieur du Boulonnais, à l'exception peut-être de celle du Cap Gris-Nez, dont nous ne possédons malheureusement qu'un échantillon. Les cinq autres, dont les deux extrêmes au Nord et au Sud, ne s'écartent pas de façon significative de leur moyenne qui correspond en pour-cent à 16,0 A, 69,0 D et 15,0 L, soit 56,6 ∓ 0,5 *D* et 7,8 ∓ 0,2 *L*. Cette uniformité contraste de façon frappante avec la diversité des populations de Sphéromes de Bretagne, et il se trouve en outre que la population du Boulonnais ne ressemble à aucune de celles qui ont été étudiées jusqu'à présent.

([2]) Cf. *Arch. Zool. Exp.*, 87, 1951, p. 272-279. Nous n'avons pas fait figurer sur le tableau les résultats d'une quatrième récolte faite à Audresselles, parce qu'ils présentaient avec les trois autres des discordances que seule une erreur technique peut expliquer actuellement.

On pourra cependant remarquer que les écarts à la moyenne ne semblent pas être répartis de façon quelconque entre les divers échantillons. Les six prélèvements effectués dans les trois stations Sud donnent tous une estimation de *D* supérieure à la moyenne, tandis que les cinq prélèvements faits à Audresselles et au Blanc-Nez donnent tous une estimation inférieure à celle-ci. Cette constatation laisserait présumer une légère tendance à la diminution de la fréquence de *D*, du Sud au Nord, si les différences n'étaient pas trop faibles pour être vraiment significatives et si la structure génétique aberrante des Sphéromes du Gris-Nez ne venait pas rompre la régularité entrevue.

Il est difficile de savoir si l'uniformité génétique qui paraît caractériser les Sphéromes du Boulonnais au même titre que leur faible polychromatisme est en rapport avec le fait que cette population représente sur le continent l'extrême avancée vers le Nord d'une espèce méridionale.

PROTISTOLOGIE. — *Le mouvement chez* Diplomorpha paradoxa, Rose et Cachon, *parasite des Siphonophores*. Note (*) de MM. **Maurice Rose** et **Jean Cachon**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Dans une Note antérieure ([1]), nous avons décrit sous le nom de *Diplomorpha paradoxa*, un Protiste parasite des Siphonophores méditerranéens. Nous apportons ici quelques données nouvelles concernant ses mouvements.

Ceux-ci peuvent s'observer sur l'animal encore fixé à son hôte, examiné à la loupe binoculaire, ou sur un individu isolé, suivi au microscope.

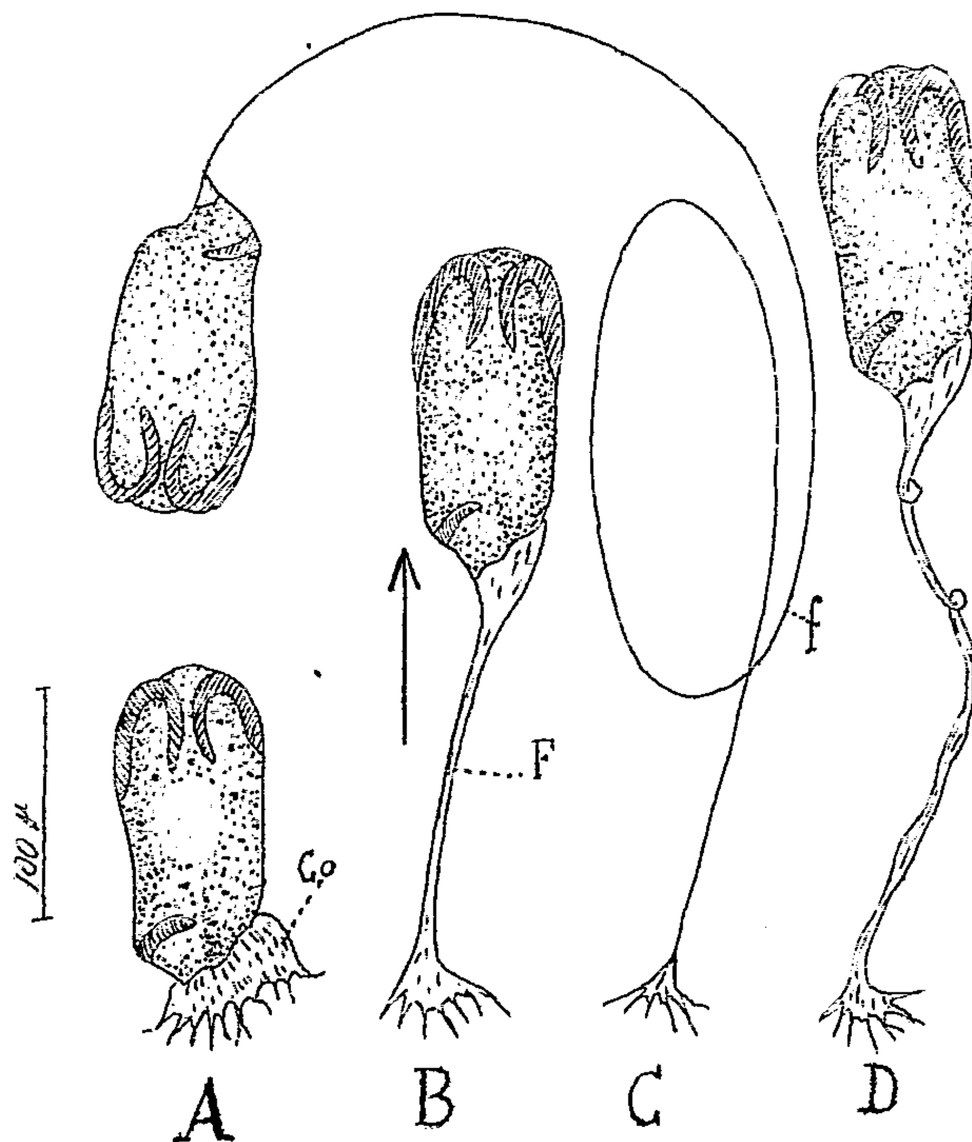
On voit le Protiste se détacher du coussinet de fixation (cf. *fig.*) et s'éloigner en se dandinant et en tournant sur lui-même, d'une manière qui rappelle le mouvement typique d'un Péridinien libre. Mais l'animal reste relié à son point de départ par un filament pédonculaire F qu'il étire de plus en plus et peut transformer en un fil visqueux très ténu, *f*, invisible. En même temps, la substance du coussinet disparaît peu à peu. C'est elle qui fournit, au moins en partie, le filament. Le mouvement du Protiste n'est pas régulier. Il est coupé de pauses plus ou moins longues et finit par s'arrêter. Il arrive alors souvent, que le filament se rétracte lentement et ramène le parasite à son point initial, sur le coussinet reconstitué dans sa taille et sa forme primitives.

Ces mouvements peuvent être provoqués à volonté, sur des *Diplomorpha* au repos sur leur coussinet. Il suffit de les traiter par le $MgCl_2$ isotonique à l'eau de mer locale. En quelques secondes, ils sont déclenchés. Reportés dans l'eau de mer normale, les parasites rétractent les pédoncules et filaments développés et retournent sur le coussinet reformé.

(*) Séance du 28 janvier 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 451.

Si un obstacle arrête l'animal après son départ, le filament pédonculaire fait des boucles, qui se soudent en nodules se régularisant peu à peu, (*D*). On finira par obtenir un pédoncule court et régulier, homogène et hyalin.



A, *Diplomorpha* immobile sur son coussinet *Co*; *B*, étirement du pédoncule *F*, au début du mouvement dont le sens est indiqué par une flèche; *C*, le pédoncule est devenu un filament mince *f*, dont la longueur peut atteindre 5 ou 6 fois celle qui est figurée; *D*, rétraction du pédoncule avec formation de boucles.

Tous ces faits concernent les formes moyennes et grandes. Les petits individus, au coussinet à peine formé, ne présentent en général que quelques oscillations sur leur socle, sans se détacher ni circuler; tandis que d'autres le font.

Il est à noter que jamais jusqu'ici, ni sur le vivant, ni sur l'animal fixé et coloré, ni sur coupes après les fixations les plus diverses, nous n'avons pu trouver trace d'un organe locomoteur quelconque (cils, flagelles, membranelles, pseudopodes).

Le *Diplomorpha* sessile peut fort bien émettre des bras sans allonger de pédoncule; ou étirer un filament pédonculaire sans développer de bras. Les deux stades, sessile et pédonculé, que nous avons distingués antérieurement, doivent être remplacés par deux stades différents : inerme et rayonné; l'un comme l'autre pouvant avoir ou non un pédoncule ou filament plus ou moins long.

Dans l'état actuel de nos connaissances, l'hypothèse la plus plausible

sur l'origine du mouvement chez *Diplomorpha*, nous semble être la suivante : La substance du coussinet serait plus ou moins liquéfiée par une sécrétion de la cellule et se gonflerait en chassant le Protiste. Le résultat serait un étirement du pédoncule, d'où augmentation des surfaces d'imbibition et entretien du mouvement. Celui-ci pourrait, de plus, être augmenté par une sécrétion visqueuse du parasite provoquant son recul. Tous ces processus seraient plus ou moins réversibles, ce qui permettrait de comprendre le retour du Protiste, sur son coussinet reformé au point initial.

BIOLOGIE. — *Sur quelques régulations sociales dans la construction chez les Abeilles.* Note (*) de M. **Roger Darchen**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

La construction des rayons de cire par les Abeilles n'a fait l'objet que d'un petit nombre de travaux depuis François Huber [1]; on s'est surtout attaché à la forme de la cellule. Il est non moins important d'étudier les modifications dans la disposition des rayons après perturbations expérimentales. J'ai d'abord recherché la technique qui permet aux ouvrières de maintenir parallèles et à une distance constante, les faces des rayons. J'ai à cet effet introduit au milieu de deux rayons, deux plaques de cire gaufrée formant un angle (*fig.* 1).

Au bout de très peu de temps, les Abeilles ont étiré la cire comme dans la figure 2, de façon à rétablir le parallélisme du plan contenant les bords des cellules ainsi construites avec les autres rayons. De plus, la rangée des cellules de l'arête a subi un traitement spécial. Le fond a été enlevé (*fig.* 2 *c*) de façon à restituer à ces cellules une profondeur quasi normale.

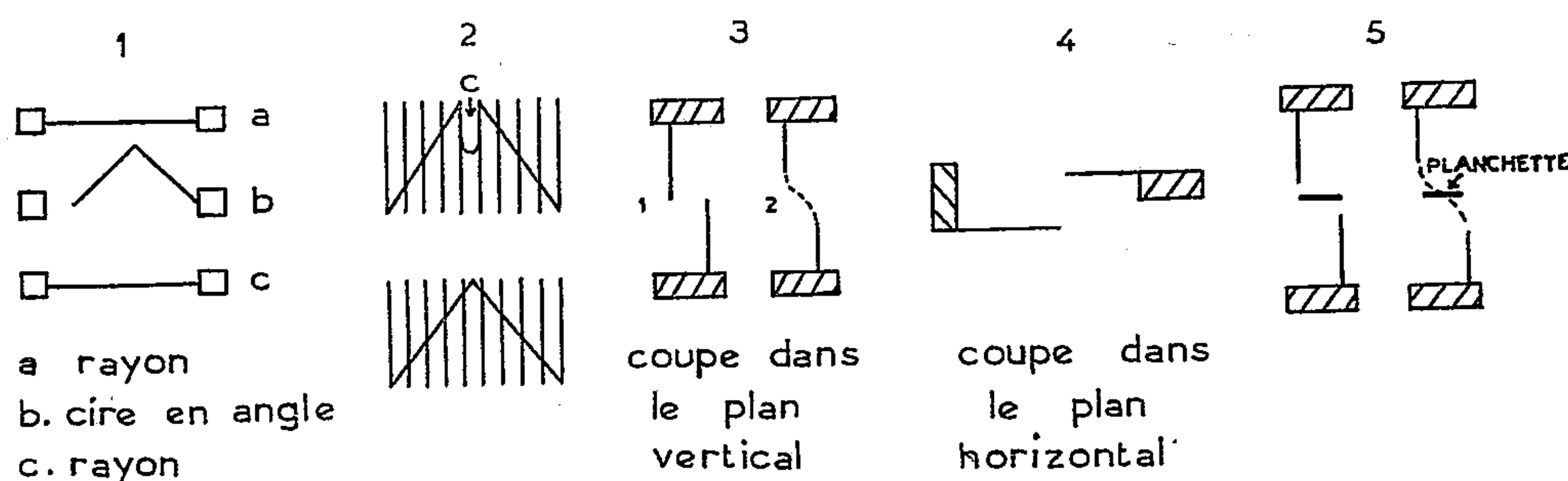
Dans une deuxième série d'expériences, j'ai décalé deux plaques de cire gaufrée dans le sens vertical, l'une pendant normalement de la partie supérieure du cadre, l'autre fixée à la partie inférieure, latéralement, de manière à ménager un hiatus entre les bords des deux plaques de cire; ces bords se trouvaient à peu près sur un même plan (*fig.* 3). La même expérience a été répétée dans le sens horizontal. Dans ce cas, une des plaques était fixée à l'un des côtés du cadre et la seconde à l'autre côté, mais décalée par rapport à la première (*fig.* 4). Dans les deux cas, les Abeilles rattachent, l'une à l'autre, les deux moitiés en étirant la cire (*fig.* 2).

Interposons maintenant, avant l'expérience, une planchette entre les deux plaques. Dans le cas des plaques décalées dans le sens horizontal,

(*) Séance du 19 décembre 1951.

(1) *Nouvelles observations sur les Abeilles*, 2e édit., Paris, 1814.

les Abeilles se bornent à rattacher la cire de part et d'autre, à la planchette; mais dans le sens vertical, le résultat est beaucoup plus curieux : la réparation se fait comme dans la figure 3, *de part et d'autre de la planchette*, comme si elle n'existait pas.



Ces expériences donnent lieu aux remarques suivantes :

1° Les Abeilles disposent d'un moyen de rétablir le parallélisme entre les faces des rayons, mais elles ne s'occupent que du plan où se trouvent le bord des cellules, et non pas de la profondeur de ces mêmes cellules. La profondeur des cellules ne paraît pas sujette à régulation ou ne l'est que dans des cas exceptionnels (cellules de l'arête) (*fig.* 2).

2° On peut se demander quels sont le ou les stimuli qui permettent aux ouvrières de percevoir la présence d'une paroi de cire à laquelle une construction doit être raccordée ou qui doit servir de référence pour maintenir un parallélisme. Les stimuli visuels sont exclus; les tactiles également, car d'une part les parois sont hors de portée des organes de l'ouvrière et, d'autre part, elles sont recouvertes d'un manteau vivant d'autres Abeilles, en perpétuel déplacement, qui interdisent tout contact direct avec la cire; une sorte de sondage ultra sonore, comparable à celui des Chauves-souris [on sait, en effet, que les ouvrières émettent continuellement des ultrasons; V. Rose, Savornin, Casanova (²)] paraît difficile à admettre à cause de cette dense couverture d'Abeilles qui ne permettrait guère à l'écho de donner des références valables. Restent les stimuli olfactifs, une sorte de repérage à distance d'après l'odeur spécifique de la cire distincte de celle des Abeilles. Mais l'expérience de la planchette permet d'exclure cette dernière hypothèse. Comment des stimuli olfactifs pourraient-ils se transmettre de part et d'autre de celle-ci ?

3° L'expérience de raccordement de la cire de part et d'autre de la planchette est difficile à expliquer si l'on se refuse à admettre qu'une certaine régulation sociale existe entre les cirières (sans doute par l'intermédiaire

(²) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 912.

de la chaîne cirière qui relie les zones à raccorder). On ne voit pas bien comment une seule ouvrière travaillant indépendamment des autres pourrait incliner le lambeau de cire en construction au-dessus de la planchette, exactement dans le sens du lambeau que d'autres ouvrières sont en train de construire en dessous.

BIOLOGIE. — *Nouvelle démonstration d'un cycle abrégé chez* Ratzia joyeuxi (Trematoda, Opisthorchiidæ). Note (*) de Mlle **Alice Buttner**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

R. joyeuxi (Brumpt, 1922), fut observée pour la première fois en 1919 par E. Brumpt, sous forme de métacercaire, enkystée sous la peau de *Discoglossus pictus* Otth. originaires du Jardin d'Essai d'Alger. Elle présentait la curieuse particularité de mûrir précocement et de pondre, dans le kyste, de nombreux œufs, souvent pourvus d'un miracidium. Étudiée par E. Brumpt (1922), Ch. Joyeux (1923, 1927, 1930, 1949), R. Ph. Dollfus (1929) et nous-même (1950), son cycle évolutif demeurait inconnu.

L'exploration méthodique du Jardin d'Essai nous permit de découvrir, dans une « seguia » longeant le mur Ouest, de nombreux Discoglosses venus pondre leurs œufs et portant presque tous des kystes de *R. joyeuxi*. Le site était ombragé; l'eau claire, peu profonde et légèrement courante; à la face inférieure des palmes flottantes, dans les algues tapissant les berges et sur la surface rugueuse des pierres à demi immergées, fragments gréseux entourés de concrétions calcaires, se trouvaient de petits Gastropodes prosobranches appartenant au genre *Amnicola* Haldeman et à l'espèce *A. dupotetiana* Forbes, 1839.

Les Discoglosses disparurent après la ponte et les têtards éclos montraient, 15 jours plus tard, sur le corps et l'appendice caudal, des kystes non encore progénétiques, mais aisément identifiables à *R. joyeuxi*. Lors de l'involution de la queue, les métacercaires entraînées avec les tissus se concentraient dans le moignon caudal (17 Douves dénombrées dans un cas). L'étroite localisation des gîtes infestés par les Mollusques et la courte durée d'évolution des têtards expliquent sans doute la raison pour laquelle ce parasitisme n'a jamais pu être constaté chez eux, alors qu'il paraissait fréquent chez l'adulte, que ses pérégrinations dans les conduits d'irrigation permettaient de trouver en un point quelconque du Jardin.

La présence de kystes de *Ratzia* chez les têtards pouvait faire présumer que les Amnicoles voisinant avec eux étaient responsables de cette infestation. L'exposition de divers Batraciens neufs, larvaires ou adultes,

(*) Séance du 28 janvier 1952.

aux cercaires éventuellement émises par des Amnicoles de ce gîte nous apporta la confirmation de cette hypothèse : si des têtards de *Bombina variegata* (L.) et un jeune *Xenopus lævis* (Daudin) semblèrent réfractaires, en revanche se sont montrés positifs avec une réceptivité variable des têtards de *D. pictus* Otth., *Alytes obstetricans* (Laur.) qui, parfois, meurt de son infestation, *R. temporaria* L., *R. esculenta* L., Triton de Watlii, *Amblystomma mexicanum* (Shaw) et une jeune *R. esculenta.* La spécificité parasitaire de cette cercaire est donc faible; néanmoins, la localisation de la métacercaire reste essentiellement sous-cutanée, ce qui ne nous permet pas de prendre position quant à l'identité admise par certains auteurs entre *R. joyeuxi* et *R. parva* (Stoss.), parasite progénétique intramusculaire de *R. esculenta.*

L'autopsie de 200 *A. dupotetiana* du gîte infesté ne nous a révélé qu'un petit nombre d'individus spontanément parasités par les premières formes larvaires de *R. joyeuxi* (1) (1-2 %); la majeure partie émettait une xiphidiocercaire naissant dans des sporocystes et non gyrinophile. Nous avons alors tenté de réaliser *in vitro* le cycle évolutif de *R. joyeuxi* en infestant directement trois lots successifs de 30 Amnicoles neuves, d'élevage, à partir des œufs des kystes progénétiques de *D. pictus* et de têtards d'*Alytes* expérimentalement infestés; 48 h après l'ingestion des œufs, les Mollusques montraient, dans leurs déjections, 60 % d'éclosions; maintenus à 18-20° C, ils présentaient, au bout de 6 semaines, une infection pure à *R. joyeuxi* dans une proportion de 80 %.

La cercaire émise est une pleurolophocercaire très mobile, dont le corps mesure 200 à 220 μ de long sur 100 de large; la queue, pourvue d'une fine membrane, mesure près de 400 μ; elle naît dans des rédies allongées (environ 500 × 100 μ) et ne présente pas de taches oculaires. La métacercaire, petite à l'origine (100-120 μ de diamètre), grossit lentement et atteint sa taille maximum en 6 à 8 semaines (800-1000 μ de diamètre).

Un certain nombre de facteurs ont un rôle déterminant sur le développement de la métacercaire : sa *croissance* est sous la dépendance étroite du métabolisme de l'hôte; inhibée par l'état de disette du porteur, elle reprend aussitôt s'il se réalimente. La température accélère le développement sans que celui-ci puisse être inférieur à 5-6 semaines; elle est inopérante si l'hôte ne se nourrit pas.

La *ponte* ne se déclenche pas chez un hôte en état de famine. Mentionnons le rôle probable d'un facteur hormonal, la thyroxine; : chez une dizaine de têtards de *D. pictus*, dont l'évolution rapide (25-30 jours) ne permet pas à la progénèse de se manifester, les métacercaires étaient toutes devenues progénétiques 8 jours après la métamorphose.

---

(1) Cf. *Ann. Parasit.*, 27, 1952, fasc. 1-2 (*sous presse*).

La *maturation des œufs* reste inachevée chez le têtard non alimenté; au contraire, des têtards d'*Alytes* bien nourris au cours de l'été 1951 ont présenté des métacercaires progénétiques en 6 à 8 semaines dont les œufs pourvus d'un miracidium ont permis l'infestation directe de 60 Amnicoles d'élevage.

L'ingestion de près de 200 kystes à tous les stades par deux *Cerastes cornutus* var. *mutila* L. et deux *Vipera lebetina* L. ne nous permit de retrouver, après 9 jours, que quatre jeunes *Ratzia*, d'ailleurs immatures, dans le tube digestif d'unedes Lébétines; ce qui semblerait écarter l'acquisition de la maturité définitive par le processus habituel d'évolution à trois hôtes.

Le cycle de ce Trématode, quoique progénétique, entre bien dans les normes biologiques des évolutions connues d'*Opisthorchiidæ* : développement primaire chez un Prosobranche; éclosion du miracidium dans le tube digestif du Mollusque; cercaire du type *pleurolophocerca* Sewell, naissant dans des rédies.

En ce qui concerne l'évolution proprement dite, le cycle progénétique paraît ici se suffire à lui-même, comme dans le cas précédemment étudié de *Paralepoderma brumpti* (A. Buttner, 1950) ([2]). Il semble donc bien que ce processus biologique ait une existence autonome parmi les modes de reproduction de certaines espèces animales.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE — *Action du support sur la différenciation des segments proximaux dans les régénérats de membre chez les Amphibiens Urodèles.* Note (*) de M. **Christian Mettetal**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Chez les Amphibiens Urodèles, l'amputation d'un membre est suivie d'une régénération qui, dans les conditions normales, restitue exactement les parties qui avaient été enlevées. Il est bien connu qu'après amputation faite à travers le stylopode, sans aucune autre intervention expérimentale, le régénérat formera, en premier lieu, l'extrémité distale du stylopode, puis le zeugopode et l'autopode. Si le régénérat est séparé de sa base au moment où il a seulement la forme d'un cône et qu'il est transplanté sur le dos, il poursuit son évolution sur ce territoire étranger en donnant des différenciations de patte; il était donc déjà déterminé comme membre lors du prélèvement ([1]). Mais les membres régénérés dans ces conditions sont toujours réduits à l'autopode. Quand le régénérat est séparé de sa

([2]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 235.

(*) Séance du 28 janvier 1952.

([1]) C. Mettetal, *Archives d'Anatomie, d'Histologie et d'Embryologie*, 28, 1939, p. 1-214.

base plus tard, au cours du stade palette, et qu'il est greffé sur le dos, il évolue de la même manière que s'il avait été laissé en place et différencie le zeugopode et même le stylopode. Les potentialités des régénérats en territoire neutre sont donc plus étendues au stade palette qu'au stade cône. Cet accroissement des potentialités ne peut résulter que du contact plus long du régénérat avec sa base et, par conséquent, d'une action de celle-ci. Il reste à en préciser la nature.

On sait que la base intervient en fournissant le matériel cellulaire nécessaire à l'édification du blastème. La migration et le groupement dans le régénérat des cellules venant du moignon se poursuit pendant toute la durée du stade cône. Ils sont achevés au stade palette où l'accroissement du régénérat ne résulte plus que de la multiplication des éléments mis en place. Lorsque le régénérat est détaché au cours du stade cône, la migration des cellules à son intérieur se trouve arrêtée, leur nombre réduit et l'opération se traduit par une déficience de matériel. Si, au contraire, le régénérat n'est prélevé qu'au stade palette, il renferme la totalité des éléments dont la multiplication donnera naissance au membre régénéré. Il existe donc entre les régénérats des différences quantitatives selon qu'ils sont prélevés au stade cône ou au stade palette. On peut, toutefois, se demander s'il ne s'y ajoute pas des différences qualitatives dues à une action inductrice émanant de la base et se produisant lorsque la mise en place du matériel régénératif est achevée.

J'ai cherché à déceler cette action inductrice en prélevant des régénérats au stade cône et en les greffant sur le haut de la cuisse, c'est-à-dire sur un territoire présumé capable d'induire les segments proximaux. La quantité de matériel disponible pour édifier le régénérat reste la même que dans les greffes sur le dos; par suite, les différences susceptibles de se manifester entre les régénérats selon qu'ils sont greffés sur le dos ou sur la hanche ne peuvent être attribuées qu'à l'action inductrice. Les résultats de telles expériences risquent d'être faussés par l'intervention des cellules de l'hôte. La blessure d'implantation étant faite sur un territoire membre pourra déterminer l'apparition d'un régénérat qui se soudera au greffon ou se substituera à lui. On pourrait donc attribuer au greffon des formations édifiées par l'hôte et lui prêter ainsi des potentialités qu'il n'a pas. Pour éliminer cette cause d'erreur, il est nécessaire que le greffon et le régénérat de l'hôte présentent des évolutions différentes facilement reconnaissables. C'est pourquoi j'ai utilisé comme greffons des régénérats provenant de l'amputation du bras de *Triturus cristatus* Lauredi adultes, à travers l'humérus et je les ai implantés sur la hanche de larves de *Salamandra salamandra* Lin. On sait, en effet, que la marche de la régénération est très différente pour le membre antérieur du Triton et pour le membre postérieur de la Salamandre. L'implantation fut faite sur le même côté du corps,

mais après rotation du bourgeon de 180° autour de son axe longitudinal (orientation homopleurale dorso-ventrale) de telle sorte que l'orientation des axes du régénérat puisse apporter des renseignements complémentaires sur son origine.

L'opération a réussi chez 13 individus où le greffon s'est soudé aux tissus de la larve et où celle-ci a vécu assez longtemps pour que la différenciation du régénérat ait pu avoir lieu.

Parmi ces régénérats, quatre constituent des chimères où la participation des tissus de l'hôte est prépondérante. Ils ne peuvent fournir aucune indication sur les capacités du greffon.

Dans deux autres cas, le greffon a été résorbé et aucun régénérat ne s'est édifié sur la surface d'implantation.

Dans les sept autres cas, il a été possible de reconnaître, avec certitude, les formations édifiées par le greffon, celui-ci ayant évolué seul; il n'y a eu aucune réaction des tissus de l'hôte ou bien les deux régénérats sont restés distincts. Les résultats fournis par ces sept cas se répartissent de la manière suivante : Deux greffons ont différencié une patte constituée seulement par l'autopode; quatre greffons ont différencié l'autopode et le zeugopode; un greffon a différencié un membre complet avec autopode, zeugopode et stylopode.

Les régénérats de Triton prélevés au stade cône et greffés sur le territoire membre d'une larve de Salamandre, au niveau de la hanche, peuvent donc différencier les segments proximaux alors que des régénérats en tout semblables, prélevés de la même manière, mais greffés sur le dos en sont incapables. La participation des cellules de l'hôte à l'édification du régénérat ayant pu être exclue, ces expériences montrent l'existence d'une action inductrice exercée par la base et provoquant la différenciation des segments proximaux du membre.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Mode d'action des antibiotiques : Antagonisme entre le groupe auréomycine-chloromycétine-terramycine et la biotine chez* Clostridium Welchii. Note (*) de MM. **Roger Osteux** et **Jean Laturaze**, présentée par M. Maurice Javillier.

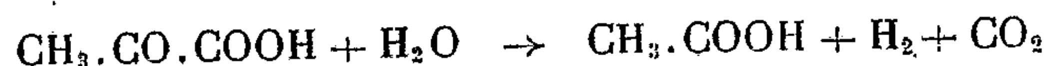
La pyruvique-hydrogène-lyase de *Clostridium Welchii SR* 12 est inhibée fortement par l'auréomycine, la chloromycétine, la terramycine; l'inhibition est empêchée par la biotine, dont la participation au système hydrogène-lyasique peut être envisagée; la pénicilline, le fluorure, la 8-hydroxyquinoléine, le 2.4-dinitrophénol provoquent une inhibition non réversible et agissent probablement en un autre point du complexe enzymatique.

Clostridium Welchii S R 12 (NCTC n° 6 784), utilisé par Gale ([1]) pour

(*) Séance du 28 janvier 1952.

([1]) *Biochem. J.*, 39, 1945, p. 46.

son action glutamodécarboxylasique spécifique, est capable de décomposer un autre substrat que l'acide L-glutamique ou la L-glutamine : l'acide pyruvique (2) et (3). La réaction enzymatique n'est pas une décarboxylation simple, mais correspond à une hydrogène-lyase



$$CH_3.CO.COOH + H_2O \rightarrow CH_3.COOH + H_2 + CO_2$$

ainsi qu'il ressort du dosage des gaz libérés (eudiométrie) et de l'acide acétique formé (méthode Duclaux).

Le pH optimum est de 5,0, la température optima de 37,5° C. Les corps microbiens, préparés comme Osteux et Boulanger l'ont décrit (4), doivent être utilisés immédiatement, car le système enzymatique est rapidement inactivé au contact de l'air. La dégradation de l'acide pyruvique peut s'effectuer dans le vide en tubes scellés; mais nous opérons généralement en fioles de Warburg, en atmosphère d'azote rigoureusement privé d'oxygène ou de gaz carbonique; le liquide (3 ml) est constitué par du tampon phosphate-citrate ou acide acétique-acétate M/5, de pH 5,0, qui tient en suspension une quantité de bactéries fraîches correspondant à un poids sec de 10 mg, et dans lequel on a dissous 10 μmol d'acide pyruvique; à 37,5° C, le temps d'action étant de 60 mn, la décomposition de l'acide pyruvique est quantitative.

La nature des hydrogène-lyases, enzymes bactériens, est mal connue; l'étude des inhibiteurs nous a permis d'apporter quelques éclaircissements à ce sujet. Les composés capables d'inhiber la dégradation de l'acide pyruvique par *Cl. Welchii* sont : auréomycine, chloromycétine, terramycine, pénicilline, fluorure de sodium (inhibition totale pour M/10), 8-hydroxyquinoléine (M/50), 2,4-dinitrophénol (*M*/50). Les essais sont effectués dans les conditions précisées, après avoir maintenu pendant 30 mn les corps microbiens au contact de l'inhibiteur dissous ou en suspension dans le tampon. Le dégagement gazeux est d'autant plus faible que l'inhibition est plus importante.

Les antibiotiques agissent en fonction de leur concentration, et les chiffres ci-après indiquent les pourcentages d'inhibition obtenus (100 correspondant à une inhibition totale).

La streptomycine et la dihydrostreptomycine sont sans action, même à la dose de 50 mg par fiole.

---

(2) P. Boulanger et R. Osteux, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949, p. 1949.

(3) Krebs, Boulanger et Osteux, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 32, 1950, p. 851.

(4) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 32, 1950, p. 1059.

Antibiotique.	Concentration en mg par fiole.						
	20.	10.	5.	2,5.	1.	0,5.	0,1.
Auréomycine	93	88	86	78	72	63	27
Chloromycétine	39	32	26	17	4	0	–
Terramycine	100	48	39	20	5	0	–
Pénicilline (*)	100	18	2	0	–	–	–

(*) 1 mg = 1666 Unités Oxford.

L'auréomycine agit donc comme un inhibiteur puissant, et, pour les trois premiers antibiotiques, l'inhibition est fonction de leur taux, bien que ces composés, peu solubles, agissent en suspension. Il ne s'agit pas d'un effet d'imperméabilisation de la membrane bactérienne, car *Cl. Welchii* garde intactes ses actions glutamodécarboxylasique et glutaminasique.

L'inhibition enzymatique correspond à la sensibilité de la bactérie, dont la multiplication (en milieu liquide VF glucosé, en tubes scellés sous vide) est empêchée par les doses limites suivantes (μg par ml) : auréomycine : 0,2; chloromycétine : 5; terramycine : 0,1; pénicilline : 0,5 UO : ml. La streptomycine et la dihydrostreptomycine sont ici encore sans action à la concentration de 20 μg : ml.

Nous avons recherché la nature des « biocatalyseurs » dont le blocage pouvait rendre compte de l'inhibition de la pyruvique-hydrogène-lyase et constaté que, parmi les facteurs du groupe B, la biotine est capable de prévenir l'action inhibitrice de l'auréomycine, de la terramycine et de la chloromycétine, la réactivation étant fonction des concentrations relatives en antibiotique et en biotine. Pour 5 mg d'auréomycine, on obtient en présence de quantités croissantes de biotine les pourcentages d'inhibition suivants :

Teneur en biotine (en mg par fiole)	0	0,25	0,5	1	2	5
Pourcentage d'inhibition	78	69	53	43	34	21

Ces résultats sont en faveur de la participation de la biotine au système enzymatique de la pyruvique-hydrogène-lyase de *Cl. Welchii* : c'est à ce niveau qu'agirait le groupe des trois antibiotiques auréomycine, chloromycétine et terramycine. La non réversibilité par la biotine de l'inhibition due au fluorure, à l'hydroxyquinoléine, au dinitrophénol et à la pénicilline, pourrait s'expliquer par l'intervention de ces inhibiteurs en un autre point du complexe enzymatique, qui reste à préciser, de même que demeure posée la question de l'importance réelle de la pyruvique-hydrogène-lyase dans le métabolisme intermédiaire de la bactérie et le développement de ses cultures.

ÉPIDÉMIOLOGIE. — *Les rickettsioses n'existent pas à l'état endémique en forêt tropicale comme le prouve le comportement des antigènes rickettsiens murin, boutonneux, fièvre Q et épidémique chez les Pygmées de la Lobaye, Oubangui-Chari (A.E.F.).* Note (*) de MM. **Paul Le Gac**, **Paul Giroud** et **Charles Lemaigre**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les prospections des rickettsioses en Oubangui-Chari, à l'aide de la réaction d'hypersensibilité vis-à-vis des antigènes majeurs, ont montré que si ces affections sont particulièrement fréquentes en régions de savanes, elles ne se rencontrent qu'exceptionnellement en zones forestières. Le peu de réactions positives observées chez les Babingas habitant les forêts de la Lobaye, souligne le fait que les rickettsioses n'existent pas à l'état endémique dans la sylve équatoriale.

Il y a bien longtemps que l'un de nous (P. Le Gac) insiste sur l'importance et la fréquence des rickettsioses dans les savanes de l'Oubangui-Chari et sur leur importance au point de vue démographique. Elles sont, en effet, la cause d'une mortalité considérable, avant qu'interviennent les possibilités prophylactiques et thérapeutiques.

Des recherches, poursuivies sans relâche, ont permis de préciser la nature d'un certain nombre de ces rickettsioses, et l'on peut dire qu'à l'heure actuelle la majorité des rickettsioses connues dans le monde se retrouve en Oubangui.

Devant les résultats obtenus au cours des prospections effectuées en savane, nous nous sommes demandé si les résultats acquis dans ces régions se montreraient identiques à ceux obtenus chez les populations habitant la zone forestière du Territoire.

La Lobaye, seule région de l'Oubangui-Chari avec la Haute-Sangha qui soit en partie recouverte de zones forestières, fut choisie comme champ d'expérience. Les forêts de la Lobaye sont habitées par une population constituée par des groupements appartenant à plusieurs races différentes, telles que M'Bakas, Issongos, Bodsangos, Bandas-Yanguérés, etc. Mais à côté de ces races qui appartiennent toutes à la grande race négroïde, il existe en Lobaye une race, qui plus que toute autre, fait partie intégrante de la forêt. Cette race est constituée par ses véritables autochtones : les Babingas, représentants de la grand'race pygmoïde.

Sur 250 pygmées rassemblés au village de Bagandou, nous avons choisi 80 adultes mâles, chez lesquels nous avons pratiqué des tests d'hypersensibilité.

Connaissant la pusillanimité de ces primitifs, nous nous sommes bornés à pratiquer une seule intradermo-réaction par sujet. Cette technique

(*) Séance du 28 janvier 1952.

présentait, en outre, l'avantage de nous mettre à l'abri des inter-réactions pouvant se produire chez des sujets hypersensibles.

Voici les résultats que nous avons constatés : sur 80 sujets, 19 réagissent à un antigène.

Le comportement des Babingas vis-à-vis des antigènes murin, boutonneux et épidémique, peut être considéré comme à peu près identique, puisque les réactions positives se répartissent ainsi : 5 sur 20 pour l'antigène murin, 5 sur 20 pour l'antigène boutonneux et 7 sur 20 pour l'antigène épidémique.

Les antigènes murin, boutonneux et épidémique peuvent dans certaines conditions provoquer des réactions équivalentes, mais ces réactions peuvent aussi indiquer, suivant la précocité de la réaction ou selon son importance, que c'est tel ou tel antigène qui a prédominé.

Chez ces négrilles, l'un surtout présentait une réaction très importante vis-à-vis de l'antigène murin.

D'autre part, et montrant bien la spécificité de ces antigènes, deux réactions furent tardives, n'apparaissant qu'à partir de la 48e heure, l'un pour l'antigène boutonneux et l'autre pour l'antigène murin.

Quant aux réactions positives dues à l'antigène épidémique, malgré la présence de poux, nous n'oserions affirmer qu'il s'agisse d'un tel type d'infection. Seul l'isolement d'une souche permettrait d'en apporter la confirmation.

Par contre, les réactions d'hypersensibilité pratiquée savec l'antigène de *Rickettsia burnetti* sur 20 de ces sujets ne se sont montrées positives que deux fois seulement.

Ces résultats se trouvent en opposition formelle avec ceux obtenus au cours de nos prospections en région de savanes faisant ressortir, dans l'ensemble, que près des 4/5 des sujets éprouvés réagissaient nonseulement à un antigène mais bien souvent à plusieurs, et nous permettent de dire que le domaine des rickettsioses en Oubangui-Chari n'est pas la forêt.

La séance est levée à 15 h 35 mn.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de janvier 1952.

Carte des groupements végétaux de la France. Aix S. O. (feuilles n°s 5 et 6), au 1/200 000e, dressée de 1938 à 1946, par R. Molinier, avec la collaboration de MM. Abiron, C. Clauzade, G. Deleuil, sous la direction de Louis Emberger et J. Braun Blanquet; 1 planche 115,5 cm × 74 cm.

Les lampes germicides, par R. C. Geslin. Paris, Informations Mazda, 1951 ; 1 fasc. 27 cm.

Efecto hidrodinamico antimayeriano, par Pio Niro. Buenos Aires, 1951 ; 1 feuillet 21 cm.

Otra revelacion contenida en el efecto fotoelectrico y en el de Compton. Esclarecimiento de la naturaleza de la luz (Los diez primeros « Eslabones »), par Pio Niro. Buenos Aires, 1951 ; 1 fasc. 23 cm.

Creaciones de energia, par Pio Niro. Buenos Aires, 1951 ; 1 fasc. 23 cm.

Jahrbuch der deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1950-1951. Berlin, Akademie-Verlag, 1951 ; 1 vol. 24,5 cm.

The Diagnosis of mineral deficiencies in Plants by visual symptoms, by Thomas Wallace. London, H. M. Stationery Office, 1951.

Les théories électroniques de la chimie organique, par Bernard Pullman et Alberte Pullman. Préface de Louis de Broglie. Paris, Masson 1952 ; 1 vol. 25,5 cm (présenté par M. L. de Broglie).

Ministère des travaux publics et des transports. Annales des Ponts et Chaussées. *Table générale de classement des fiches bibliographiques*. Paris, Imprimerie nationale, 1951 ; 1 fasc. 27 cm.

Université de Paris. Les Conférences du Palais de la Découverte. Histoire des sciences. *La géométrie projective en France de Desargues à Poncelet*, par René Taton. *Les cabinets de physique au* XVIIIe *siècle*, par Maurice Dumas. *L'actualité de l'histoire des sciences*, par G. Bachelard. *Les conséquences de la découverte de l'Amérique par Christophe Colomb*, par R. Almagia, Alfred Métraux, A. Cortesao, Lucien Guyot. Paris, 1951 ; 4 fasc. 18 cm.

Id. — *Cancer et hérédité*, par Ph. L'Héritier. *La vie électronique des atomes et des molécules*, par Raymond Daudel. *L'émission en télévision. Rappel des principaux systèmes d'analyse. Quelques récents progrès. Une suggestion sur la couleur*, par René Barthélemy. *Cancer, maladie moderne*, par Raymond Latarjet. *Mode d'action des antibiotiques*, par Michel Machebœuf. *Aspects actuels de la greffe animale*, par Raoul-Michel May. *Travaux et recherches actuelles de l'Institut aérotechnique de Saint-Cyr*, par M. Toussaint. Paris, 1951 ; 7 fasc. 18 cm.

Id. — *La physicochimie des comètes*, par P. Swings, Paris, 1951 ; 1 fasc. 21 cm.

Id. — Exposition, histoire et progrès de la psychiatrie. *Les enfants inadaptés*, par Georges Heuyer. Paris, 1950 ; 1 fasc. 18 cm.

Effect of topography and Compensation in zones 13 *to* 11 *for the Airy system.* T = 60 km. T = 40 km. T = 30 km. T = 20 km. Unit : 1 mgal. Helsinski, Isostatic Institute of the international association of geodesy ; 4 cartes 63 cm × 50 cm.

Coup d'œil sur les origines de la science exacte moderne, par Pierre Sergescu, in *Esprit et méthode*. Paris, SEDES, 1951 ; 1 vol. 19 cm (présenté par M. P. Montel).

La nouvelle carte de France au 20 000ᵉ. *Son utilité. Son exécution.* Paris, Ministère des travaux publics, des transports et du tourisme. Institut géographique national. 1950 ; 1 vol. 31,5 cm.

Structure des matières colloïdales à l'état solide, par Jacques Duclaux ; 1 fasc. s. d., 25 cm.

Les colloïdes, par Jacques Duclaux. Conférence faite devant la Société chimique de Paris, le 3 décembre 1904. Paris, Masson, 1905 ; 1 fasc. 22 cm.

Die Kolloïde betrachtet als Elektrolyte, von Jacques Duclaux in *Zeitschrift für Chemie und Industrie der Kolloïd.* Heft 2. Band 7. Dresden, 1910 ; 1 fasc. 26 cm.

Bulletin de la Société chimique de France. 1921 : *Recherches sur la cellulose et ses éthers* (II). *Stabilité et viscosité des nitrocelluloses*, par Jacques Duclaux. 1922 : *La constitution des gels colloïdaux*, par Jacques Duclaux. 1933 : *Limites de fractionnement des nitrocelluloses*, par Jacques Duclaux et J. Barbière. Paris, Masson, 3 fasc. 21 cm.

Bulletin de l'Observatoire de Lyon. T. XI, nº 1, 1929 ; Saint-Genis-Laval ; 1 fasc. 24 cm.

Extraits du *Bulletin de l'Observatoire de Lyon.* T. XI, nº 4, et nº 9, 1929 : *La transparence de l'atmosphère et la couleur du ciel*, par Jacques Duclaux et R. Gindre. T. XII, nº 9, 1930 : Id. Quatrième partie : *Brillance du ciel en lumière monochromatique*, par Jacques Duclaux et R. Gindre ; 3 fasc. 24 cm.

La cellulose, par Jacques Duclaux, in *Bulletin de la Société chimique de Belgique*, T. XLI, 1932. Gand, Maison d'éditions et d'impressions ; 1 fasc. 24,5 cm.

La constitution de l'eau, par Jacques Duclaux, in *Revue générale des sciences pures et appliquées*, nº 23, 1912 ; Paris, Armand Colin ; 1 fasc. 30 cm.

Sur la stabilité des nitrocelluloses, par Jacques Duclaux, in *Revue générale des colloïdes et de leurs applications industrielles*, nº 23, 1925 ; 1 fasc. 27 cm.

Journal de physique. T. VI, nº 7, 1908 : *La coagulation du sulfure d'arsenic par le chlorure de barium*, par Jacques Duclaux. T. VII, nº 6, 1909 : *Quelques points de la théorie des colloïdes*, par Jacques Duclaux. T. X, nº 1, 1912 : *La constitution de l'eau*, par Jacques Duclaux. T. XXXV, 1938 : *Recherches sur l'ultrafiltration*, I et III, par M. Amat et Jacques Duclaux. *Les perchlorates et la série lyotrope.* II et V, par Jacques Duclaux et A. Durand-Gasselin. *La stabilité des solutions colloïdales*, par Jacques Duclaux. *La solubilité des macromolécules et la densité d'énergie cohésive*, par Jacques Duclaux. *Théorie des gaz.* XI. *Le phénomène de la liquéfaction et la continuité des États*, par Jacques Duclaux. *Réfractomètre de précision. Réfraction et dispersion de l'eau* par Jacques Duclaux et V. Bricout. ; 7 fasc. 25 cm et 4 feuillets.

Journal de physique et Revue générale des colloïdes. La viscosité des suspensions, par Jacques Duclaux et Denyse Sachs. T. XXVIII, nº 9, 1931 : *La nature des solutions cellulosiques*, par Jacques Duclaux et Foumio Hirata. T. XVIX, nº 9, 1932 : *Méthodes de mesure de l'intensité du rayonnement ultraviolet.* I. *Formation photochimique du bleu de molybdène*, par Denyse Sachs. Paris, Les Presses universitaires de France ; 3 fasc 26 cm.

Journal de chimie physique et de physicochimie biologique. T. XXXVI, 1939 : *Ultra-filtration.* IV, par M. Amat et Jacques Duclaux. T. XXXVII, 1940 : *Les perchlorates et l'action lyotrope.* III., par A. Durand-Gasselin et Jacques Duclaux. T. XLI, 1944, et XLII, 1945 : *La pression osmotique des macromolécules.* I et II, par Jacques Duclaux T. XLV, 1948 : *Densité des produits macromoléculaires à l'état solide,* par Jacques Duclaux et A. M. Biguet ; 4 fasc. 25,5 cm et 1 fasc. 27 cm.

Journal de physique et le Radium. T. II, 1921, n° 5 : *Plaques photographiques pour l'ultraviolet extrême,* par Jacques Duclaux et P. Jeantet. T. IV, 1923, n° 3 : *La limitation du spectre solaire ultraviolet,* par Jacques Duclaux et P. Jeantet. T. V, 1924, n° 3 : *Dispersion de l'eau dans l'ultraviolet,* par Jacques Duclaux et P. Jeantet. T. V, 1924, n° 11 : *Théorie des gaz et équation d'état,* par Jacques Duclaux. T. VIII, 1927, n° 8 : *Théorie des gaz et équation d'état,* par Jacques Duclaux. T. IV, 1933, n° 11 : *La transparence de l'atmosphère et l'absorption par l'oxygène,* par Jacques Duclaux. T. VI, 1935, n° 2 : *Propagation de la lumière dans l'atmosphère,* par Jacques Duclaux. N° 7 : *Mesure des coefficients d'absorption de l'atmosphère.* I. *Méthode.* II. *Résultats,* par Jacques Duclaux. T. VIII, 1937, n° 7 : *La théorie chimique des gaz.* III. *Les molécules* $(O_2)_2$ *et* $(NO)_2$, par Jacques Duclaux T. I, 1940, n° 2 : *La transparence de l'atmosphère.* VI. *La brume blanche,* par Jacques Duclaux. T. VII, 1946, n° 8 : *L'absorption atmosphérique d'après les mesures de la « Sminthsonian institution »,* par Jacques Duclaux. T. XLVII, 1950, n°s 3 et 4 : *Les équations d'état du type Van Der Waals,* par Jacques Duclaux; 13 fasc. 27 cm.

Revue générale des colloïdes et de leurs applications industrielles, n° 18, 1925 : *Le mécanisme de l'ultrafiltration.* 1re et 2e Parties, par Jacques Duclaux et J. Errera. N° 61, 1929 : *Les structures colloïdales à l'état solide,* par Jacques Duclaux, n° 66, 1929 : *Méthodes de fractionnement des esters cellulosiques,* par Jacques Duclaux et R. Nozdui N° 71, 1929 : *Pression osmotique des solutions de nitrocellulose,* par Jacques Duclaux et R. Nozdu; 5 fasc. 27 cm.

Journal de physique. 1911. *La dilatation et l'état physique de l'eau,* par Jacques Duclaux, 1912 : *La couleur et la constitution de l'eau,* par Jacques Duclaux et Mme E. Wollman; 2 fasc. 24 cm.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 FÉVRIER 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Waldemar Joseph Trjitzinsky**, Professeur à l'Université d'Illinois, à Urbana (États-Unis), qui assiste à la séance.

M. **Auguste Chevalier** adresse à l'Académie quelques renseignements sur la mission qu'il poursuit au Maroc.

M. **Émile Borel** annonce à l'Académie que le Comité National Français de mathématiques a décidé de publier les Œuvres de *Élie Cartan*.

Sur sa proposition, le patronage de l'Académie est accordé à cette entreprise.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *La pénétrabilité du papier ordinaire sous l'influence des lipoïdes liquides ou en vapeurs.* Note de M. **Henri Devaux**.

Dans ma Communication du 26 novembre (¹), j'ai montré que l'huile et d'autres corps analogues favorisent, d'une manière singulière, un commencement de pénétration de l'eau dans le papier à écrire, et j'ai annoncé d'autres expériences démontrant qu'on peut ainsi rétablir une perméabilité permanente de ce papier, semblable à celle que possède le papier à filtrer.

1° Plions, en forme de filtres, deux feuilles de papier ordinaire et posons-les chacune sur un entonnoir. Dans l'un, nous versons de l'eau, dans l'autre, nous en versons la même quantité mais après l'avoir imprégnée d'une légère couche d'huile. Nous constatons, *au bout de quelques minutes*, que l'eau

---

(¹) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1325.

pénètre directement le papier huilé. Il change de teinte et l'eau s'écoule bientôt et d'autant plus vite que l'huile est plus abondante. Au contraire, dans le premier filtre non huilé, l'eau est complètement retenue. Il ne s'en écoule même que quelques gouttes, au bout de plusieurs jours, par distillation plutôt que par imbibition. Le papier ordinaire est ainsi transformé en papier à filtrer, sans toutefois que sa pénétrabilité devienne aussi marquée que chez le papier à filtrer proprement dit, même avec beaucoup d'huile.

L'expérience réussit tout aussi bien, et souvent mieux, en employant une huile quelconque, animale, végétale ou minérale, ou de la benzine, du toluène, de l'éther, de l'alcool, du chloroforme et d'autres substances analogues, pourvu qu'elles soient liquides. Mais si l'on garnit le papier par de la vaseline ou de la paraffine, de l'acide stéarique, une cire quelconque, en un mot par un corps solide ou quasi solide, momentanément dissous dans de la benzine, la filtration se montre complètement absente.

Ainsi, comme nous l'avions annoncé, *la pénétration transverse et la filtrabilité du papier ordinaire par l'eau et les solutions aqueuses sont rétablies et maintenues par imprégnation préalable avec les lipoïdes liquides, mais non avec lipoïdes solides.*

2° J'ai étudié aussi *l'action des vapeurs.* C'est même par cette action que j'ai commencé, en 1904, mes études sur l'imbibition du papier. Cette action s'est montrée extraordinairement marquée quand il s'est agi de vapeurs lipoïdiques ou analogues.

Posons une feuille de papier à écrire sur l'eau d'une cuvette et plaçons sur cette feuille un verre de montre renversé. L'atmosphère ainsi confinée au contact du papier étant de l'air pur, le papier ne s'imbibe pas et il garde sa teinte claire par l'air retenu entre ses fibres. Mais si, sous un deuxième verre de montre, se trouve un petit fragment de papier de soie collé au sommet, au moyen d'une ou deux gouttes de benzine, pour saturer l'atmosphère de vapeurs, on voit très vite la teinte du papier changer, d'abord au-dessous du fragment benziné, puis partout sous le verre de montre. C'est bien l'eau qui a pénétré, car l'imbibition persiste après l'enlèvement du verre de montre et l'évaporation de la benzine.

3° *Permanence de la modification du papier.* — Si même on a laissé se sécher le papier jusqu'à évaporation complète de l'eau qui l'imbibe, il s'imbibe de nouveau dès qu'on le met au contact avec de l'eau nouvelle. Le papier subit donc une transformation permanente par les vapeurs, même s'il est desséché et remouillé un grand nombre de fois. On verra plus loin que cette permanence d'une action aussi fugitive que celle des vapeurs se conserve pendant un grand nombre d'années. La photo ci-jointe (*fig.* 1) montre une feuille de papier, *recto* et *verso*, à laquelle on a fait absorber finalement de l'encre au lieu d'eau. Les petites taches circulaires ont été produites par des gouttelettes de benzine.

J'ai répété le même essai avec les vapeurs de toutes sortes de substances volatiles : le toluène, l'alcool, l'éther éthylique, l'éther du pétrole, la créosote, etc.

Ces vapeurs augmentent la pénétrabilité. Mais il n'en est pas de même des vapeurs de substances solides, celles du camphre en particulier. Un

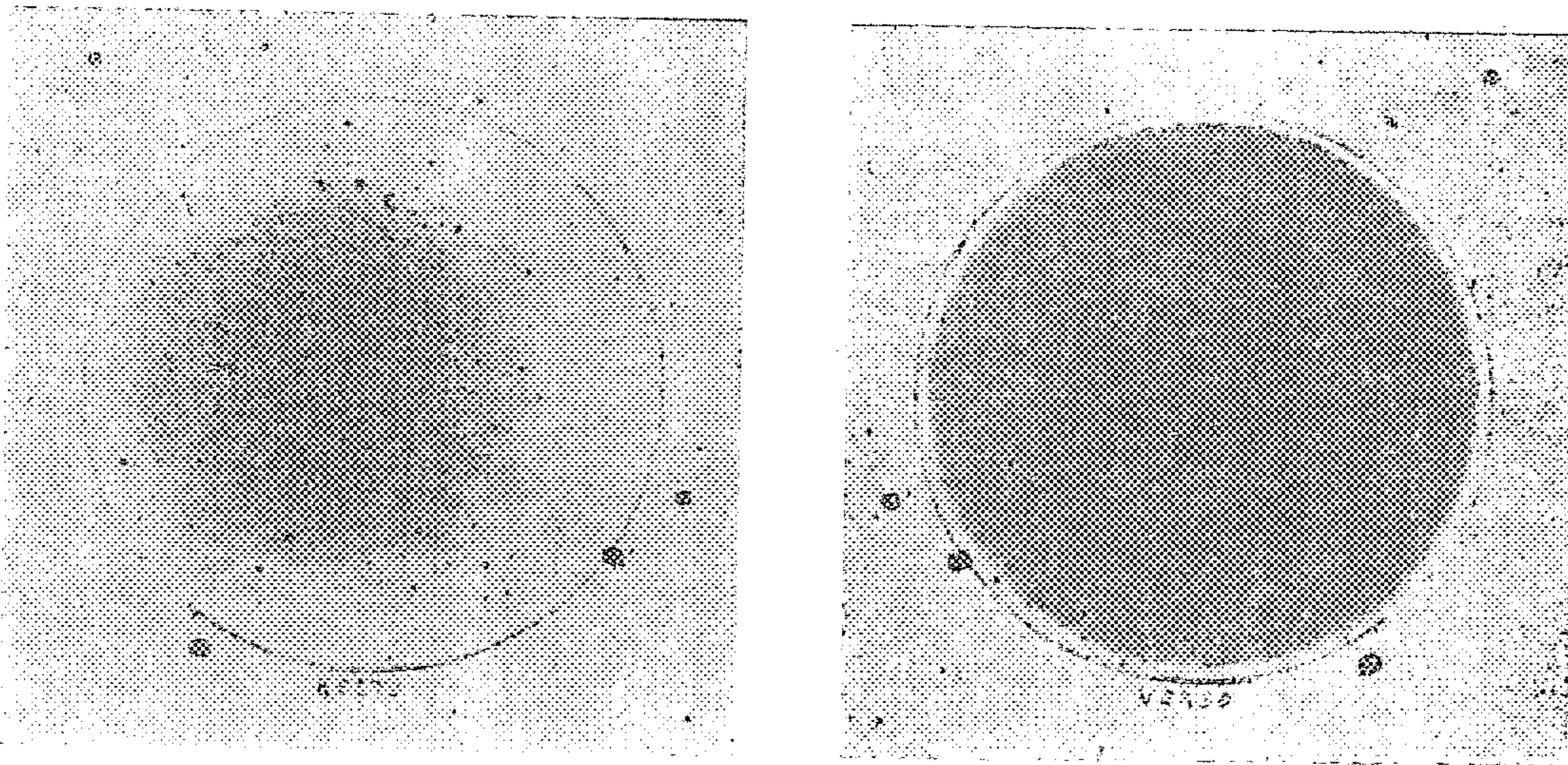


Fig. 1. — Pénétration de l'encre dans le papier sous l'influence des vapeurs de benzine.

fragment de cette substance, pourtant très volatile et très soluble dans l'alcool, confiné entre un verre de montre et une feuille de papier flottant, ne provoque, pour ainsi dire, aucune imbibition.

J'ai vérifié que *la filtrabilité* subit, par les vapeurs, les mêmes actions que la mouillabilité.

4° *Réversibilité.* — Or, si le papier devenu imbibable est desséché et soumis à l'action de vapeurs de benzine, il reprend subitement son imperméabilité primitive : il ne s'imbibe plus à l'eau et même ce retour remarquable à l'imperméabilisation est définitif, à moins qu'on ne fasse intervenir de nouveau et simultanément la benzine et l'eau.

5° *Permanence des deux modifications.* — Je conserve depuis 48 ans des échantillons de papier ayant, en 1904, subi ces deux modifications inverses et qui les ont conservées : c'est ce que l'on voit sur la figure 2 représentant un échantillon de cette expérience de longue durée.

Le 21 juin 1904, une feuille de papier, ayant été posée sur l'eau d'une cuvette, reçut l'action de vapeurs de benzine sous un verre de montre. En moins de 10 mn, l'eau avait pénétré le papier en un cercle translucide dont le contour fut marqué au crayon sur le papier. On voit le contour à droite de la photographie car, par dessiccation, toute trace de l'opération disparaissait, mais reparaissait par un nouveau mouillage à l'eau. Trois jours

après, la même feuille de papier desséché fut posée sur du verre et reçut un deuxième verre de montre empiétant fortement sur le contour du premier. De la vapeur de benzine agit alors pendant 10 mn sous ce deuxième verre de montre sans, bien entendu, qu'aucune action apparente ne se produisit puisque l'opération était faite à sec. Mais aussitôt après, le papier, ayant été posé sur de l'eau, montra qu'il avait perdu son imbibabilité dans tout

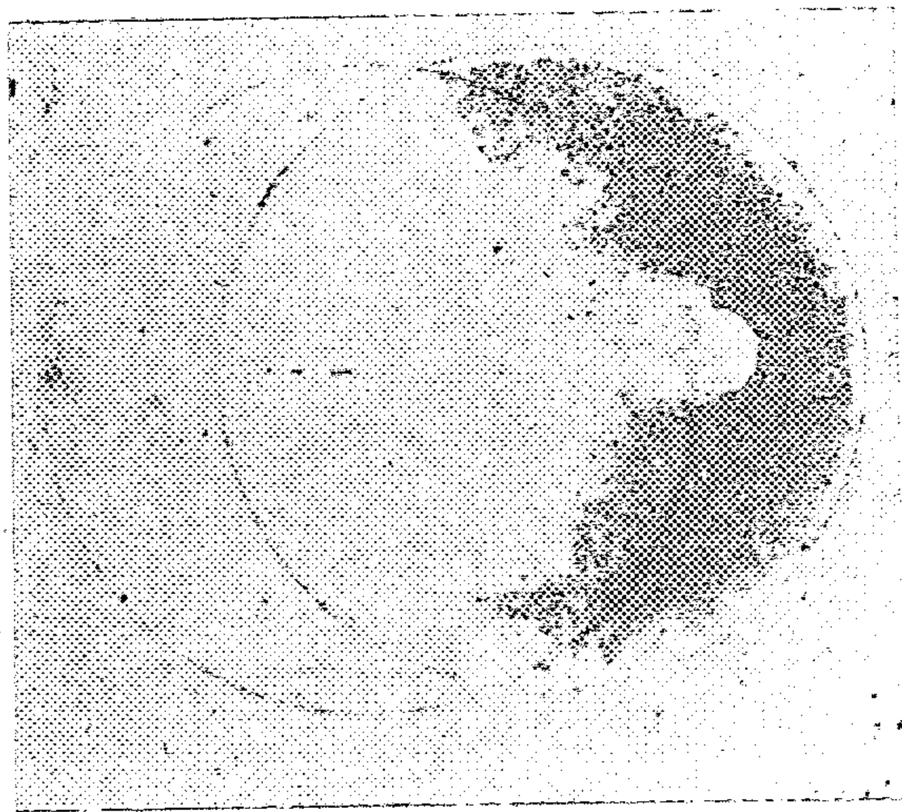


Fig. 2. — Réalisation des deux expériences inverses effectuées en 1904 et persistant encore au 10 janvier 1952.

le secteur commun aux deux cercles qui avaient reçu l'action de la benzine à sec. Il l'avait conservée, au contraire, dans le croissant qui n'avait pas subi cette action finale. Le papier portait, dès lors, les marques localisées de deux expériences inverses. Des dessiccations et des humectations répétées ne les faisaient pas disparaître. Le papier ainsi préparé a été un grand nombre de fois soumis à l'action de l'eau et à la dessiccation pendant 48 ans. Aucune altération des premiers résultats n'a été révélée. En dernier lieu, tout récemment, le 10 janvier 1952, c'est de l'encre qui lui a été présentée.

Les résultats apparaissent clairement sur la figure 2. A droite, un croissant noir marque la région où la pénétrabilité acquise, le 21 juin 1904, n'a pas été altérée; à gauche, secteur complémentaire du croissant où la perméabilité qui était complètement disparue dès 1904 ne s'est jamais rétablie; au milieu, marque d'une gouttelette de benzine où elle a également disparu.

Conclusion. — L'exposition momentanée d'une feuille de papier à des vapeurs de benzine produit donc des effets contraires : *si le papier est mouillé, elle produit l'imbibition par l'eau et établit la pénétrabilité d'une*

manière persistante, même après des dessiccations et des mouillages répétés. Si le papier est sec, les vapeurs de benzine rétablissent au contraire l'imperméabilité de ce papier d'une manière définitive.

La délicatesse et la persistance de ces actions purement superficielles sont certainement d'ordre essentiellement moléculaire et uniquement physique. Elles affectent l'enduit soit en le déplaçant, soit en orientant ses molécules. Elles ouvrent un nouveau champ aux études de chromatographie.

PÉDOLOGIE. — *Sur la capacité de production des sols en Afrique équatoriale et tropicale.* Note de MM. **Albert Demolon** et **Georges Aubert**.

La végétation luxuriante de la forêt tropicale ne doit pas être considérée comme reflétant une fertilité naturelle élevée. La forêt évolue suivant un cycle fermé avec accumulation en surface, sous forme de résidus organiques, des éléments biogènes puisés en profondeur par les racines. Après défrichement ou incendie suivi de quelques récoltes, la capacité de production s'abaisse considérablement; la couche humique disparue laisse en surface un horizon acide très appauvri, où l'analyse ne décèle plus que des traces de Ca, Mg, K, P, S, à l'état de composés résistant à l'altération. Des réserves importantes ne se rencontrent que localement dans des sols jeunes sur roches-mères basiques riches en minéraux lourds; elles sont négligeables dans les sols évolués ou les alluvions provenant de roches quartzitiques, granitiques ou gneissiques qui couvrent de vastes surfaces de caractère latéritique. Tandis que les sols des régions tempérées souvent formés sur des dépôts quaternaires sont relativement jeunes au point de vue pédologique et possèdent un complexe absorbant bien pourvu de bases (CaO, MgO, K_2O), les sols tropicaux en place ou transportés, à l'exception de ceux formés sur sédiments marins côtiers, se caractérisent par un stade d'évolution beaucoup plus avancé du fait notamment du lessivage. Toutefois, l'allure des processus pédogénétiques varie beaucoup, suivant les zones climatiques, les roches-mères, la topographie, la végétation forestière ou herbacée. D'où l'existence d'une gamme de types de sols fort différents.

Ainsi, pour n'en citer que quelques exemples, dans le Delta central Nigérien, les sols de la pseudo-steppe, peu évolués encore, et qui se rapprochent du type des sols bruns et brun-rouge, par leur matière organique plus uniformément répartie dans leur profil, par leur complexe absorbant mieux pourvu en bases, sont plus aptes à la culture du coton que les sols ferrugineux tropicaux plus faciles à irriguer parce que plus près du Niger, mais plus acides et plus lessivés.

Ainsi, également, les sols faiblement latéritiques de Casamance, au Sénégal, sont adaptés à la culture de l'arachide, à la condition que leur horizon supérieur puisse être efficacement

protégé contre l'érosion; alors que les sols ferrugineux tropicaux cuirassés à faible profondeur qui constituent une très grande partie des terres neuves du Centre du pays, ne peuvent être utilisés dans ce but.

Ainsi, enfin, les sols du Delta de l'Ouémé, au Dahomey, profonds et assez perméables dans la partie septentrionale de cette région, peuvent y subvenir aux besoins d'une palmeraie prospère, alors que, plus au Sud, ils sont plus compacts et mieux adaptés à la culture du maïs, des plantes vivrières ou des herbages et que, lourds et parfois salés, dans la zone côtière, ils sont alors surtout propres à la riziculture.

Déjà en 1900, Muntz dans son étude sur la valeur agricole des sols de Madagascar avait signalé leur grande pauvreté. C'est là, un fait général confirmé par les diverses missions d'études qui, plus récemment, ont parcouru les territoires de l'Afrique Centrale. Tandis que le calcium se trouve entraîné vers les océans par les eaux d'infiltration à l'état de sels solubles, le phosphore est fixé par les sesquioxydes de fer et d'alumine, sous des formes de faible assimilabilité pour les végétaux; ces combinaisons migrent lentement dans les couches inférieures. Les résultats ci-après, tirés d'un grand nombre d'analyses, viennent préciser les indications précédentes :

	Sols de limon métropolitains (pH 6,0 à 7,0).	Alluvions du Niger et sols de savane (pH 6,0).	Sols argilolatéritiques (pH $< 5,0$).
Pour 1 000 de terre :			
CaO totale	4,0 à 10	1 à 3,0	$< 0,2$
P_2O_5 total	1,0 à 1,5	0,1 à 0,5	$< 0,1$

	pH.	Argile.	Cations échangeables (m équiv. pour 100 g). Ca.	Mg.	K.	Total.	Saturation en bases (%).
Sols rouges latéritiques :							
1° Sous forêt tropicale.	4,9	21,8	0,1	0,1	0,3	0,5	7
2° En culture	4,8	36,4	1,7	1,0	0,2	2,9	17
Sols de savane ferrugineux	5,7	25,0	6,9	1,9	0,6	9,4	52
Sols de limon des régions tempérées	6,5 à 6,8	12 à 18	10 à 20	0,5 à 1,0	0,3 à 0,5	10 à 20	55 à 60

Si les cultures tropicales sont considérées comme peu exigeantes par comparaison avec les cultures européennes, cela tient à deux raisons :

1° Les rendements en matières sèches par hectare sont bien plus faibles;

2° Les produits exportés proviennent souvent de la photosynthèse, d'où le retour au sol de résidus contribuant à ralentir l'abaissement des réserves en culture indigène après la première phase suivant le défrichement.

Par ailleurs, il convient de remarquer que le phosphore, élément constitutif des protéines, augmente avec la teneur des végétaux en matière azotée. Il en est de même du soufre. Quant au calcium qui se localise

principalement dans les organes végétatifs, son rôle prend une importance particulière dans le cas des cultures fourragères et des légumineuses. Il faut lui associer le magnésium. Pour ces deux éléments, la plasticité végétale se traduit par de larges variations de leur quantité et de leur rapport, qui dépendent beaucoup moins de la plante que du sol. L'extrême pauvreté en Ca des sols tropicaux lessivés entraîne une valeur anormalement basse, déjà signalée, du rapport Ca/P, généralement voisin de 0,1 à 0,2, dans les aliments de base, alors que l'optimum fixé pour nos régions est de 0,6 à 0,7.

Le problème posé par la nutrition phosphocalcique se présente avec le maximum de gravité en matière d'élevage. Les productions animales (viande, lait, œufs) entraînent une consommation importante de ces deux éléments qui, par l'intermédiaire des fourrages, proviennent du sol et provoquent, en l'absence de restitutions, son appauvrissement progressif, suivi des conséquences fâcheuses bien connues sur l'état de santé du bétail.

Si les affleurements de calcaires tendres sont assez rares, des gisements de phosphates de chaux et d'alumine ont été découverts, mais leur utilisation se heurte à des difficultés techniques ou économiques incomplètement résolues jusqu'ici.

Dans ces territoires où l'ensemble des éléments biogènes atteint un niveau particulièrement bas, la fertilisation chimique se présente dans des conditions fort différentes de celles propres à l'agriculture européenne où la fumure minérale joue un rôle complémentaire, en raison des réserves des sols. Nous ignorons les principes à observer en vue d'assurer l'efficacité et la rentabilité des engrais dans des sols où Ca et humus font défaut. L'expérience montre que l'apport de matières organiques sous forme de composts ou d'engrais verts se montre toujours efficace. Par contre, l'apport de CO_3Ca a eu dans certains cas, une action nulle ou dépressive. De même, les sols latéritiques n'ont généralement pas réagi à l'apport d'acide phosphorique, sous les diverses formes utilisées. L'apport exclusif de sulfate d'ammoniaque en riziculture a parfois entraîné une déficience de Mg.

Dans ces conditions, où la plupart des éléments se comportent comme des facteurs limitants, l'apport d'un seul se montre inopérant. La fabrication d'engrais à la fois *complets* et *équilibrés* est à mettre au point, non seulement en vue d'élever les rendements, mais encore pour maintenir la capacité de production des sols qui peuvent encore être préservés d'une inévitable et irréversible évolution vers la stérilité. La lutte contre l'érosion, le développement de l'irrigation et de la mécanisation ne peuvent suffire pour atteindre les objectifs en vue, s'il n'est pas d'abord tenu compte des conditions de sol. Celles-ci conduisent à considérer comme primordiale la reconstitution nécessairement lente d'un stock suffisant d'humus par un système cultural faisant une plus large place aux cultures fourragères et

à l'élevage. Une technique de fertilisation appropriée s'impose, en outre, pour assurer l'enrichissement des sols en matières organiques et l'amélioration de la production.

Remarque au sujet de la Communication
de MM. ALBERT DEMOLON et GEORGES AUBERT, par M. **ANDRÉ MAYER.**

La situation alimentaire mondiale est d'année en année moins bonne. L'accroissement de la production agricole ne va pas de pair avec l'augmentation démographique; et, par tête d'habitant, les disponibilités alimentaires sont moindres aujourd'hui dans le monde qu'elles n'étaient en 1939. Devant cette situation, les Institutions internationales recommandent d'augmenter la production, notamment par la mise en culture de terres jusqu'ici délaissées. Elles commencent à étudier le cas des terres de l'espace tropical. Au cours des discussions auxquelles cette étude donne lieu, il est à souhaiter qu'elles tiennent le plus grand compte des faits que MM. Demolon et Aubert viennent d'exposer. La structure particulière des terres tropicales, le risque d'épuisement rapide qui les menace, la nécessité d'en surveiller la composition et de l'améliorer doivent être pris en considération dans tous les plans que les Institutions qui s'intéressent à la culture de ces terres peuvent être amenées à recommander.

M. **ALBERT DEMOLON** fait hommage d'un tiré à part d'un Mémoire publié par lui dans la *Revue générale de botanique* et intitulé : *Contribution à l'étude de la symbiose bactérienne chez les Légumineuses* (1).

M. **PAUL FOURMARIER** fait hommage d'une série de fascicules relatifs à ses travaux de géologie.

Les Ouvrages suivants sont présentés :

par M. **HENRI VILLAT** : Mémorial des sciences mathématiques. Fascicule CXVIII. *Sur quelques propriétés des valeurs caractéristiques des matrices carrées*, par MAURICE PARODI.

par M. **ROGER HEIM** : Encyclopédie biologique. XLII. *Flore des lichens de France et de Grande-Bretagne*, par l'Abbé M. GUILLAUMOT.

---

(1) 125 pages, 6 planches.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Catalogue of photographs and slides from the Mount Wilson and Palomar Observatories, 1951.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Problèmes pour les équations hyperboliques avec des conditions initiales sur les dérivées supérieures.* Note de M. **Benham-M. Ingersoll**, présentée par M. Jean Leray.

Considérons l'équation

$$(1) \qquad L(u) \equiv u_{xy} + a u_x + b u_y + c u = f.$$

Dans le problème classique de Cauchy on détermine une solution de (1) qui, avec sa dérivée normale, prend des valeurs données sur une courbe donnée C. Si l'on représente C par les équations $x = x(\tau)$, $y = y(\tau)$, $0 \leqq \tau \leqq 1$, ou $x'(\tau).y'(\tau) \neq 0$ pour $0 \leqq \tau \leqq 1$, alors le problème a une solution unique qui existe dans le rectangle $\Pi(C)$, dont les côtés sont parallèles aux axes des coordonnées avec les sommets $(x(0), y(0))$, $(x(1), y(1))$. Si nous posons

$$u_{ij}(x,y) = \frac{\partial^{i+j}}{\partial x^i \partial y^j} u(x,y) \qquad \text{et} \qquad u_{ij}(\tau) = u_{ij}(x(\tau), y(\tau)),$$

dans ce cas le problème de Cauchy se ramène à donner les valeurs des fonctions $u_{00}(\tau)$ et $u_{10}(\tau)$.

Dans ce travail nous envisageons le problème plus général où sont données les fonctions $u_{\mu\nu}(\tau)$ et $u_{\rho\sigma}(\tau)$. Nous étudions les conditions dans lesquelles il existe une solution unique de ce problème, et une méthode pour l'obtenir lorsqu'elle existe. Pour que la solution soit déterminée, il faut ajouter certaines données supplémentaires. Nous supposerons que les fonctions a, b, c, f, et la courbe C satisfont à certaines conditions de dérivabilité que nous ne préciserons pas ici. Nous supposerons aussi que $\mu\nu\rho\sigma \neq 0$. Si $\mu\nu\rho\sigma = 0$, on obtient des résultats analogues avec de légères modifications.

On a deux cas distincts selon que $(\mu - \rho)(\nu - \sigma) \leqq 0$ ou $(\mu - \rho)(\nu - \sigma) > 0$. Pour exprimer les conditions dans lesquelles il existe une solution unique, il convient d'introduire certaines notations. Nous posons

$$J_{n,x}(\varphi) = \left(\exp\left(\int \varphi\, dx\right)\right)\left(-\frac{\partial}{\partial x}\right)^n \exp\left(-\int \varphi\, dx\right),$$

et de même pour $J_{n,y}(\varphi)$. Soit $\alpha = \min(\mu, \rho)$, $A = \max(\mu, \rho)$, $\beta = \min(\nu, \sigma)$, $B = \max(\nu, \sigma)$.

Dans le premier cas, la solution u est, en général, déterminée dans $\Pi(C)$ par les données sur C, si l'on donne en outre les valeurs de u en N points dans $\Pi(C)$, pourvu que $J_{\beta,y}(a).J_{\alpha,x}(b) \neq 0$ sur C. L'entier N ne dépend que de l'opération L et de la courbe C, et il est toujours inférieur à $A + B$.

Dans le second cas, si $A - \alpha < B - \beta$, la fonction u est, en général, déterminée dans $\Pi(C)$ par les données sur C, ainsi que par ses valeurs en N points dans $\Pi(C)$ pourvu que $J_{\beta,y}(a).J_{A,x}(b) \neq 0$ sur C. Dans ce cas $N < \alpha + B$.

Si, dans le second cas, $A - \alpha = B - \beta$, on obtient un résultat analogue si

$$\left(\frac{dx}{dy}\right)^{A-\alpha} \neq \frac{J_{A,x}(b)\, J_{\beta,y}(a)}{J_{\alpha,x}(b)\, J_{B,y}(a)} \quad \text{sur C.}$$

En chaque point du plan cette condition détermine une ou deux directions réelles exceptionnelles qui jouent le même rôle dans notre problème que les directions caractéristiques dans le problème de Cauchy. On trouve ainsi une ou deux familles de courbes réelles analogues aux caractéristiques ordinaires. Il est curieux de remarquer que ces nouvelles « courbes caractéristiques » dépendent des coefficients des dérivées du premier ordre dans L, ainsi que des ordres des dérivées données.

La signification de l'expression « en général » dans les énoncés ci-dessus est que certaines configurations de points $(P_1, P_2, \ldots, P_N)$ sont exceptionnelles dans le sens que l'on ne peut pas assigner des valeurs arbitraires pour u en ces points. Les N-uples exceptionnelles satisfont à une équation de la forme $E(P_1, P_2, \ldots, P_N) = 0$, où E ne dépend que de L et de C, de sorte que les configurations exceptionnelles constituent une variété à $2N - 1$ dimensions. Ces N-uples sont analogues aux points conjugués dans la théorie des équations de Sturm-Liouville.

Et voici des exemples qui ont pour but d'illustrer les phénomènes exposés ci-dessus. Soit $L(u) \equiv u_{xy} - u_x - u_y + u$. Les solutions de $L(u) = 0$ sont données par $(\exp(x+y)).(f(x) + g(y))$, où f et g sont arbitraires mais possèdent une dérivabilité suffisante. En outre,

$$u_{ij}(x, y) = (\exp(x+y))\left(\frac{\partial}{\partial x} + 1\right)^i \left(\frac{\partial}{\partial y} + 1\right)^j (f(x) + g(y)).$$

Supposons que C soit donnée par $y = \varphi(x)$, et $u_{00}(x) = u_{11}(x) = 0$. Il est facile de démontrer que les droites $y = x + c$ sont les « courbes caractéristiques » de ce problème. Si, pour la même équation, C est représentée par $y = -x$, en utilisant les plus simples conditions initiales, $u_{10}(x) = u_{01}(x) = 0$, on peut vérifier facilement que les configurations exceptionnelles sont les points de la droite $x + y = 1$.

FONCTIONS SPÉCIALES. — *Sur un cas de confluence des fonctions de Mathieu associées.* Note (*) de M. **Robert Campbell**, présentée par M. Joseph Pérès.

On sait que l'équation des ondes $\nabla^2 V + k^2 V = 0$ écrite en rapportant l'espace (à trois dimensions) à un système de paraboloïdes de révolution homofocaux

$$f = 2(u^2 - v^2) - 1; \qquad z = 4uv$$

se décompose en deux équations différentielles du type :

$$\frac{d^2y}{du^2} + \frac{1}{u}\frac{dy}{du} + \left(a - k^2u^2 - \frac{m^2}{u^2}\right)y = 0, \tag{1}$$

qu'on peut écrire par les changements de variable $y = u^{-(1/2)}Y$, $u = (2k)^{-(1/2)}x$

$$\frac{d^2Y}{dx^2} + \left[\frac{a}{2k} - \frac{x^2}{4} - \left(m^2 - \frac{1}{4}\right)\frac{1}{x^2}\right]Y = 0. \tag{2}$$

Par rapport à l'équation ordinaire de Weber, celle-ci joue le même rôle que l'équation de Mathieu associée (1) par rapport à celle ordinaire de Mathieu; aussi pourrait-elle être, à juste titre, appelée « équation de Weber associée ». Mais les fonctions propres de l'équation (qu'on pourrait appeler « fonctions de Weber associées ») qui interviennent dans la vibration d'un paraboloïde de révolution ne sont pas des fonctions transcendantes nouvelles (comme c'était le cas pour les fonctions de Mathieu associées) :

En posant $a = k(4n + 2m + 2)$ elles ont l'expression

$$D_n^m(x) = e^{-\frac{1}{4}x^2} x^{m+\frac{1}{2}} L_n^m\left(\frac{x^2}{2}\right), \tag{3}$$

L_n^m désignant le polynome de Laguerre.

Il est clair que les fonctions de Mathieu associées de l'ellipsoïde allongé ont les fonctions (3) pour cas limite lorsque l'excentricité de la quadrique tend vers 1. Si dans leur équation

$$\frac{d^2y}{d\xi^2} + \left[A + \frac{1}{2}k^2f^2 + \nu^2 + \frac{\nu(1-\nu)}{\sin^2\xi} - k^2f^2\sin^2\xi\right]y = 0, \tag{4}$$

on effectue le passage à la limite précédent, en faisant tendre la distance focale vers l'infini de façon que $f\xi^2$ tende vers une valeur finie (soit en posant $x^2 = 2kf\xi^2$) : l'équation en x après passage à la limite s'écrit

$$\frac{d^2y}{dx^2} + \left[\lim_{f\to\infty}\left\{\frac{1}{2kf}\left(A + \frac{1}{2}k^2f^2 + \nu^2\right) + \frac{\nu(1-\nu)}{x^2} - \frac{1}{4}x^2\right\}\right]y = 0.$$

(*) Séance du 28 janvier 1952.

(1) Cf. *Bull. Soc. Math. de France*, 78, fasc. IV, 1950, p. 225, dont je garde les notations.

Elle admet les fonctions $D_n^m(x)$ pour solutions à condition que

$$(5)\qquad \lim_{f\to\infty}\frac{1}{2kf}\left(A+\frac{1}{2}k^2f^2+\nu^2\right)=2n+m+1 \quad \text{et} \quad \nu=m-\frac{1}{2}.$$

Première application. — Les propriétés connues des polynomes de Laguerre permettent de donner des résultats relatifs à la répartition asymptotique des racines des fonctions de Mathieu associées pour les grandes valeurs des paramètres. Tout d'abord l'expression (5) donne, en passant, l'équation des paraboles asymptotiques des courbes caractéristiques de (4). Ensuite, en appliquant les résultats de la théorie de Sturm, on voit facilement que, dans la fonction de Mathieu associée $ce_n^\nu(\xi)=\sin^\nu\xi\, pe_n^\nu(\xi)$, où pe_n^ν est une fonction entière, les n zéros situés dans l'intervalle $(-\pi, +\pi)$ de pe_n^ν, quand kf augmente, se condensent autour de l'origine à l'exception peut-être d'un seul (qui, lui, demeure égal à zéro ou à $\pi/2$ quel que soit k). Si l'on prend pour pe_n^ν une fonction paire en ξ, on aura $n/2$ zéros positifs pour pe_n^ν, dont le $p^{\text{ième}}$ (dans l'ordre croissant, soit $\alpha_{\nu,n,p}$) satisfait à l'inéquation double :

$$\frac{1}{2}j_{\nu+\frac{1}{2},p}(kf)^{-\frac{1}{2}}<\sqrt{2n+\nu+\frac{3}{2}}\,\alpha_{\nu,n,p}$$
$$<\left(2p+\nu+\frac{3}{2}\right)s^{\frac{1}{2}}\left[s+\sqrt{(2p+1)s+\frac{1}{4}}\right]^{\frac{1}{2}}(kf)^{-\frac{1}{2}}$$

avec $s=2p+\nu+(3/2)$ et $j_{\nu+(1/2),p}$ désignant le $p^{\text{ième}}$ zéro positif de la fonction de Bessel d'ordre $\nu+(1/2)$.

En particulier la longueur du segment de milieu o où se condensent les zéros est asymptotiquement égale, si n est lui-même très grand, á $4\sqrt{n}(kf)^{-(1/2)}$ (quel que soit ν, et en particulier pour les fonctions de Mathieu ordinaires). Avec plus de précision on a, pour n grand

$$\alpha_{\nu,n,p}<\left[r-(6r)^{-\frac{1}{3}}(i_p+\varepsilon_n)\right] \qquad \left(\varepsilon_n \text{ petit avec } \frac{1}{n}\right)$$

avec $r=\sqrt{4n+2\nu+3}$, et i_p étant le $p^{\text{ième}}$ zéro positif de la fonction de Airy. Ces résultats s'appliquent aux fonctions de Mathieu ordinaires ($\nu=0$) et sont plus précis que ceux que Ince avait obtenus dans ce cas par la méthode de Horn.

Deuxième application (équations intégrales). — Inversement, on peut, par ce même passage á la limite, déduire de l'équation intégrale suivante des fonctions ce_n^ν

$$ce_n^\nu(\theta)=\lambda_n\int_{-\pi}^{+\pi}J_{\nu+\frac{1}{2}}(kf\sin\theta\sin\xi)\sqrt{\sin\theta\sin\xi}\,ce_n^\nu(\xi)\,d\xi$$

l'équation intégrale suivante des D_n^m :

$$(6)\qquad e^{-\frac{x^2}{4}}x^{m+\frac{1}{2}}L_n^m\left(\frac{x^2}{2}\right)=\bar{\lambda}_n\int_{-\infty}^{+\infty}e^{-\frac{\theta^2}{4}}\theta^{m+\frac{1}{2}}L_n^m\left(\frac{\theta^2}{2}\right)J_n\left(\frac{\theta\xi}{2}\right)d\xi$$

(où l'on peut obtenir $\bar{\lambda}_n$ en donnant une valeur particulière à ξ). Cette équation intégrale n'est pas usuelle puisqu'on possède pour les polynomes de Laguerre des *représentations* intégrales plus maniables (et également à noyaux Besseliens). Toutefois lorsque $m = -1/2$, (6) devient l'équation intégrale suivante, où les He_n désignent les polynomes de Hermite :

$$e^{-\frac{x^2}{2}} He_n(x\sqrt{2}) = \frac{(-i)^n}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-ix\theta - \frac{\theta^2}{2}} He_n(\theta\sqrt{2})\, d\theta$$

relation bien connue dans la théorie de la transformation de Fourier.

GÉOMÉTRIE PROJECTIVE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur une propriété de la suite de Laplace périodique, de période 4.* Note de M. **Marcel Decuyper**, présentée par M. Henri Villat.

Étant donné un réseau conjugué $M_1(u, v)$, nous cherchons à lui associer un autre réseau conjugué $M_3(u, v)$ tel que le premier et le second axes de M_1 en chacun de ses points soient aussi le premier et le second axes de M_3 au point correspondant. Il est évident que si l'on considère une suite de Laplace périodique de période 4, $M_0 M_1 M_2 M_3$, deux sommets non consécutifs, par exemple M_1 et M_3 engendrent un couple C de la nature envisagée ; nous montrons que tous les couples C peuvent être obtenus de cette façon et nous énonçons quelques propriétés de ces couples.

Un réseau conjugué $M_1(u, v)$ étant donné, appelons M_1M_0 et M_1M_2 les tangentes aux lignes v et u (une ligne v est une ligne sur laquelle u reste constant), M_0 et M_1 les seconds foyers de ces droites. Le premier axe du réseau M_1 est, par définition, la droite commune aux plans osculateurs en M_1 aux lignes u et v et le second axe est la droite M_0M_2. Nous avons montré (¹) qu'un couple de surfaces ayant même congruence des premiers axes relativement au réseau conjugué commun dépend de dix fonctions arbitraires d'un argument.

Pour trouver les couples C ayant encore la même congruence des seconds axes, nous utiliserons le théorème de Slotnick : le point générateur M_1 d'un réseau conjugué est point uni de l'involution définie sur le premier axe par les foyers et par les points de rencontre avec les plans focaux du second axe. Nous appellerons point de Slotnick le second point uni de cette involution. Nous écartons le cas où l'une des surfaces du couple est développable, de même que le cas où les lignes u, v d'une surface se confondent avec une famille d'asymptotiques. Le premier axe de M_1 n'est donc pas dans le plan tangent en M_1, la surface M_1 n'est pas nappe focale de la congruence des premiers axes et le point de Slotnick M_3 du réseau $M_1(u, v)$ est uniquement déterminé et distinct de M_1.

(¹) *J. Math. pures et appl.*, (9), **26**, 1947, p. 15-98.

Nous prenons le tétraèdre $M_0M_1M_2M_3$ pour repère mobile; les déplacements infinitésimaux du tétraèdre sont définis par

$$dM_i = \omega_i^j M_j = (a_i^j du + b_i^j dv) M_j,$$

où les coefficients a^j, b_i^j sont liés par les conditions d'intégrabilité

$$(a_i^j)_v - (b_i^j)_u = b_i^k a_k^j - a_i^k b_k^j.$$

Par une normalisation convenable des sommets M_0, M_2, on réduit les coefficients a_1^2 et b_1^0 à l'unité et la condition qui exprime que M_3 est le point de Slotnick est

$$a_3^2 + b_3^0 = 0.$$

Dans le cas où a_3^2 n'est pas nul, on le réduit à l'unité par la normalisation de M_3 et l'on constate alors que pour le réseau (u, v) décrit par M_3 soit conjugué et admette M_1M_3 et M_0M_2 pour axes, il faut que l'on ait

$$a_3^0 b_3^2 + 1 = 0.$$

Or, cette dernière relation exprime que les deux foyers du premier axe viennent se confondre avec M_1, et nous avons vu que cette circonstance ne peut se produire.

Il faut donc que a_3^2 soit nul, et par suite b_3^0 l'est aussi; autrement dit, il est nécessaire que les réseaux M_1 et M_3 se coupent inversement, c'est-à-dire que les tangentes en M_1 aux courbes u et v coupent les tangentes en M_3 aux courbes v et u respectivement. Le réseau $M_1(u, v)$ est alors un réseau harmonique de Wilczynski, caractérisé par ce fait que les tangentes aux lignes déterminées par les développables des congruences du premier axe et du second axe divisent harmoniquement les tangentes du réseau. Il suffit alors que le plan tangent en M_3 contienne la droite M_0M_2 $(a_3^1 = b_3^1 = 0)$ pour que le réseau $M_3(u, v)$ soit conjugué et qu'il admette M_1M_3 et M_0M_2 pour premier et second axes. Les déplacements infinitésimaux du tétraèdre sont donnés par

$$\begin{aligned}
M_{0_u} &= a\ M_0 + hM_1, & M_{0_v} &= b_0^0 M_0 + b_0^3 M_3,\\
M_{1_u} &= a\ M_1 + M_2, & M_{1_v} &= M_0 + bM_1,\\
M_{2_u} &= a_2^2 M_2 + a_2^3 M_3, & M_{2_v} &= k\ M_1 + bM_2,\\
M_{3_u} &= a_3^0 M_0 + a_3^3 M_3, & M_{3_v} &= b_3^2 M_2 + b_3^3 M_3.
\end{aligned}$$

On constate que M_0 et M_2 sont les seconds foyers des tangentes en M_3 aux lignes u et v. La multiplicité M_2 ne peut se réduire à une courbe que si l'une des surfaces M_1, M_3 est développable et nous avons écarté ce cas. De même pour la multiplicité M_0. Donc le réseau $M_1(u, v)$ engendre la suite de Laplace périodique de période 4, $M_0M_1M_2M_3$ et la configuration obtenue dépend de six fonctions arbitraires d'un argument. A tout couple C formé par les surfaces M_1 et M_3 se trouve ainsi associé un deuxième couple C formé par M_0 et M_3, les premier et second axes de l'un des couples devenant

les second et premier axes de l'autre. Les congruences des premiers axes et des seconds axes sont alors des congruences W et les paramètres des lignes asymptotiques sur les nappes focales sont u et v, comme il résulte de l'étude que M. Backes ([2]) a consacrée aux suites de Laplace de période 4.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Loi des grands nombres et théorie ergodique.* Note de M. **Robert Fortet** et Mlle **Edith Mourier**, présentée par M. Émile Borel.

La présente Note étend et complète les résultats d'une Note précédente ([1]) dont nous reprenons les notations.

I. Soit $\mathfrak{U}$ un espace mesurable d'éléments u avec une mesure m telle que $m(\mathfrak{U})=1$; soient $\mathfrak{X}$ un espace de Banach *séparable* d'éléments x, $\mathfrak{X}^*$ le dual de $\mathfrak{X}$, d'éléments x^*; $[x^*, x]$ désignera le nombre obtenu en appliquant la fonctionnelle linéaire x^* à x. Soit $(\mathfrak{X})_\alpha (1 \leqq \alpha \leqq +\infty)$ l'espace de Banach constitué par les fonctions $X[x(u)]$ de u sur $\mathfrak{U}$ à valeurs dans $\mathfrak{X}$, telles que $[x^*, x(u)]$ soit mesurable en u pour tout x^* de $\mathfrak{X}^*$ et que :

a. si $\alpha < +\infty$, $\int_{\mathfrak{U}} \|x(u)\|^\alpha dm < +\infty$; la norme dans $(\mathfrak{X})_\alpha$ est alors définie par

$$\|X\|^\alpha = \int_{\mathfrak{U}} \|x(u)\|^\alpha \, dm.$$

b. si $\alpha = +\infty$, il existe un nombre $M < +\infty$ tel que $\|x(u)\| \leqq M$ presque partout; la norme de X est alors le plus petit nombre M' tel que $\|x(u)\| \leqq M'$ presque partout.

Soit $X^*[x^*(u)]$ une fonction de u sur $\mathfrak{U}$, à valeurs dans $\mathfrak{X}^*$, telle que $[x^*(u), x]$ soit mesurable en u pour tout $x \in \mathfrak{X}$, que $\|x^*(u)\|$ soit mesurable et que : *a'* : si $\alpha > 1$,

$$\int_{\mathfrak{U}} \|x^*(u)\|^{\frac{\alpha}{\alpha-1}} dm < +\infty.$$

b' : si $\alpha = 1$, il existe un nombre $M < +\infty$ tel que : $\|x^*(u)\| \leqq M$ presque partout.

Théorème I. — *La forme*

$$\int_{\mathfrak{U}} [x^*(u), x(u)] \, du$$

est une fonctionnelle linéaire continue sur $(\mathfrak{X})_\alpha$; *réciproquement, si* $\alpha < +\infty$, *toute fonctionnelle linéaire sur* $(\mathfrak{X})_\alpha$ *est de cette forme : ceci n'est plus exact pour* $\alpha = +\infty$.

([2]) *Bulletin de la Classe des Sciences de l'Académie Royale de Belgique*, (5), **21**, 1935.

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 923.

Ce théorème étend un résultat de J. Dieudonné ([2]) (cas $\alpha = 1$, sous l'hypothèse plus restrictive que $\mathfrak{X}^*$ est séparable) et un résultat de la Note citée (cas $\alpha > 1$, avec l'hypothèse additionnelle que $\mathfrak{X}$ est réflexif). Il résulte de ce théorème 1 que pour $\alpha > 1$, $(\mathfrak{X})_\alpha$ est reflexif si $\mathfrak{X}$ l'est.

II. Soit $\{X_n\}$ $(n = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots)$ une suite indéfinie d'éléments aléatoires à valeurs dans $\mathfrak{X}$, formant une suite strictement stationnaire et tels que $E(\|X_n\|^\alpha) < +\infty$ avec $\alpha \geqq 1$. On a :

Théorème 2. — *Il existe un élément aléatoire* Y *tel que* $E(\|Y\|^\alpha) < +\infty$ *avec* $E(Y) = E(X_n)$ *et que*

$$\lim_{n \to +\infty} E\left(\left\| \frac{1}{n}(X_1 + X_2 + \ldots + X_n) - Y \right\|^\alpha\right) = 0$$

(loi des grands nombres en moyenne).

L'énoncé analogue dans la Note citée supposait $\mathfrak{X}$ séparable et réflexif et $\alpha > 1$; on peut définir une « stationnarité restreinte » suffisante pour que le théorème 2 soit valable, et obtenir ainsi des propriétés nouvelles dans le cas où $\mathfrak{X}$ est euclidien.

Soient $X_1, X_2, \ldots, X_n, \ldots$ une suite indéfinie d'éléments aléatoires à valeurs dans $\mathfrak{X}$, mutuellement indépendants, tels que

$$E(\|X_n\|^\alpha) \leqq M < +\infty,$$

où $\alpha > 1$ et où M est un nombre quelconque indépendant de n. On a

Théorème 3. —

$$\lim_{n \to +\infty} E\left(\left\| \frac{1}{n}(X_1 + X_2 + \ldots + X_n)\right\|^\beta\right) = 0$$

pour tout $\beta > 0$ *et* $< \alpha$ (loi des grands nombres en moyenne).

Théorème 4. — *Si* $\alpha > 2$, *il est presque sûr que* $(1/n)(X_1 + X_2 + \ldots + X_n)$ *tend fortement vers* θ.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Contribution à l'étude de la forme des courbes de traction d'éprouvettes monocristallines.* Note de MM. **Bernard Jaoul** et **Charles Crussard**, transmise par M. Pierre Chevenard.

Au voisinage de l'origine, les courbes de traction d'un métal changent d'allure avec la grosseur du grain. Pour les monocristaux, la concavité est tournée vers le haut jusqu'à un certain allongement, égal à celui du « point de transition » des éprouvettes polycristallines ([1]). La position de ce point de transition ne dépend que de la distance minima des bandes de glissement ou de la composition chimique du métal, ces deux grandeurs étant elles-mêmes liées.

Nous avons montré ailleurs ([1]) que les courbes de traction de métaux purs

([2]) *Ann. Univ. Grenoble*, (2), 23, 1947-48, p. 38.

([1]) *Revue de Métallurgie*, 47, 1950, p. 589.

ou d'alliages (solutions solides primaires) présentaient un point singulier où la courbure change brusquement. Ce changement de courbure s'accompagne d'une modification de l'aspect de l'astérisme sur les diagrammes de rayons X ([2]), comme si les grains du métal commençaient à se fragmenter en petits blocs lorsque les éprouvettes sont étirées au delà de ce point singulier, que nous appellerons par la suite *point de transition*. Pour un métal donné, l'allongement atteint à ce point, ε_p, ne dépend ni de la grosseur du grain, ni de la forme des éprouvettes; il varie cependant avec la température de l'essai. Pour divers alliages constitués de solutions d'un métal B dans un métal A (l'aluminium dans nos expériences), l'allongement critique ε_p croît avec la concentration du métal B (soit x) suivant une loi très simple ([3])

$$\varepsilon_p = k x^{\frac{1}{3}}. \qquad (1)$$

L'indépendance de ε_p vis-à-vis de la grosseur du grain, que nous venons de signaler, semble montrer que cette transition est d'origine intracristalline. Pour le confirmer, nous avons étudié des éprouvettes monocristallines ou à très gros grain. La figure 1 reproduit quelques courbes de traction de quatre éprou-

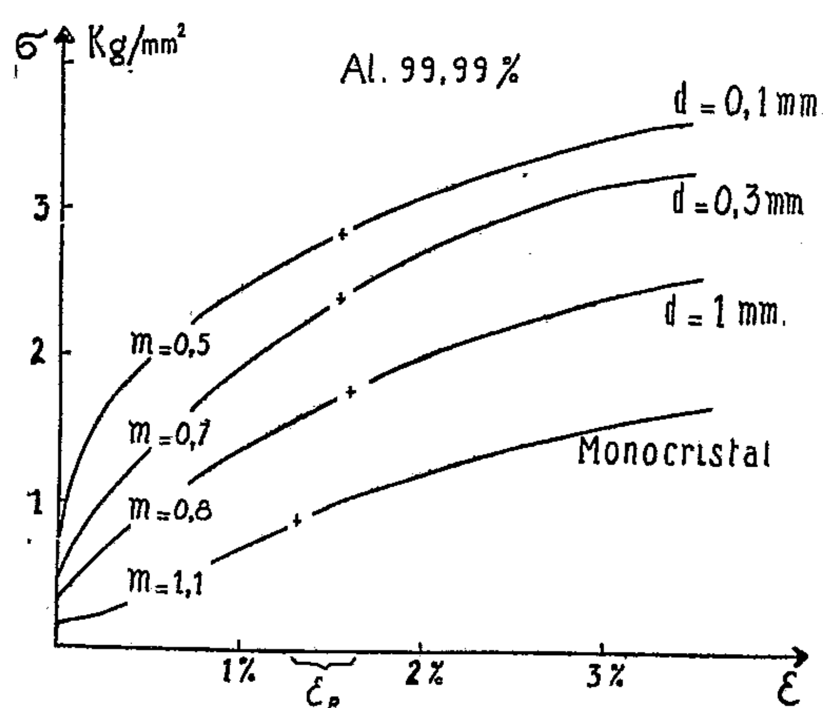


Fig. 1.

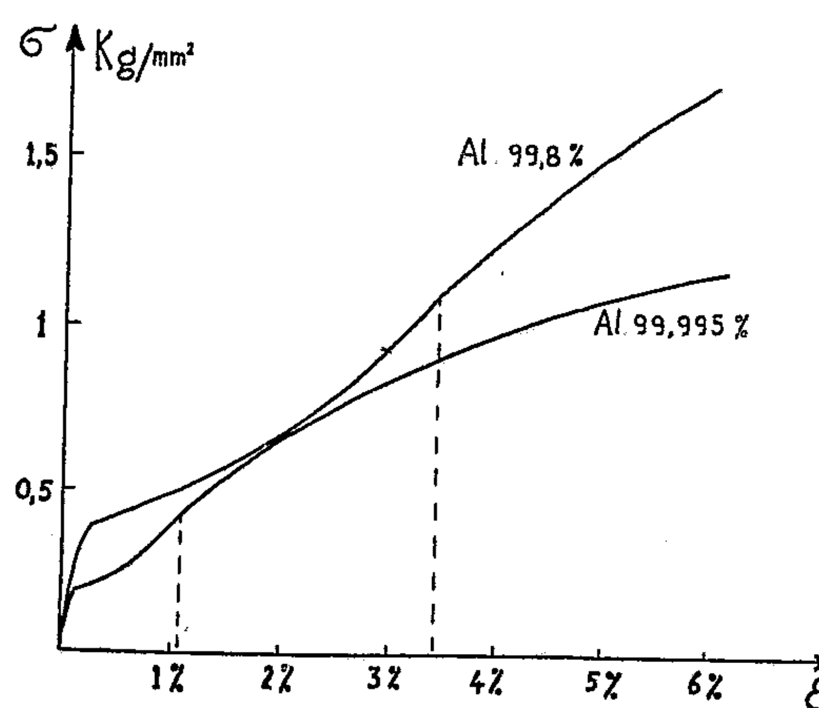


Fig. 2.

vettes en aluminium raffiné (titre 99,99 %) de diverses grosseurs de grain. Sur cette figure, σ représente la tension (contrainte réelle), ε l'allongement, d le diamètre moyen du grain, et m l'exposant de la formule parabolique qui représente la courbe dans sa première portion, entre la limite élastique et le

([2]) *Comptes rendus*, *Congr. Ass. It. Mét.*, Venise 1951.

([3]) B. Jaoul, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 595.

point de transition; on voit que la forme de cette courbe dépend de la grosseur du grain, *m* croissant avec le diamètre de celui-ci. Par contre le point de transition ne varie pas sensiblement : ε_p est égal à 1,5 % pour toutes les éprouvettes polycristallines. Pour les monocristaux, il varie légèrement d'une éprouvette à l'autre par suite de l'anisotropie cristalline, mais ses variations se font dans un petit intervalle autour de 1,5 %, marqué sur la figure 1.

La figure 2 montre l'influence de la pureté du métal sur les courbes de traction d'éprouvettes monocristallines. Les deux courbes de cette figure ont la même forme, à une homothétie près : entre la limite élastique et ε_p (marqué ici par un trait pointillé vertical), la courbe est une parabole à concavité tournée vers le haut, d'équation $\sigma = \sigma_0 + A\varepsilon^2$; il lui fait suite, après ε_p, une deuxième parabole à concavité tournée vers le bas.

En comparant entre elles les courbes de la figure 2 et celles du monocristal de la figure 1, on constate que l'allongement ou point de transition, ε_p, croît régulièrement avec la teneur en impuretés (le titre passant de 99,995 à 99,99 et 99,8 %), suivant la même loi que pour les polycristaux. Quant à la forme, elle n'est pas la même pour le monocristal de la figure 1 (où $m = 1,1$) que ceux de la figure 2 (où $m = 2$). Il semble que cette différence provienne du nombre de systèmes de glissements actifs au début de la traction; il y en avait deux dans le premier cas, et un dans le second.

Il est intéressant de suivre le développement des bandes de glissement; c'est ce que nous avons fait, sur des éprouvettes en Al à 99,99 %, polies électrolytiquement, en interrompant la traction de temps à autres pour observer les glissements apparus à la surface. Au début de la traction, les bandes de glissement sont en général groupées en faisceaux espacés d'une centaine de microns ou plus. A l'intérieur de chaque faisceau, la distance entre bandes voisines ne tombe nulle part en dessous d'une certaine distance minimum, qui ne dépend que de la pureté du métal, et croît avec elle.

Au point de transition, on atteint une sorte de saturation des faisceaux, à l'intérieur desquels presque toutes les bandes de glissements se serrent à la distance minimum.

Pour de plus grandes déformations, les faisceaux s'élargissent et finissent par couvrir toute la surface (¹) : la déformation devient plus uniformément répartie, sans que ce stade corresponde à un point singulier sur la courbe de traction.

(¹) Ce fait avait déjà été observé par Hibbard et Mathewson sur des monocristaux de laiton, et par Koehler et Blewitt sur des monocristaux d'alliage or-cuivre.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Applications de la conservation de la parité en Mécanique quantique. I. Désintégration en deux ou trois bosons de masses non nulles.* Note de M. **Louis Michel**, présentée par M. Louis de Broglie.

Démonstration des règles rigoureuses de sélection données dans une publication précédente (1) et s'énonçant : S, V, A, P désignant des bosons scalaire, vectoriel, pseudovectoriel et pseudoscalaire, les désintégrations spontanées interdites d'un boson en bosons distincts de masses $\neq 0$ sont SSP, PPP, SPV, SSA, PPA, SSSP, SPPP (où il n'est pas nécessaire de préciser quelle est la particule initiale).

L'invariance par rapport aux réflexions d'espace (à trois dimensions) de la théorie électromagnétique quantique est bien confirmée dans ses conséquences expérimentales et les physiciens l'admettent généralement pour les autres phénomènes de la microphysique. C'est ce qui est fait ici. Les représentations irréductibles de rang fini du groupe des rotations et retournements de l'espace euclidien à trois dimensions sont toutes connues (2), en les notant D_J^ε (avec $\varepsilon = \pm 1$) leur produit se décompose ainsi :

$$D_J^\varepsilon D_{J'}^{\varepsilon'} = D_{J+J'}^{\varepsilon\varepsilon'} + D_{J+J'-1}^{-\varepsilon\varepsilon'} + D_{J+J'-2}^{\varepsilon\varepsilon'} + \ldots + D_{J-J'}^{\varepsilon\varepsilon'(-1)^{2J'}} \qquad (J \geqq J').$$

L'opérateur P qui transforme x, y, z, t en $-x, -y, -z, t$, a pour carré $P^2 = 1$, et a donc pour valeurs propres $\eta = \pm 1$. On voit qu'il commute avec le carré du moment cinétique, M^2, qui a pour valeurs propres $J(J+1)$. Les fonctions propres communes à ces deux opérateurs et correspondant aux valeurs propres η et $J(J+1)$ forment une représentation linéaire irréductible D_J^ε, avec $\eta = \varepsilon(-1)^J$.

Pour un système physique isolé, rapporté à un référentiel pour lequel son impulsion totale est nulle (référentiel du centre de masse), le moment cinétique J et la parité η sont des constantes du mouvement et ont donc une seule valeur possible si l'on exclut les cas exceptionnels de dégénérescence accidentelle. Les fonctions d'onde de l'état initial et l'état final de l'évolution spontanée de ce système doivent donc appartenir à la même représentation irréductible D_J^ε.

Dans ce qui suit on ne considérera que des bosons de masse non nulle; ils peuvent être constitués eux-mêmes de particules dans un état lié (par exemple noyaux d'atomes). La fonction d'onde d'un tel boson au repos appartient donc à la représentation D_S^ε où S est son spin, et $\varepsilon = 1$ pour un scalaire, vecteur, etc., $\varepsilon = -1$ pour un pseudoscalaire, etc. On rapportera un système de n parti-

(1) L. Michel, *Progress in Cosmic Ray Physics*, Chap. 3, p. 132, North-Holland Publ. C°, Amsterdam, 1952.

(2) Par exemple E. Cartan, *Leçons sur la théorie des spineurs*, dont nous suivons ici les notations (Hermann, Paris, 1938).

cules S_n, ε_n, et de coordonnées x_n, aux coordonnées X_i (i de o à $n-1$), combinaisons linéaires des x_n; X_0 étant les coordonnées du centre de masse. Comme il est bien connu les coordonnées X_0 peuvent être séparées. Les parties spatiales $F(X_1, \ldots, X_{n-1})$ des fonctions d'onde peuvent être développées sur le système orthogonal et complet de fonctions de bases $\prod_{i=1}^{n} Y_{L_i}^{M_i}(\theta_i, \varphi_i) f_i(R_i)$ ($X_i : R_i, \theta_i \varphi_i$; Y_L^M fonction sphérique, f_i appartient à un ensemble arbitraire de fonctions orthogonales d'une variable $\geq$ o). J et η étant le moment cinétique total et la parité du système on a $D_J^{\eta(-1)^J} = D_+ D_{L_2}^+ \ldots D_{L_{n-1}}^+ D_{S_1}^{\varepsilon_1} D_{S_2}^{\varepsilon_2} D_{S_3}^{\varepsilon_3} \ldots D_{S_n}^{\varepsilon_n}$ puisque les Y_L^M appartiennent à la représentation irréductible D_L^+.

A. *Désintégration spontanée d'un boson* S_0, E_0 *en deux bosons distincts* S_1, ε_1 *et* S_2, ε, *de masses* $\neq$ o.

On doit avoir $D_{S_0}^{\varepsilon_0} = D_L^+ D_{S_1}^{\varepsilon_1} D_{S_2}^{\varepsilon_2}$.

L'entier L doit alors satisfaire : $|S_0 - S_1 - S_2| \leqq L \leqq S_0 + S_1 + S_2$; lorsque $\varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3 = 1$, L est de la forme S_0, $S_0 \pm 2$, $S_0 \pm 4$, ..., lorsque $\varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3 = -1$, L est de la forme $S_0 \pm 1$, $S_0 \pm 3$, ...

Il y a toujours des solutions pour L (donc pas d'interdiction due à la conservation du moment angulaire), mais il n'y a qu'une valeur de L possible lorsque $|S_0 - S_1 - S_2| = S_0 + S_1 + S_2$ ce qui a lieu lorsque au moins deux des trois S sont nuls. On doit alors avoir $\varepsilon_0 \varepsilon_1 \varepsilon_2 = 1$, d'où la règle :

Une désintégration A *est interdite* ([3]) *si deux des trois particules sont de spin* o *et si une seule, ou toutes les trois sont des particules « pseudo ».*

B. *Désintégration spontanée en trois bosons distincts de masses* $\neq$ o.

On doit avoir $D_{S_0}^{\varepsilon_0} = D_{L_1}^+ D_{L_2}^+ D_{S_1}^{\varepsilon_1} D_{S_2}^{\varepsilon_2} D_{S_3}^{\varepsilon_3}$.

On constate qu'il n'y a pas d'interdiction due à la conservation du moment cinétique, mais que dans le seul cas où $S_0 = S_1 = S_2 = S_3 = 0$, on a une règle de sélection due à la conservation de la parité, car on doit avoir $\varepsilon_0 \varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3 = 1$.

Règle ([3]) : *Une particule de spin* o *ne peut se désintégrer en trois particules de spin* o *si une ou trois de ces quatre particules sont pseudoscalaires.*

En se limitant aux particules de spin o ou 1 on a les règles de sélection déjà données ([1]).

Il n'y a que deux représentations irréductibles du groupe $\mathfrak{S}_2$ des permutations de deux objets, la représentation symétrique, notée $+1$, l'antisymétrique notée -1; leur produit satisfait à la règle des signes. Dans le cas de la désintégration en deux bosons identiques I et II de masse $\neq$ o, la fonction d'onde du système doit être symétrique en I et II. On a alors $2X_0 = x_{I} + x_{II}$ et $2X_1 = x_{I} - x_{II}$ (antisymétrique), d'où D_L appartient à la représentation

([3]) Ce résultat est en contradiction avec celui de Peaslee (*Helv. Phys. Acta*, 23, 1950, p. 845), qui ne trouve les même règles que pour deux particules finales de spin o et démontre qu'il n'y en a pas d'autres.

$\zeta = (-1)^L$ de $\mathfrak{S}_2$. D'autre part (en notant entre parenthèses après D la représentation de $\mathfrak{S}_2$)

$$D_S^{\varepsilon}(I)\, D_S^{\varepsilon}(II) = D_{2S}^{+}(+) + D_{2S-1}^{-}(-) + \ldots + D_S^{+}(+) + \ldots + D_1^{-}(-) + D_0^{+}(+)$$

et (*voir* par exemple réf. (²), p. 66, en faisant $p = q$),

$$D_L^{+}(\zeta)\, D_S^{\varepsilon}(I)\, D_S^{\varepsilon}(II) = D_{L+2S}^{+}(\zeta) + D_{L+2S-1}^{-}(\zeta) + D_{L+2S-1}^{-}(-\zeta) + 2\, D_{L+2S-2}^{+}(\zeta) + D_{L+2S-2}^{+}(-\zeta) + \ldots$$

Les termes qui appartiennent à la représentation antisymétrique sont interdits. Cela donne de nouvelles règles de sélection dans le seul cas suivant : $S_I = S_{II} = 0$ et l'on doit avoir $S_0 = L$ pair et $\varepsilon_0 = 1$.

Un boson « pseudo » ou un boson de spin impair ne peut se désintégrer en deux particules identiques de spin 0 (⁴).

En étendant le raisonnement ci-dessus à la désintégration en trois bosons de masses $\neq 0$ et dont deux sont sont identiques, aucune règle de sélection nouvelle n'apparaît. Ce cas s'applique à $\tau^{\pm} \to 2\pi^{\pm} + \pi^{\mp}$ et l'on en déduit que τ ne peut être scalaire si π est pseudoscalaire.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Théorie relativiste d'une expérience de Dufour et Prunier.* Note (*) de M. **André Metz**, présentée par M. Jean Becquerel.

Il s'agit de l'expérience de Sagnac avec interposition de corps réfringents fixes par rapport au laboratoire sur les trajets lumineux entraînés par le disque. Tenant compte de la forme de ces corps réfringents dans l'expérience telle qu'elle a été exécutée en 1941, la théorie ci-dessous donne comme retard des ondes d'un des faisceaux sur l'autre $4\omega\mathcal{A}(n/c^2)$ valeur conforme aux résultats expérimentaux.

Alexandre Dufour et Fernand Prunier ont réalisé en 1941 une expérience dont le dispositif était celui de Sagnac, avec interposition de tubes d'eau *fixes* sur les trajets de lumière entraînés par la rotation du disque. La théorie de cette expérience a été faite en partant d'éléments (longueurs, temps, vitesses) évalués dans le système de référence du laboratoire (¹). Une interprétation a été également donnée en partant d'éléments mesurés sur le disque même (²), mais en supposant que les tubes soient fermés par des faces perpendiculaires aux rayons issus du centre du disque, de façon que la proportion des trajets dans l'eau et dans l'air ne soit pas modifiée par la rotation du disque.

En fait, cette condition n'était pas réalisée dans l'expérience telle qu'elle a été effectuée. Les tubes étaient fermés par des glaces perpendiculaires aux

(⁴) Résultat bien connu : s'applique par exemple à $Be^8 \to 2\alpha$.

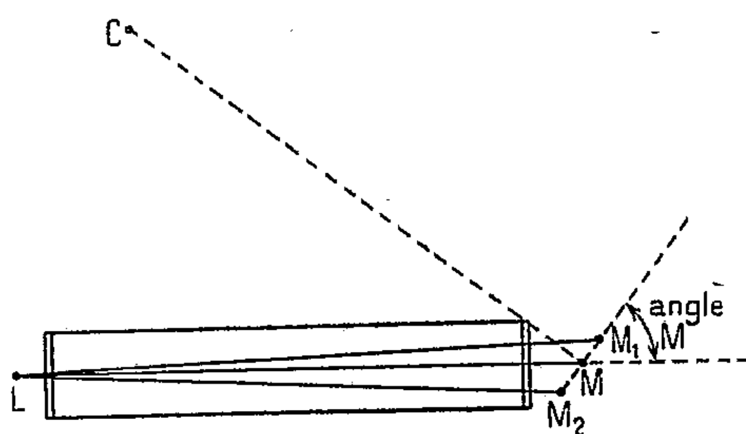
(*) Séance du 28 janvier 1952.

(¹) A. Metz et F. Prunier, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 185.

(²) A. Metz, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 597.

directions des faisceaux lumineux, de sorte que sur chaque côté rectiligne du circuit *le parcours de la lumière dans l'eau était constant, par rapport au système de référence du laboratoire*, que le disque soit immobile ou en rotation.

Considérons, dans ce système de référence, un tel parcours rectiligne LM de longueur l, effectué par le premier faisceau (*fig.* 1). Si le disque tourne, pendant le temps que la lumière met à parcourir la distance l [temps égal à $l(n/c)$ si l'on considère le parcours dans l'air comme négligeable au total] le point M vient en M_1 tel que $MM_1 = \omega r l(n/c)$ r étant la mesure de CM.



Le parcours est donc allongé, par la rotation, de

$$LM_1 = LM = MM_1 \cos M_1 = l\omega r \cos M_1 \frac{n}{c}.$$

Cet allongement a lieu entièrement dans l'air.

Si l'on prend les mesures *sur le disque*, c'est le parcours total LM qui reste constant. On doit donc dire que le parcours dans l'eau est *réduit* par la rotation (³) dans la proportion de 1 à $1 - \omega r \cos \widehat{M}(n/c)$ et remplacé par un parcours dans l'air qui, au premier ordre, est égal à $l\omega r \cos M(n/c)$.

Le temps (relativiste) mis par la lumière pour accomplir le parcours LM n'est donc plus $\int dl(n'_1/c)$(²) mais $\int dl[1 - \omega r \cos M(n/c)]n'_1/c + (l/c)\omega r \cos M(n/c)$, la sommation étant effectuée sur le parcours LM, et la vitesse de la lumière en chaque point du parcours étant c/n'_1 (l'*indice* n'_1 est variable en chaque point).

Le second faisceau exécute le même parcours en sens inverse, c'est-à-dire le parcours ML lorsque le disque ne tourne pas. Soit M_2 le point d'où doit partir la lumière lorsque le disque tourne, pour aboutir au même point L, la figure étant faite dans le système laboratoire (*fig.* 1). En vertu d'un raisonnement analogue au précédent, on voit qu'il y a, lorsqu'on passe aux éléments mesurés sur le disque, augmentation relative du parcours dans l'eau (³), et le

(³) Bien que nous ayons considéré les parcours dans l'air comme négligeables, au total, vis-à-vis des parcours dans l'eau, nous avons été conduit à tenir compte des *variations* de

temps mis pour accomplir le parcours ML est alors

$$\int dl\left(1+\omega r\cos M\frac{n}{c}\right)\frac{n'_2}{c}-\frac{l}{c}\omega r\cos M\frac{n}{c}.$$

La différence est donc

$$\int dl\frac{n'_1-n'_2}{c}-\int dl\,\omega r\cos M\frac{n}{c}\,\frac{n'_1+n'_2}{c}+\frac{2ln}{c^2}\omega r\cos M,$$

la sommation étant toujours effectuée sur le parcours LM.

Or on a, d'après un calcul fait dans une Note antérieure [2], au premier ordre en $\omega r/c$

$$\int dl\frac{n'_1-n'_2}{c}=4\omega\,\text{aire CLM}\,\frac{n^2-1}{c^2}$$

et, avec la même approximation

$$\frac{n'_1+n'_2}{c}=\frac{2nc}{c^2-\ldots}=\frac{2n}{c}.$$

La deuxième intégrale devient donc $2\omega lr\cos M(n^2/c^2)$ ou 4ω aire CML (n^2/c^2). La différence des temps sur le parcours LM s'écrit donc

$$4\omega\,\text{aire CLM}\,\frac{n^2-1}{c^2}-4\omega\,\text{aire CLM}\,\frac{n^2}{c^2}+4\omega\,\text{aire CLM}\,\frac{n}{c^2}=4\omega\,\text{aire CLM}\,\frac{n-1}{c^2}.$$

Pour l'ensemble du circuit, la différence des temps est

$$T_1-T_2=4\omega\mathcal{A}\frac{n-1}{c^2}.$$

Pour avoir le retard des ondes d'un des faisceaux sur l'autre, il faut ajouter le décalage des temps relativistes sur le circuit [2] $D=(4\omega\mathcal{A}/c^2)$. Le retard est donc

$$R=D+T_1-T_2=\frac{4\omega\mathcal{A}n}{c^2},$$

valeur égale à celle qui a été trouvée par une méthode plus simple [1] et qui a été vérifiée par l'expérience [4].

---

ces parcours, dues à la rotation du disque, variations dont les conséquences se trouvent être de l'ordre de grandeur des effets observés.

Si l'on ne néglige pas les parcours lumineux dans l'air, on trouve, par les mêmes raisonnements, que le retard des ondes est $4\omega\mathcal{A}_e(n/c^2)+(4\omega\mathcal{A}_a/c^2)$, en désignant par $\mathcal{A}_e$ l'aire balayée par le rayon CM du disque et correspondant à des parcours dans l'eau, et $\mathcal{A}_a$ l'aire correspondant à des parcours dans l'air.

(4) F. Prunier, *Archives des Sc. phys. et nat.*, (5), **28**, fasc. 4 et 5, Genève, 1946, p. 72.

ACOUSTIQUE. — *Sur la vitesse du son dans le pentane et l'isopentane dans la région critique.* Note de M. **Roger Kling**, M[lle] **Esther Nicolini** et M. **Jean Tissot**, présentée par M. Maurice Roy.

On a étudié les variations de la vitesse du son dans un certain nombre d'hydrocarbures en fonction de la température et de la pression par la méthode des spectres de diffraction ultrasonore.

Pour le pentane et l'isopentane, la région critique a été atteinte et les résultats donnés par Herget pour le gaz carbonique ont été confirmés.

En vue de l'étude de certains phénomènes se produisant dans les dispositifs d'injection de combustible dans les moteurs, nous avons été conduits à mesurer la vitesse du son dans plusieurs hydrocarbures dans des intervalles étendus de température et de pression.

Dans les hydrocarbures étudiés : pentane, isopentane, hexane, heptane. nonane, benzène, butylbenzène, cyclohexane, méthylcyclohexane et divers carburants dérivés du pétrole, à l'état liquide, la vitesse du son croît à peu près linéairement avec la pression le long d'une isotherme, sauf au voisinage de la courbe de saturation.

Dans le cas du pentane et de l'isopentane, il a été possible d'atteindre la région critique, région déjà étudiée pour d'autres corps, le gaz carbonique en particulier, par divers auteurs (1), (2), (3), (4), (5).

La méthode que nous avons utilisée est celle des spectres de diffraction ultrasonore de Lucas et Biquard (6).

L'émetteur était un quartz excité sur sa fréquence propre voisine de 3 Mc : s.

Un thermostat maintenait la température constante à 0°,1 près. Les pressions étaient lues à 0,2 kg : cm^2 près sur des manomètres fréquemment étalonnés.

La vitesse du son peut être considérée comme connue à $\pm$ 0,3 % aux températures peu élevées et à $\pm$ 2 % dans la région critique.

Les produits utilisés contenaient moins de 1 % d'impuretés (qualité « pure grade » de la Philips Petroleum Company).

Par suite des phénomènes caractéristiques de la région critique, les mesures n'ont pas été possibles au voisinage immédiat du point critique.

---

(1) Herget, *J. Chem. Phys.*, 8, 1940, p. 537-542.
(2) Noury, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 516.
(3) Noury, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 303.
(4) Anderson, *Bull. Amer. Phys. Soc.*, 25, n° 6, 1950, p. 15.
(5) Nozdrev, *Dokl. Akad. Nauk. S.S.S.R.*, 63, n° 3, 1948, p. 251.
(6) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2132.

Herget ([1]) a mis en évidence l'existence sur les isothermes d'un minimum de la vitesse du son en fonction de la pression.

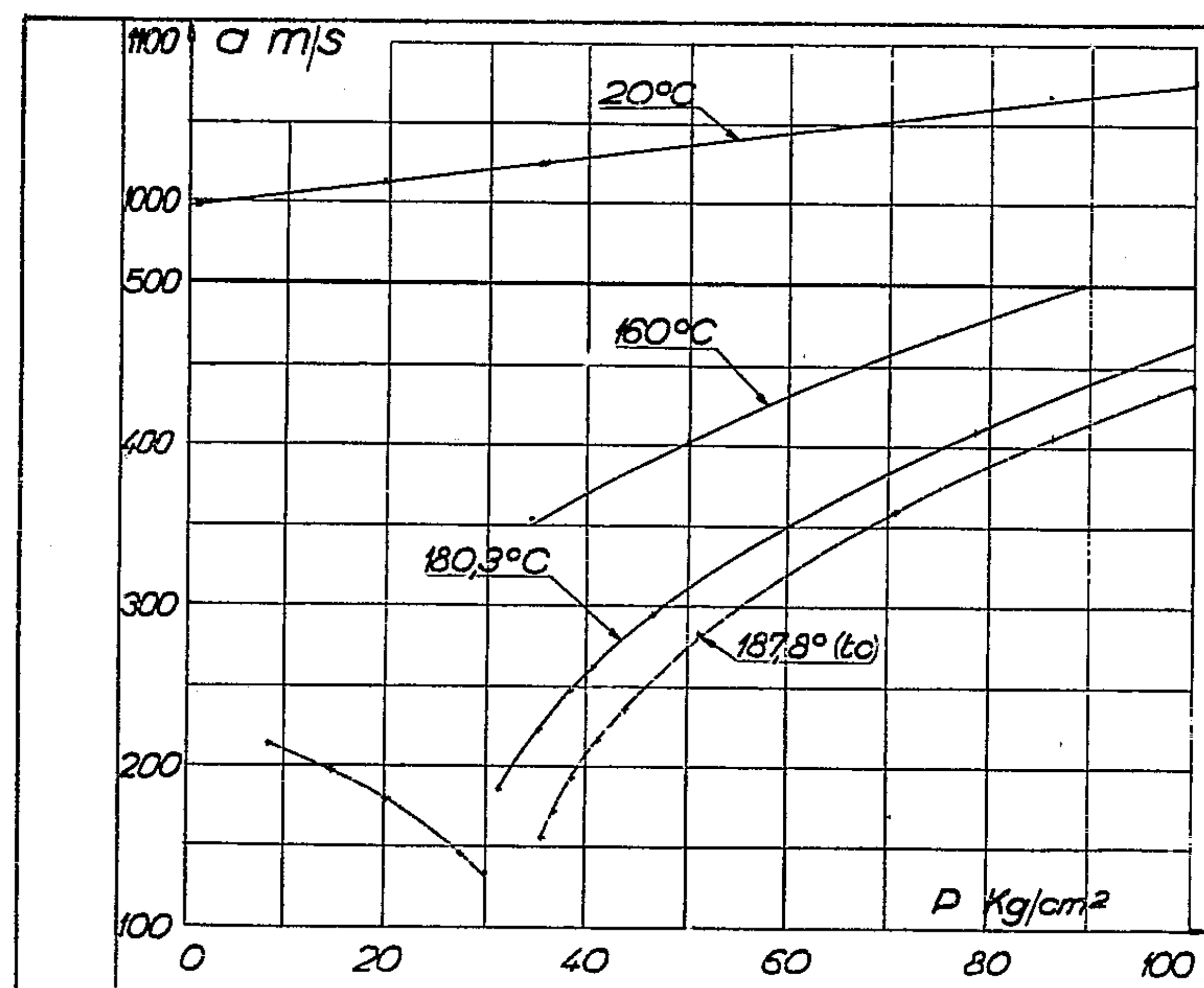


Fig. 1. — Vitesse du son dans l'isopentane.

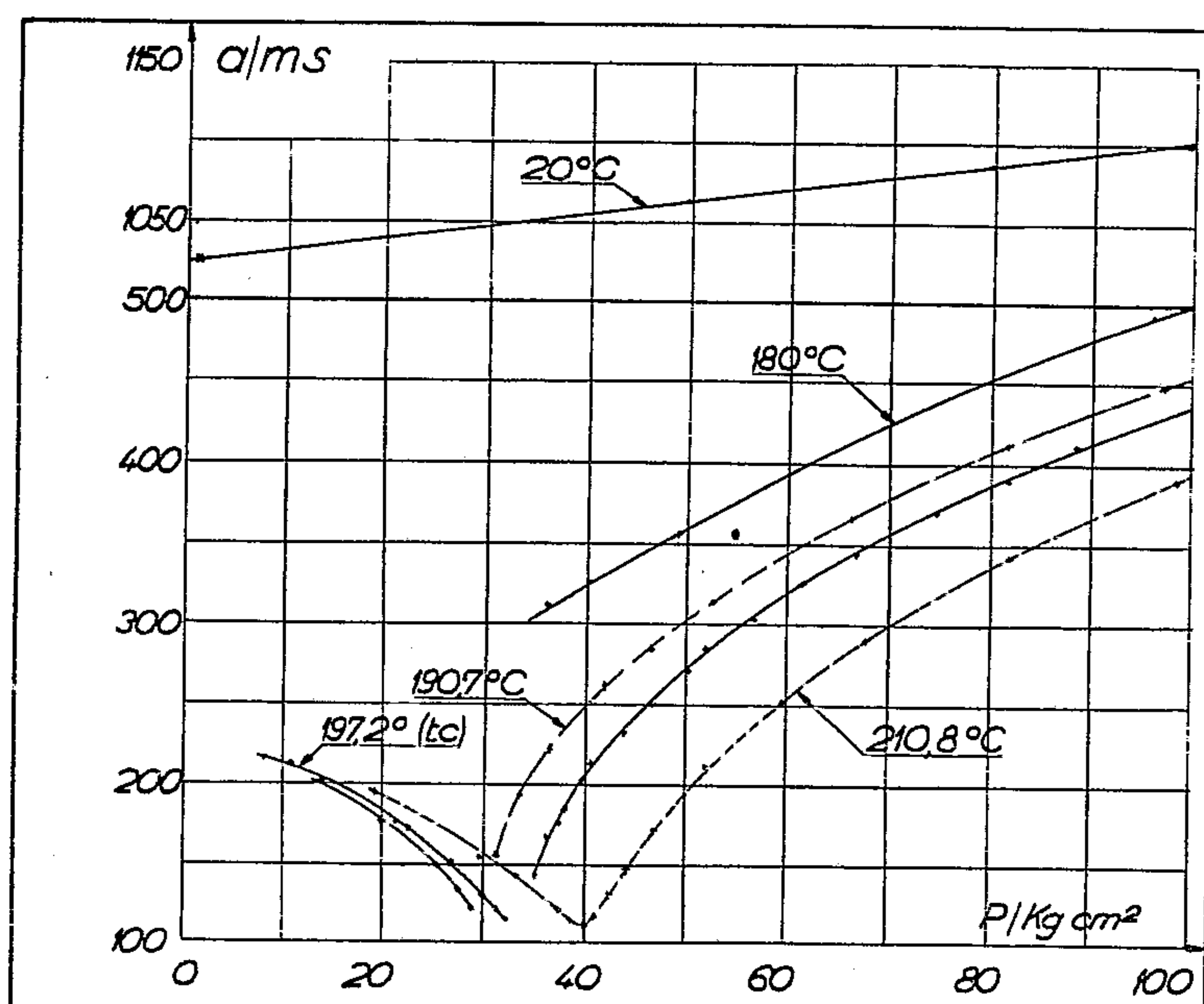


Fig. 2. — Vitesse du son dans le pentane.

C'est pour la température critique que ce minimum a la valeur la plus faible et il correspond alors à la pression critique.

Pour une température inférieure à la température critique, le minimum est décalé vers les basses pressions et il correspond à la pression de vapeur saturante du liquide.

Pour une température supérieure à la température critique, le minimum est décalé vers les hautes pressions et ses coordonnées (p, t) doivent correspondre, d'après Eucken (7), à des points de la courbe de tension de vapeur prolongée au delà du point critique.

Les résultats que nous avons obtenus confirment les observations précédentes. En particulier, dans le cas du pentane, la pression du minimum de l'isotherme $t = 210{,}8^\circ$ (40 kg : cm²) correspond sensiblement à celle que l'on déduit de la courbe de tension de vapeur prolongée (41 kg : cm²).

ÉLECTRONIQUE. — *Effet du bruit de fond sur l'amplitude des oscillateurs entretenus*. Note de M. **Augustin Blaquière**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous conservons les notations de la Note précédente (1).

1. *Approximation du premier ordre*. — Le bruit sera encore représenté par une succession de chocs. Si l'oscillation est sensiblement sinusoïdale au moment où agit un choc élémentaire, ce dernier entraîne, à l'instant t_j où il se produit, un petit déphasage et une petite variation de l'amplitude du signal. On peut remplacer ce choc élémentaire par un ensemble de deux chocs composants dont l'effet est équivalent. L'un appliqué à l'instant t_{j_1} (le plus voisin de t_j) pour lequel l'élongation du signal est maximum, l'autre à l'instant t_{j_2} (le plus voisin de t_j) pour lequel l'élongation est nulle. Le premier produit, au premier ordre, une variation de phase du signal sans modification de son amplitude, le deuxième une variation d'amplitude sans modification de phase.

Désignons par $E(t, t_j) = E\delta(t - t_j)$ la fonction impulsion caractérisant le choc naturel au temps t_j; l'échelon correspondant $\int_0^\infty E(t, t_j)\,dt$ sera noté q. On montre aisément que les deux chocs composants envisagés précédemment [représentés par $E_1(t, t_{j_1})$ et $E_2(t, t_{j_2})$] doivent avoir pour échelons $q_1 = q\sin\omega_0 t_j$ et $q_2 = q\cos\omega_0 t_j$. Dans ces conditions, les variations d'amplitude et de phase produites séparément par les deux composants sont identiques aux variations produites par le choc naturel considéré. Cette méthode, valable au premier ordre et utilisée dans la Note précédente, est insuffisante ici. Pour calculer la puissance de bruit et déterminer son spectre, nous devrons étendre le calcul au deuxième ordre en le basant sur les remarques suivantes.

(7) *Phys. Z.*, 35, 1934, p. 708.

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 419.

2. *Approximation du second ordre.* — Nous avions remplacé $E(t, t_j)$ par la somme $E_1(t, t_j) + E_2(t, t_j)$ puis, assimilé cette dernière à $E_1(t, t_{j_1}) + E_2(t, t_{j_2})$; cette approximation ne semble d'abord plus légitime, mais un examen attentif montre au contraire qu'elle est encore valable au deuxième ordre. Nous passerons ici cette preuve un peu longue qui sera donnée dans le mémoire détaillé. De plus, l'équation qui exprime l'effet du bruit sur le système n'est pas linéaire et nous devons inclure les termes du second ordre. On est ainsi conduit à remplacer les équations en V_1 et V_2 de la Note précédente par

$$V_1'' + 4\varepsilon\omega_0 V_1' + \omega_0^2 V_1 = \omega_0^2 E_2(t, t_{j_2}) - \left(\varepsilon\omega_0^4\sqrt{\beta}\, q_1^2 + 3\varepsilon\omega_0^4\sqrt{\beta}\, q_2^2\, e^{-2\lambda(t-t_j)}\right)\cos\omega_0 t,$$
$$V_2'' + \omega_0^2 V_2 = \omega_0^2 E_1(t, t_{j_1}) + 2\varepsilon\omega_0^4\sqrt{\beta}\, q_1 q_2\, e^{-\lambda(t-t_j)}\sin\omega_0 t$$

ω_0^2, $2\varepsilon\omega_0$ et β sont les expressions classiques

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}; \qquad 2\varepsilon\omega_0 = \lambda = -\frac{MS + rC}{LC}; \qquad \beta = \frac{3Mb\omega_0}{2\varepsilon}.$$

Nous poserons pour simplifier l'écriture $\alpha_1 = q_2\omega_0 e^{-\lambda(t-t_j)}$, $\alpha_2 = q_1\omega_0$. Les intégrales peuvent encore s'exprimer en termes sinusoïdaux modulés par des fonctions exponentielles du temps, et l'on peut parvenir à calculer la fonction de corrélation du bruit qui prend la forme :

$$\overline{V(t)\,V(t+\tau)} = \frac{1}{2}A_0^2\cos\omega_0\tau + \frac{1}{2}\overline{\sum_j \alpha_1(t)\,\alpha_1(t+\tau)}\cos\omega_0\tau$$
$$- \frac{3}{2}\overline{\sum_j \alpha_1^2(t_j)\, e^{2\lambda t_j}}\cos\omega_0\tau + \frac{1}{2}\overline{\sum_j \alpha_2^2(t_j)\, e^{\lambda t_j}}\cos\omega_0\tau.$$

Le premier terme correspond à la raie monochromatique du signal, le deuxième à un spectre continu aisément déterminé, les deux derniers à un composant périodique de bruit.

Dans le cas d'un circuit amorti passif, la même méthode conduit à une décomposition du bruit en deux spectres continus qui se superposent à la raie du signal; l'un est dû au terme que nous avons appelé V_1 en phase avec le signal, l'autre au terme V_2 en quadrature. La non-linéarité conduit donc à l'amincissement de l'un de ces deux spectres en un composant périodique.

En sommant sur les t_j, on peut montrer qu'il y a équipartition de la puissance de bruit entre le composant périodique et le spectre continu. Cette équipartition permet alors de ramener l'étude à celle de l'équation du premier ordre

$$(1) \qquad LCV'' - 2(MS + rC)V' + V = E_2(t, t_{j_2}),$$

qui donne le spectre continu. Un point de comparaison intéressant est le circuit passif qui reste si l'on supprime la lampe d'entretien. Attaqué par le bruit $E_1(t, t_j) + E_2(t, t_j)$ [qui peut être remplacé ici par $E_1(t, t_{j_1}) + E_2(t, t_{j_2})$], le spectre qu'il produit est obtenu en superposant les spectres dus à chacun

de ces deux termes (spectres entre lesquels la puissance de bruit est également répartie). Pour comparer les puissances de bruit de l'oscillateur entretenu et du circuit passif, il suffit de comparer les surfaces des spectres obtenus à partir de l'équation (1) et de

$$LCV'' + rCV' + V = E_2(t, t_{j2}). \qquad (2)$$

3° *Résultats*. — On trouve les expressions suivantes (où l'on désigne par puissance réduite d'un terme de Fourier du développement de V_1 le demi-carré de son amplitude) :

Puissance réduite du spectre (1) : $kTr/-4(MS + rC)$.

Rapport «signal/spectre continu» du circuit entretenu : $16(MS + rC)^2/3M\,bkTr$.

Ordonné maxima de ce spectre : $kTr/4\pi\omega_0^2(MS + rC)^2$.

Pour une lampe 6AK5, avec $S = 2.10^{-3}$ A/V; $b = -0,8.10^{-3}$; le C. O. étant un quartz de constantes : $Q = 50\,000$; $f = 4\,980$ kc; $r = 4,6\,\Omega$, pour une amplitude stabilisée de 1 V, on trouve :

$$rC = 6,4.10^{-13}, \qquad -(MS + rC) = 2,6.10^{-13}.$$

On voit que les coefficients des équations (1) et (2) sont très voisins, les spectres correspondants sont presque identiques. Les valeurs « Bruit (spectre continu)/signal » du circuit entretenu et « Bruit dû à E_2/signal » du circuit passif sont respectivement

$$1,7.10^{-8} \quad \text{et} \quad 1,4.10^{-8} \qquad (\text{à } 20^\circ\text{C}).$$

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur la théorie classique du point chargé.* Note de M. **Bernard Jouvet**, présentée par M. Louis de Broglie.

Etude et représentation géométrique des invariances relativistes et électromagnétiques de la théorie classique du point chargé.

1. Nous plaçant dans le cadre de la théorie de l'électromagnétisme de Maxwell-Lorentz dans laquelle la charge est représentée par un point chargé, nous allons dégager deux significations essentielles de la constante qui mesure la charge. Il est bien connu qu'à côté des équations de Maxwell,

$$(M) \qquad \partial_i B^{ik} = J^k, \quad \partial_i B^{*ik} = 0 \quad (B^{*ik} = \text{dual de } B^{ik}),$$

qui déterminent le champ B_{ik}, lorsque le courant de charge $J^k = qY^k$ est donné dans l'univers, et lorsqu'on a fixé les conditions initiales et aux limites du problème particulier, il faut adjoindre séparément les équations de Lorentz,

$$(L) \qquad f^k = B^{kl} J_l,$$

qui déterminent la dynamique du point chargé en présence d'un champ externe quelconque.

Pour mesurer une charge inconnue, nous pouvons la comparer à une charge donnée prise pour étalon, et cela de deux façons différentes.

a. Une première méthode consiste à mesurer le rapport des amplitudes des champs créés par la charge P inconnue et par la charge étalon, placées successivement dans les mêmes conditions de mouvement dans l'espace.

D'après (M), le champ $B^{P}_{ik}(X)$ créé par le point P a une « forme », $b_{ik}(X, Y_P)$, qui ne dépend que du mouvement du point P, tandis que son amplitude σ_P est caractéristique de la charge qui le crée

$$B_P^{ik}(X) = \sigma_P \, b_{ik}(X, Y_P).$$

La constante σ mérite le nom de « *charge-source* ». La mesure des rapports des champs se fait par l'intermédiaire de la force (L) exercée sur une charge quelconque Q au repos; mais la valeur de la charge Q n'intervient pas dans le rapport σ_P/σ_0.

b. L'autre méthode consiste à se donner un champ quelconque constant, et à y placer successivement au même point d'espace la charge P et la charge étalon : la force exercée sera *d'après* (*L*), proportionnelle au champ en ce point, et à une constante caractéristique de la charge, soit ρ_P, la « *charge-d'épreuve* ». Cette expérience donne le rapport ρ_P/ρ_0.

c. L'égalité de l'action et de la réaction, dans le cas où les charges P et étalon s'influencent au repos, détermine l'égalité des rapports σ_P/σ_0 et ρ_P/ρ_0. Donc le rapport ρ_P/σ_P est le même pour tous les points chargés. Un choix convenable des unités de mesure des champs rend ce rapport égal à un. La charge-d'épreuve, (dynamique), est alors égale à la charge-source, (électromagnétique).

2. Il est important maintenant de remarquer que la théorie classique de la charge ponctuelle présente, parallèlement, deux formes d'invariance.

a. La première, dynamique, est l'invariance relativiste de la charge en mouvement; elle résulte mathématiquement de l'antisymétrie des champs B_{ik}.

b. L'autre invariance, électromagnétique, traduit le fait suivant : le champ créé, au cours de son mouvement, par un point chargé, ne dépend pas de la présence d'un champ externe; en d'autres termes, que l'on réalise le mouvement par des liaisons mécaniques, des forces gravifiques, ou par l'action de champs externes, la charge mesurée par l'intermédiaire du champ créé sera la même. Cela découle mathématiquement du fait que les équations (M) ne sont définies qu'à un champ externe près (solution des équations homogènes), puisque ces équations sont linéaires.

Exprimons les champs B_{ik} en fonction des potentiels $A^i(X^j)$, par $B_{ik} = \partial_i A_k - \partial_k A_i$ avec la condition $\partial_i A^i = 0$. La transformation (K) : $\bar{A}^i(X) = A^i(X) + K^i(X)$ où $K^i(X)$ satisfait à $\square^2 K^i = 0$ et $\partial_i K^i = 0$, laisse invariantes les équations (M) qui définissent la charge-source. Dans le vide, cette transformation exprime le principe de superposition. Dans un petit

domaine entourant le point d'univers X, et pour une fonction $K^i(X)$ n'ayant ni pôle ni singularité, la transformation (K) se réduit, après élimination des termes produisant un changement de jauge, au changement : $\overline{A}^k(X) = A^k(X) + T^k_{0i} X^i$, $T^{ik}_0 = -T^{ki}_0$ qui s'interprète comme l'addition d'un champ constant et uniforme $B^0_{ik} = {}^1/_2 . T^0_{ik}$.

3. Définissons maintenant un espace affine à huit dimensions par sa base : $\left[\vec{\xi}_i (i = 1, 2, 3, 4) \text{ et } \vec{\alpha}_j (j = 1, 2, 3, 4)\right]$. Un point P de cet espace est repéré par ses coordonnées (X^i, A^j) telles que : $\overrightarrow{OP} = X^i \vec{\xi}_i + A^j \vec{\alpha}_j$.

Donnons-nous une surface S à quatre dimensions $[A^j(X)]$ telle qu'à chaque point X corresponde une seule valeur des A^j ; il est clair que si l'on attribue une métrique à chacun des sous-espaces (X) et (A), telle que : $\vec{\xi}_i . \vec{\xi}_j = \vec{\alpha}_i . \vec{\alpha}_j = g_{ij}$, $[g_{11} = g_{22} = g_{33} = -g_{44} = 1;\ g_{ik} = 0\,(i \neq k)]$, la surface S fournit une représentation géométrique d'un système électromagnétique, défini par ses potentiels.

Les transformations de Lorentz se traduisent par une rotation simultanée des deux sous-espaces (X) et (A).

Les transformations (K) se représentent en général par un passage à des axes de coordonnées curvilignes. Nous limitant aux transformations où $K^j(X)$ est linéaire en X^i, on peut représenter l'addition d'un champ externe uniforme et constant, au système électromagnétique donné par S, en faisant le changement de repère :

$$\text{(C)} \qquad \vec{\overline{\xi}}_i = \vec{\xi}_i - T^k_i \vec{\alpha}_k, \qquad \vec{\overline{\alpha}}_k = \vec{\alpha}_k$$

et en définissant le champ résultant par

$$\overline{B}_{ik} = \frac{d\overline{A}_k}{d\overline{X}^i} - \frac{d\overline{A}_i}{d\overline{X}^k}$$

où d/dX désigne les dérivées totales.

D'après les considérations précédentes, nous pouvons conclure que tous les repères se déduisant les uns des autres par des transformations du type (C), sont équivalents pour représenter la théorie électromagnétique classique de la charge ponctuelle.

EFFET RAMAN. — *Spectre de vibrations internes de l'acide oxalique cristallisé.* Note de M. **Roger Marignan** et M[lle] **Lucette Bardet**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. L'acide oxalique dihydraté cristallise dans le système monoclinique (groupe spatial C^2_{5h}); la maille renferme deux molécules.

Nous avons étudié l'effet Raman d'un monocristal dans les six cas d'orienta-

tion possibles prévus théoriquement pour un cristal biaxe ([1]), la lumière incidente étant naturelle; une étude analogue complémentaire a été menée en lumière incidente polarisée. Les spectres extrêmement nets ont permis de bonnes mesures photométriques. Les résultats [fréquences, intensités relatives ([2]), facteurs de dépolarisation] sont donnés dans le tableau suivant :

Fréquences (cm^{-1}).	Intensités relatives.	Facteurs de dépolarisation. Cas 1.	Cas 2.	Cas 3.	Cas 4.	Cas 5.	Cas 6.	Types.	Ens.
51	2	0	0	2,8	0,6	–	–	A_g	–
83	2,5	∞	∞	∼0	∞	∼0	∞	B_g	–
116	2	∞	∞	–	–	–	–	B_g	–
123	3	0	0	–	–	–	–	A_g	–
151	0,25	∞	∞	∞	0	∞	0	B_g	–
161	0	0	Inv.	0	Inv.	Inv.	Inv.	A_g	–
176	0,8	0	0	< 1	∞	∞	∞	A_g	–
270	0,25	–	0	–	0	–	–	A_g	–
422	0,25	∞	∞	–	–	–	–	B_g	E_2
482	1,1	0	0,1	0,5	1,5	∞	∞	A_g	
573	–	–	–	–	–	–	–	–	–
737	0,2	0	∼0	–	–	–	–	A_g	–
791	0,5	0	∼0	–	–	–	–	A_g	–
850	0,25	–	∞	–	–	–	–	B_g	E_4
857	2,5	∼0	0	∼0	0	0,3	∼0	A_g	
1355	0,25	∞	∞	∼∞	0	∞	–	B_g	E_7
1365	0,3	–	0	0	∞	0	–	A_g	
1487	0,3	∞	∞	–	–	–	–	B_g	E_5
1493	0,8	0	0	3	∞	2,3	3,6	A_g	
1620	–	–	0	–	–	–	–	A_g	E_8
1628	–	–	∞	–	–	–	–	B_g	
1739	1	∞	∞	∞	0	∞	0	B_g	E_6
1749	–	–	0	–	–	–	–	A_g	

2. Toutes les raies de 270 à 1749 cm^{-1} peuvent s'interpréter comme étant dues à des vibrations internes du groupement oxalique.

Nous avons montré précédemment ([3]) que l'on pouvait admettre avec beaucoup de vraisemblance, pour ce groupement libre, la symétrie C_{2h}; sur les 12 vibrations prévues, 6 sont actives en Raman : 5 de types A_g et 1 de type B_g. Nous avons pu effectivement mettre en évidence dans le spectre Raman de la solution d'acide oxalique, 5 raies de type A_g; quant à la vibration B_g, non décelée, elle serait peut-être à rechercher vers 270 cm^{-1}.

De plus, si l'on peut admettre qu'à l'état libre la molécule oxalique a la

([1]) J.-P. Mathieu, *Spectres de vibrations et symétrie*, Hermann, Paris, 1945, p. 396.

([2]) Pour ne pas surcharger le tableau, les intensités relatives n'ont été données que pour le cas 2 d'étude.

([3]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1022.

symétrie C_{2h}, il est impossible qu'elle conserve cette symétrie dans le cristal; en toute rigueur, elle n'est plus plane et acquiert la symétrie C_i. Nous avons mis en évidence et étudié les ensembles de fréquences du cristal correspondant aux diverses fréquences fondamentales de la molécule libre. La mesure des facteurs de dépolarisation des raies constituant ces ensembles nous a permis de préciser leur type de symétrie. Enfin, nous avons déterminé avec la plus grande précision possible, les intensités relatives de ces fréquences afin de pouvoir attribuer à chacune d'elles un tenseur d'intensité. Soulignons que la vibration de fréquence 1761 cm^{-1} de type A_g dans la solution donne naissance dans le cristal, à un ensemble constitué par une raie très forte de type B_g à 1739 cm^{-1} et une raie de type A_g plus diffuse et beaucoup moins intense.

Pouvant alors affirmer qu'il existait des doubles liaisons $C=O$ dans le cristal, nos résultats permettent de rejeter la structure proposée par Zachariasen (4) qui avait trouvé, par les rayons X, les quatre oxygènes équivalents. Par contre, ils appuient les résultats de Robertson et Woodward (5) et de Brill (6) au moyen des rayons X également, en ce qui concerne la forme « trans ». Cependant ces derniers auteurs, d'accord sur la dissymétrie des atomes d'oxygène, ne sont pas du même avis quant à leur position respective dans la maille. Aussi, nous préciserons ultérieurement la position de la double liaison $C=O$ dans la maille cristalline. Signalons, enfin, que nos résultats expérimentaux sont en accord avec une perte de symétrie de la molécule oxalique dans le cristal qui tend à prendre une forme « en chaise » de symétrie C_i.

Nous verrons, enfin, prochainement, l'interprétation que l'on peut faire du spectre des basses fréquences de ce même cristal.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Définition en théorie des orbitales moléculaires de polarisabilités monoélectroniques additives.* Note de M. **Jean Guy** et Mlle **Monique Harrand**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans le cadre de l'approximation du champ self-consistent, la fonction propre d'espace ψ_0 représentative de l'état fondamental d'une molécule à n électrons se présente sous la forme d'un produit de n orbitales monoélectroniques φ_{k0} :

$$\psi_0(1, 2, \ldots, n) = \varphi_{10}(1)\varphi_{20}(2)\ldots\varphi_{n0}(n) \qquad (1)$$

(les nombres 1, 2, ..., n symbolisent les $3n$ coordonnées des électrons).

Si ψ et φ_k sont la fonction propre d'espace et la $k^{\text{ième}}$ orbitale en présence du

(4) *Z. Kristal*, 89, 1934, p. 442.
(5) *J. Chem. Soc.*, 2, 1936, p. 1817.
(6) *Ann. Physik*, 42, 1942-1943, p. 357-377.

champ électrique uniforme $\vec{F}$, on a de même

$$\psi(1, 2, \ldots, n; \vec{F}) = \varphi_1(1; \vec{F})\,\varphi_2(2; \vec{F}) \ldots \varphi_n(n; \vec{F}). \tag{2}$$

En définissant les fonctions f_{ku} par

$$f_{ku} = \frac{1}{\varphi_{k0}}\left(\frac{\partial \varphi_k}{\partial F_u}\right)_{F_u=0} \qquad \left(u = \begin{cases} x \\ y \\ z \end{cases}\right), \tag{3}$$

on obtient la relation linéaire, valable au 1er ordre près en $\vec{F}$

$$f_u(1, 2, \ldots, n) = \frac{1}{\psi_0}\left(\frac{\partial \psi}{\partial F_u}\right)_{F_u=0} = \sum_k f_{ku}(k), \tag{4}$$

qui permet de séparer l'équation aux dérivées partielles servant à déterminer f_u (¹) en un système de n équations monoélectroniques

$$2\,u_k \varphi_{k0} + \varphi_{k0}\,\Delta f_{ku} + 2\,\overrightarrow{\text{grad}}\, f_{ku} . \overrightarrow{\text{grad}}\, \varphi_{k0} = 0. \tag{5}$$

A partir de (5), on peut définir un tenseur partiel des polarisabilités (α_k) pour chaque orbitale k, de composantes

$$a_{kuv} = \int \left[2\,u_k f_{kv} + 2\,v_k f_{ku} - \overrightarrow{\text{grad}}\, f_{ku} . \overrightarrow{\text{grad}}\, f_{kv}\right] \varphi_{k0}^2 \, d\tau_k. \tag{6}$$

(L'origine des x_k, y_k, z_k doit être prise au centre de gravité électronique de la $k^{\text{ième}}$ orbitale.)

En portant les valeurs (4) des fonctions f_u dans les relations (¹) donnant les composantes a_{uv} du tenseur total (α) des polarisabilités, on obtient

$$a_{uv} = \sum_k a_{kuv}. \tag{7}$$

Pour les électrons σ, Coulson (²) a montré l'équivalence pratique, à un faible facteur de délocalisation près, entre les orbitales complètement délocalisées respectant séparément la symétrie de la molécule et les orbitales usuelles localisées caractéristiques des liaisons. Les calculs précédents restent valables lorsque ψ_0 est pris égal au produit des orbitales localisées. D'autre part, comme les polarisabilités moyennes, totale $a = 1/3 \sum_u a_{uu}$ et partielles $a_k = 1/3 \sum_u a_{kuu}$ sont des invariants tensoriels, il résulte de (7) que la polarisabilité moyenne d'une molécule ne comportant que des simples liaisons est égale à la somme des polarisabilités moyennes des liaisons et des électrons des couches atomiques internes. Ceci démontre, en mécanique quantique, l'additivité approchée des incréments de réfractivité moléculaire, valable seulement pour les molécules à électrons σ, par suite de la petitesse des facteurs de délocalisation.

(¹) J. Guy et M. Harrand, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 613.

(²) *Colloques internationaux du C. N. R. S.*, **18**, p. 12, C. N. R. S., Paris.

Les anisotropies moléculaire b et monoélectronique partielle b_k relative à la $k^{\text{ième}}$ orbitale sont définies par

(8) $$b^2 = \frac{1}{2}\sum_u \sum_v [3(a_{uv})^2 - a_{uu}a_{vv}]$$

et

(9) $$b_k^2 = \frac{1}{2}\sum_u \sum_v [3(a_{kuv})^2 - a_{kuu}a_{kvv}].$$

Dans le cas le plus général, b ne peut se calculer à partir des b_k et de la géométrie de la molécule. Cependant, si la molécule ne comporte que des liaisons σ, en utilisant la relation (7) appliquée aux orbitales localisées, on obtient

(10) $$b^2 = \frac{1}{2}\sum_u \sum_v \left[3\left(\sum_k a_{kuv}\right)^2 - \sum_k \sum_l a_{kuu}a_{lvv}\right] = \sum_k \sum_l \mathrm{I}_{kl},$$

avec

(11) $$\mathrm{I}_{kl} = \frac{1}{2}\sum_u \sum_v (3a_{kuv}a_{luv} - a_{kuu}a_{lvv}).$$

Pour calculer chaque terme I_{kl}, on choisit un trièdre de référence lié aux orbitales k et l, par exemple $\mathrm{O}x$ suivant la liaison σ correspondant à l'orbitale k, $\mathrm{O}y$ dans le plan parallèle aux deux liaisons (k et l) dont l'angle est θ_{kl}. Il en résulte

(12) $$\mathrm{I}_{kl} = \frac{1}{2} b_k b_l (2 - 3\sin^2\theta_{kl}),$$

d'où

(13) $$b^2 = \frac{1}{2}\sum_k \sum_l b_k b_l (2 - 3\sin^2\theta_{kl}).$$

La relation (13) permet le calcul de l'anisotropie de la molécule à partir des anisotropies des orbitales et de la géométrie de la molécule (angles θ_{kl}). On vérifie de plus facilement que (13) reste valable si les anisotropies b_k des orbitales sont remplacées par les anisotropies des liaisons.

ÉLECTROLUMINESCENCE. — *Énergie rayonnée dans différents domaines de longueurs d'onde par les décharges condensées dans le xénon.* Note de M. **Roger Legros**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les décharges condensées dans les gaz rares, en particulier dans le xénon, ont été d'abord étudiées par M. Laporte à partir de 1935 [1], et ensuite par différents auteurs étrangers, en particulier Edgerton, Murphy, Carlson, etc.

---

[1] Principales publications : *J. Phys.*, 1938; *Comptes rendus*, 1939, Laporte, Legros et Roux, *Comptes rendus*, 1948 et Laporte, *Les tubes à éclairs*, 1 vol., Gauthier-Villars, Paris, 1949.

Nous nous sommes proposé de préciser les variations de l'énergie rayonnée dans différents domaines de longueur d'onde par les décharges condensées dans le xénon. Le tube, en pyrex, est circulaire (diamètre moyen : 100 mm), sa longueur est de 330 mm, son diamètre intérieur de 4 mm. Il est situé à 50 cm d'une thermopile de Moll, type E2, connectée à un galvanomètre Zernicke Zc. Les mesures ont été faites sous différentes pressions (de 10 à 200 mm Hg), différentes capacités (23 à 90 μF) et différentes tensions (0,6 à 2 kV). Nous avons mesuré, en valeur relative, les énergies rayonnées dans les domaines de longueur d'onde suivants : *a*. rayonnement global, R_g(0,32 à 2,6 μ); *b*. ultraviolet R_{uv}(0,32 à 0,42 μ); *c*. visible (0,42 à 0,68 μ); *d*. infrarouge photographique R_p(0,68 à 0,82 μ) et *e*. infrarouge R_{ir}(0,82 à 2,6 μ). Nous avons ensuite calculé les rapports ρ_{uv}, ρ_v, etc., des énergies des rayonnements R_{uv}, R_v, etc., au rayonnement global. Les principaux résultats sont les suivants :

a. Le rayonnement global R_g, pour C et V constants, croît tout d'abord rapidement avec la pression *p*, puis atteint une valeur maxima constante à partir d'une valeur p_0 de *p*. Ce résultat avait été indiqué par Laporte, Legros et Roux.

La pression p_0 est fonction de C et V ; elle est comprise entre 17 et 70 mm Hg dans nos mesures. L'énergie R_g rayonnée aux pressions supérieures à p_0 croît un peu plus vite que l'énergie électrique $CV^2/2$ dépensée dans la décharge. A énergie électrique égale, il est avantageux d'utiliser les tensions élevées.

b. La proportion $\rho_{uv} = R_{uv}/R_g$ de rayonnement ultraviolet dans le rayonnement global dépend peu de la capacité C; il diminue quand la pression augmente ($\rho_{uv} = 0,12$ et 0,09 pour $p = 10$ et 200 mm Hg respectivement); il augmente un peu quand V croît.

c. Le rapport $\rho_v = R_v/R_g$ (domaine visible) dépend peu de C et augmente en même temps que V (pour $p = 50$ mm Hg, $\rho_v = 0,25$ et 0,35 pour $V = 0,6$ et 2 kV respectivement); il augmente quand la pression diminue, surtout au-dessous de 50 mm Hg (à 2 kV et $p = 10$ mm Hg, $\rho_v = 0,45$).

d. Le rapport ρ_p relatif à l'infrarouge photographique dépend peu de la capacité C, décroît quand la tension augmente, croît quand la pression augmente. Sa valeur moyenne, pour $V = 2$ kV et $p = 10$ mm Hg est de 0,3.

e. Le rapport ρ_{ir} (infrarouge) dépend peu de C, diminue quand la tension augmente ($\rho_{ir} = 0,35$ et 0,17 quand $V = 0,6$ et 2 kV respectivement, pour $p = 10$ mm Hg) et augmente en même temps que la pression (à 2 kV, $\rho_{ir} = 0,17$ et 0,30 pour $p = 10$ mm Hg et $p > 60$ mm Hg). Notons que Laporte, Legros et Roux avaient trouvé ρ_{ir} sensiblement égal à 0,25.

Il résulte de la définition de ρ_{uv}, ρ_v, etc. que l'énergie rayonnée dans l'un des domaines étudiés est $R = \rho R_g$ (dans le visible, par exemple : $R_V = \rho_v R_g$). Nos mesures ont montré que, quoique dans certains cas (ultraviolet et visible), ρ diminue quand la pression augmente, il est cependant avantageux d'augmenter la pression car R_g augmente plus vite que ρ ne décroît.

Si l'on suppose le tube chargé sous une pression supérieure à p_0 (*voir* ci-dessus en a) et si l'on se donne l'énergie électrique, il est préférable : de choisir une tension de charge élevée et une faible capacité si l'on s'intéresse aux rayonnements ultraviolets et visible; de fonctionner sous basse tension et forte capacité si l'on désire recueillir le maximum d'infrarouge.

Rappelons que ces résultats ont été obtenus avec un tube de dimensions déterminées; il est probable qu'ils seraient quelque peu différents pour un tube ayant d'autres dimensions.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Étude des impulsions en coïncidence données dans un compteur* 4π *par le radioélément* ^{32}P. Note (*) de MM. **Francis Suzor** et **Georges Charpak**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Nous avons déjà publié ([1]) en détail des expériences consistant à déposer une source radioactive sur une feuille mince d'aluminium, faisant partie de la paroi de séparation de deux compteurs Geiger-Müller demi-cylindriques; le rayonnement est ainsi compté de part et d'autre de la feuille dans un angle solide 2π. Des impulsions en coïncidence entre les deux compteurs ayant été trouvées ([1]) pour tous les radioéléments étudiés, nous avons choisi pour en faire l'étude d'employer le radioélément ^{32}P qui a l'avantage de n'émettre aucun rayonnement γ. La source radioactive était placée en sandwich entre deux feuilles d'aluminium d'épaisseur x et y, y pouvant éventuellement être nulle. La figure reproduit les courbes des impulsions en coïncidence, obtenues en fonction de x pour différentes valeurs de y. Toutes les courbes sont normalisées à une source émettant 1 000 rayons β dans un angle solide 2π.

Les coïncidences, dues au fait qu'un électron peut être réfléchi d'un compteur dans l'autre, ont été mesurées de la façon suivante : la source était déposée à côté de la feuille d'aluminium sur la paroi de séparation des compteurs, imperméable au rayonnement β; les coïncidences ainsi obtenues, ne pouvant être dues qu'aux réflexions, ont été mesurées pour différentes épaisseurs de la feuille d'aluminium; on a vérifié qu'elles étaient bien proportionnelles à la surface de la feuille d'aluminiun.

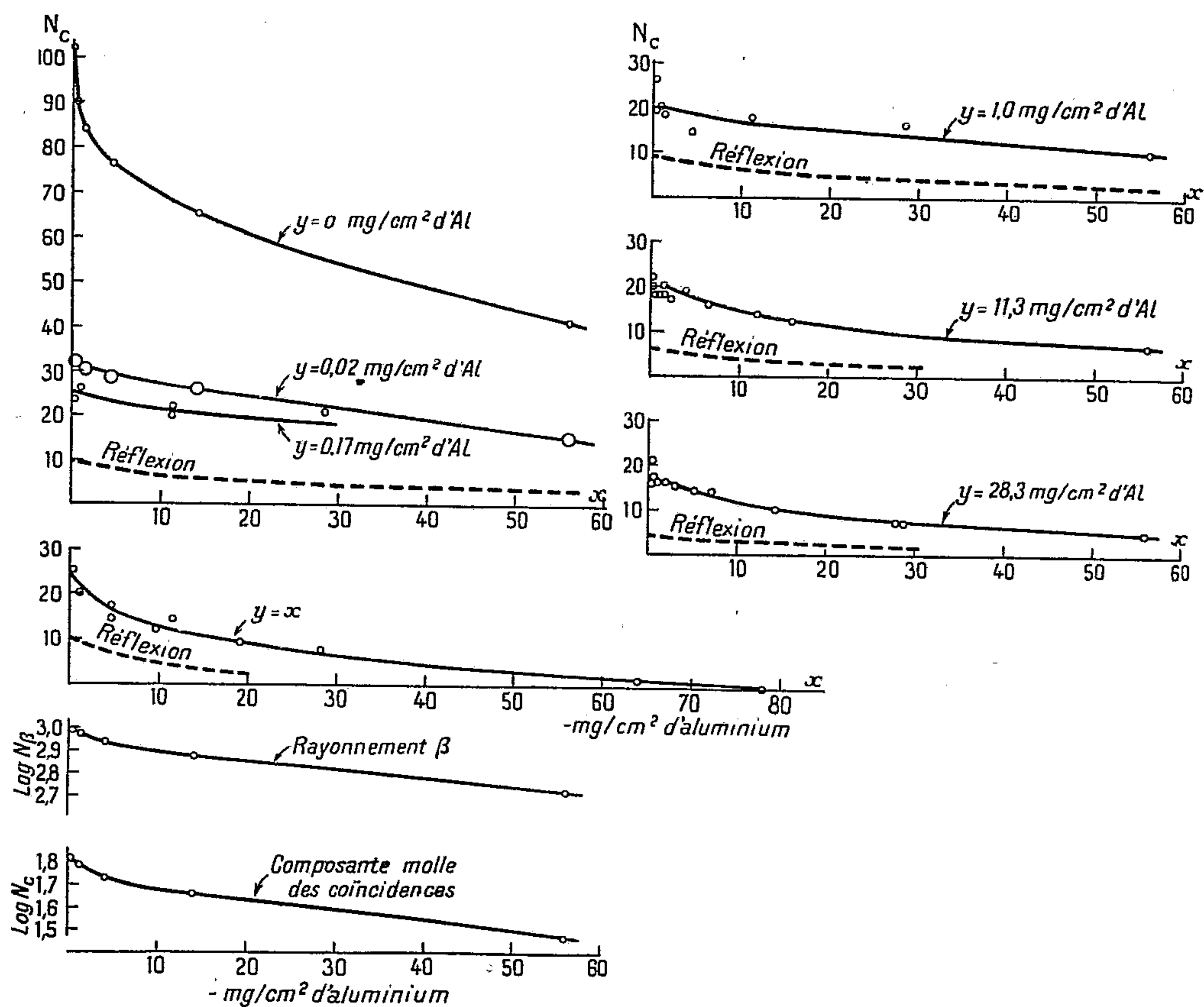
Ceci nous a permis de tracer pour chaque cas la courbe des coïncidences devant être attribuées aux réflexions.

Le cas $y = 0$ se distingue nettement des autres et la comparaison avec les cas $y = 0{,}02$ mg : cm^2 de polyvinil aluminisé par évaporation thermique (c'est le seul cas où une matière différente de l'aluminium ait été employée) où $y = 0{,}17$ mg : cm^2 d'aluminium montre l'existence d'un rayonnement mou issu de la source, absorbé dans 0,02 mg : cm^2 de polyvinil et émis en même

(*) Séance du 4 février 1952.

([1]) *J. Phys.*, **13**, 1952, p. 1.

temps que le rayonnement β. Le fait que la courbe $y = 0,17$ se trouve un peu en dessous de la courbe $y = 0,02$ et le fait que dans la courbe $y = 0$ nous trouvions $N_c = 101$ pour $x = 0,02$ et $N_c = 90$ pour $x = 0,17$ semble indiquer que quelques pour-cent de ce rayonnement mou peuvent traverser la feuille de polyvinil de 0,02 mg : cm². Par soustraction des courbes $y = 0$ et $y = 0,17$ nous pouvons isoler les coïncidences dues au rayonnement mou; on constate



Temps de résolution du sélecteur de coïncidences : 6.10^{-7} sec.
Épaisseur moyenne de la source ^{32}P (évaporation d'une goutte) 1 μg/cm².

pour les épaisseurs utilisées d'aluminium jusqu'à 60 mg : cm² que ce rayonnement mou est lié au rayonnement β. Ce rayonnement mou diminue au cours du temps, par suite d'une diffusion des atomes de la source dans le support de polyvinil; il est aussi très sensible à la quantité de matière de la source. A côté d'un rayonnement secondaire photonique ou électronique émis par traversée du rayonnement β dans la matière immédiatement voisine de la source, la majeure partie de ce rayonnement mou pourrait être dû au bremsstrahlung interne. Qualitativement et quantitativement le même rayonnement mou a été constaté pour le radioélément ^{24}Na.

La composante molle n'apparaissant pas dans les courbes tracées pour $y \geqq 0,17$ (les points $x = 0$ de ces courbes, ayant à cause du rayonnement mou une ordonnée nettement plus grande que les points $x \geqq 0,17$, n'ont pas été représentés), il est visible qu'il existe des coïncidences différentes de celles dues aux réflexions. Les causes de ces coïncidences peuvent être :

1° Un rayonnement secondaire émis par traversée du rayonnement β dans l'aluminium; les photons X peu énergiques émis après ionisation ne peuvent expliquer le phénomène; le bremsstrahlung (2) expliquerait environ un centième de l'effet observé.

2° Un rayonnement électronique issu de la source; il pourrait s'agir des électrons de conversion de bremsstrahlung interne signalés par J. Brunner (3), cependant la probabilité d'émission de ces électrons inversement proportionnelle à leur énergie donnerait des courbes décroissant beaucoup plus vite en fonction de x.

3° Un rayonnement photonique issu de la source; on rendrait compte des effets observés en admettant l'émission pour 10 à 20 désintégrations sur 100 du ^{32}P d'un photon d'environ 10 keV.

CHIMIE PHYSIQUE. — *État hygrométrique de l'atmosphère dans une cuve fermée contenant de l'eau ou une solution saline.* Note (*) de M. **Henri Pacaud**, présentée par M. Charles Maurain.

Utilisée suivant la technique de M. Dessens (1), une goutte de solution en équilibre avec l'atmosphère qui l'entoure sert d'hygromètre pour déterminer l'humidité relative dans une cuve fermée au-dessus d'une solution saline et pour en étudier la variation avec la distance à la surface liquide.

La concentration de la solution saline qui constitue la goutte hygromètre et, par suite, le volume de la goutte et son diamètre, sont liés à la valeur de l'humidité relative h de l'atmosphère par une relation déduite de la loi de Raoult

$$h = 1 - \frac{km}{d^3},$$

m désignant le nombre de molécules-grammes de sel dans la goutte et k étant une constante. Cette relation n'est valable que pour des gouttes de faible volume et pour des valeurs de h voisines de l'unité, la solution

(2) Heitler, *The Quantum theory of radiation* p. 170; C. S. Wu, *Phys. Rev.*, 59, 1941, p. 487.

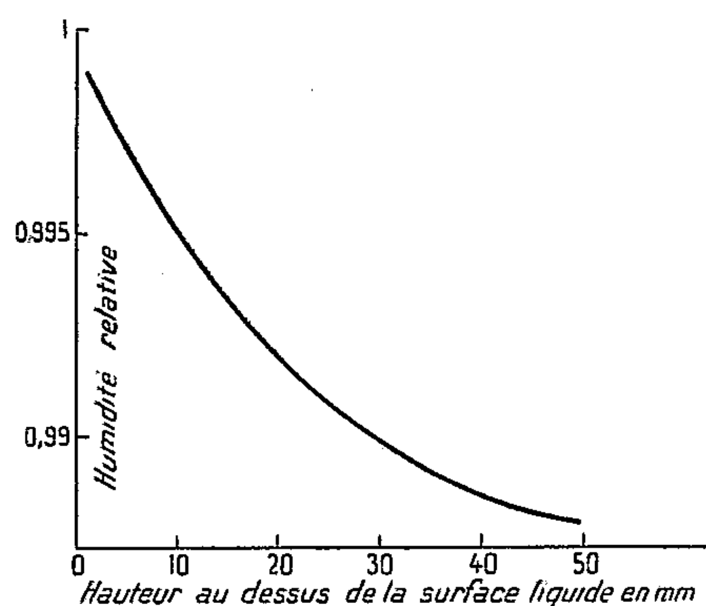
(3) J. Bruner, *Phys. Rev.*, 84, 1951, p. 282.

(*) Séance du 28 janvier 1952.

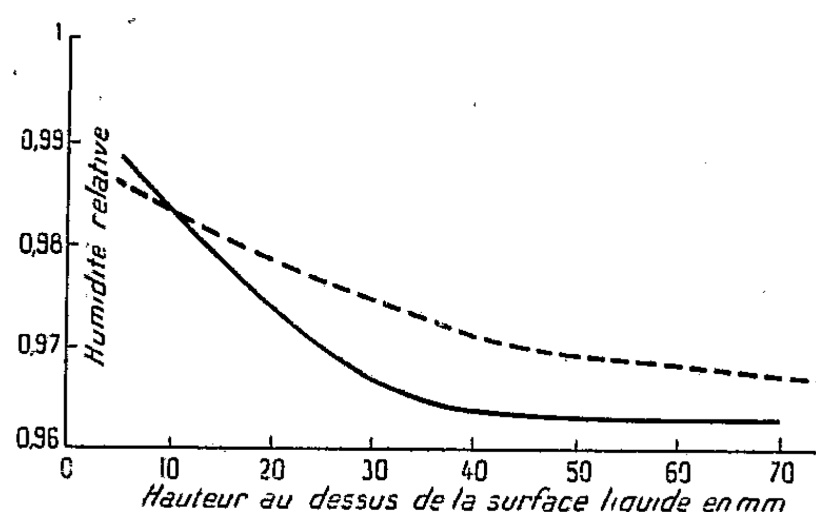
(1) *Ann. Géophys.*, 2, fasc. 3, 1946, p. 276.

saline étant alors très diluée. La sensibilité de l'hygromètre est d'autant plus grande que h est plus voisin de l'unité.

Les gouttes utilisées, formées d'une solution aqueuse de chlorure de lithium, sont recueillies sur des fils d'araignées tendus sur un cadre rectangulaire; leur diamètre, pour $h = 0,80$, est de l'ordre de $100\ \mu$. On les observe au microscope, elles sont mesurées avec un micromètre oculaire et photographiées avec un grandissement de 100; ces photographies, agrandies 10 fois, permettent une mesure du diamètre à $1\ \mu$ près.



I. Eau pure à 13° C.
Cuve étroite.



II. Alun de potassium à 9,5°.
——— Cuve étroite.
- - - - - - - Cuve large.

Au moyen de cet hygromètre de faible volume, nous avons étudié l'humidité relative de l'atmosphère dans une cuve fermée, au-dessus de l'eau ou d'une solution aqueuse saturée d'alun de potassium dont la tension de vapeur correspond à une humidité relative voisine de 0,97 (²). La solution est placée dans une cuve parallélépipédique et la goutte suspendue au fil d'araignée peut être placée à une distance de la surface liquide que l'on peut mesurer. L'observation au microscope se fait avec un objectif n° 3 à travers la paroi plane de la cuve; l'éclairage de la goutte, qui ne fonctionne que pendant l'observation ou la prise de photographie, est fournie par une lampe à filament concentré; une cuve à eau de 5 cm d'épaisseur le rend non chauffant.

Deux types de cuves ont été utilisés : *a*. cuve étroite, épaisseur 5 mm; *b*. cuve large, épaisseur 35 mm.

Des mesures effectuées, on peut déduire la valeur de h; en tenant compte de la variation de sensibilité de l'hygromètre avec h, on obtient les courbes qui représentent le degré hygrométrique en fonction de la distance x de la goutte à la surface de la solution.

(²) DIESNIS, *Thèse pharmacie*, Paris, 1935.

Courbe I : eau dans la cuve étroite, $t = 13^\circ$ C.

Courbe II : solution saturée d'alun de potassium, $t = 10,5^\circ$ C, en cuve étroite et en cuve large.

Le degré hygrométrique dans l'atmosphère fermée au-dessus du liquide décroît quand on s'éloigne de la surface et tend vers une limite quand x augmente. Pour les valeurs de x très faibles, au voisinage de la surface, le degré hygrométrique augmente rapidement.

Le gradient de variation de h dépend de la surface liquide, la limite restant pratiquement la même comme le montrent les courbes II relatives à l'alun de potassium..

On peut représenter cette variation de h par une relation de la forme $h = h_0 + A e^{-Kx}$, h_0 et A dépendant du liquide, K dépendant de la surface. Cette variation peut être due, d'une part à l'action de la pesanteur sur la répartition des molécules de vapeur d'eau émanant de la surface liquide et, d'autre part, à une action de cette surface sur ces molécules, puisque leur répartition dépend de la surface. La constante h_0 qui représente la limite de h est, au moins dans le cas des solutions, la valeur habituellement mesurée pour l'état hygrométrique; il en résulte que la tension de vapeur habituellement mesurée est un peu inférieure à la tension de vapeur auprès du liquide.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la préparation du n-octan-*D*-ol-*1 *et ses propriétés, notamment ses propriétés diélectriques.* Note (*) de M[mes] **Madeleine Corval** et **Lydia Reinisch**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le *n*-octan-D-ol-1, $C_8H_{17}OD$ a été préparé par échange isotopique entre l'octanol-1 normal et l'oxyde de deutérium à la température ordinaire.

Après agitation du mélange des deux réactifs, le produit deutéré est séparé par refroidissement à — 8° C. Les solubilités mutuelles sont alors suffisamment faibles pour que l'octanol se sépare à peu près complètement de l'eau congelée.

L'opération est répétée cinq fois, d'abord avec de l'eau lourde à 94,8 % D_2O, puis avec de l'eau à 99,8 %. La technique est analogue à celle dont Hobden, Johnston, Weldon et Wilson (1) se servirent pour la préparation de l'amylol-D. La progression de la réaction d'échange est suivie par les modifications du spectre infrarouge de l'octanol séparé, pris sur des échantillons secs (bande OH : 2,98 μ; bande OD : 4,05 μ).

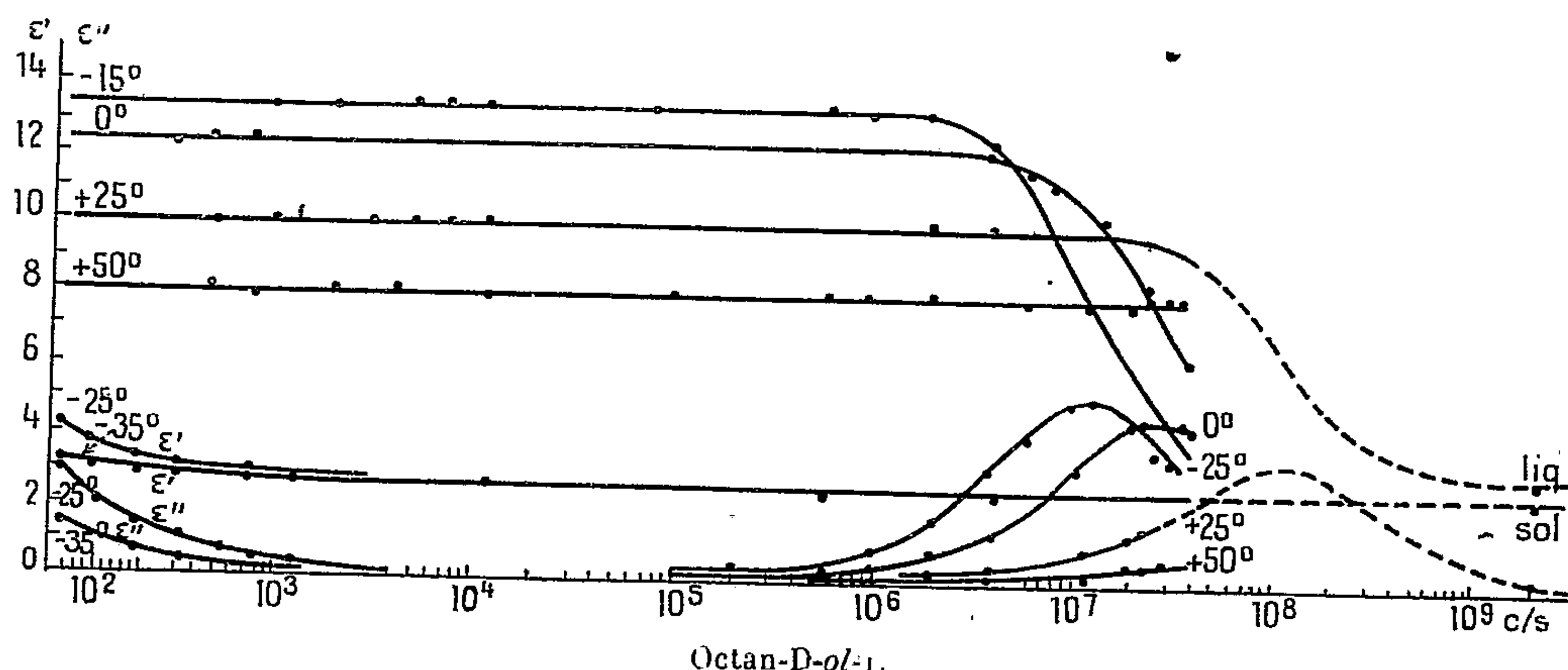
Le produit purifié présente les caractéristiques suivantes : É 188,5-189,5° C; F 18° C; $n_D^{22} = 1,4275$ (octanol ordinaire : É 195° C; F 16° C; $n_D^{22} = 1,4285$).

Les mesures de la constante diélectrique complexe $\varepsilon' + i\varepsilon''$ ont été faites

(*) Séance du 4 février 1952.

(1) F. N. Hobden, E. F. Johnston et L. H. P. Weldon, *J. Chem. Soc.*, 61, 1939, p. 7.

à + 50, + 25, + 0,7, — 15, — 21, — 25 et — 35° C entre 80 c : s et 40 Mc : s. La précision des mesures est de l'ordre de 1 % pour la partie réelle de la constante diélectrique, et de 2-3 % pour la partie imaginaire. La précision sur les températures est de 0,1° C au-dessus de 0°, et de 1° au-dessous. Les résultats expérimentaux sont rassemblés sur la figure 1.



Octan-D-*ol*-1.

Nous avons construit pour chaque température le diagramme de Cole et Cole ([2]) en portant $\varepsilon''=f(\varepsilon')$. Sauf à — 22°C où $\varepsilon''=f(\varepsilon')$ est une droite, les points expérimentaux se placent toujours bien sur un demi-cercle, indiquant l'existence d'un temps de relaxation unique. L'intersection de ce demi-cercle avec l'axe des abcisses, permet de déterminer les valeurs ε'_0 et ε'_∞. Dans le cas où le maximum de ε'' tombe dans le domaine expérimental, la fréquence correspondant à cette valeur a été prise comme fréquence critique. Dans le cas contraire, la fréquence critique est calculée à l'aide de la formule de Debye. A partir des fréquences critiques et de leurs variations avec la température nous avons calculé l'énergie libre $\Delta F^{\neq}$, la chaleur $\Delta E^{\neq}$, et l'entropie $\Delta S^{\neq}$ d'activation. Nous avons admis que $\Delta F^{\neq}$ est donné par l'équation d'Eyring

$$\frac{1}{\tau}=\frac{kT}{h}\exp\frac{\Delta F^{\neq}}{kT},$$

où τ est le temps de relaxation, relié lui-même à la fréquence critique par $1/\tau = 2\pi f_c$, si l'on admet la théorie d'Onsager pour le champ interne.

Le tableau suivant donne les grandeurs caractéristiques relatives aux *n*-octan-D-ol-1, ainsi que les valeurs obtenues pour le *n*-octanol-1 par Mme Dalbert ([3]).

Le remplacement de l'hydrogène hydroxylique par D influe très peu sur la fréquence critique et sur les grandeurs d'activation. Le fait semble exclure

([2]) *J. Chem. Phys.*, 9, 1941, p. 341.
([3]) *Thèse* (à paraître).

l'interprétation de ce domaine de dispersion par une oscillation libre du groupement OH. Signalons également que ε'_∞ est plus grand que n^2_D, ce qui indique l'existence d'au moins un autre domaine de dispersion situé à des fréquences plus élevées.

t°C.	*fc* (Mc : s). A.	B.	ΔF≠ (kcal). A.	B.	ΔE≠ (kcal). A.	B.	ΔS≠ (u. e.). A.	B.
	$C_8H_{17}OH$ (A) *et* $C_8H_{17}OD$ (B) *à l'état liquide.*							
49.....	~380	~300	–	–	–	–	–	–
25.....	117	110	5,36	5,20	8,85	8,60	13,0	12,5
0.....	31,5	28	–	–	–	–	–	–
–15.....	14,5	12	–	–	–	–	–	–
	$C_8H_{17}OD$ *à l'état solide.*							
–25.....	–	57,8 c : s	–	11,6	–	5,3	–	–24
–35.....	–	37,4 »	–	–	–	–	–	–

En accord avec la théorie d'Ed. Bauer([4]), il existe une brusque discontinuité des fréquences critiques lors de la cristallisation.

Ajoutons enfin qu'une relation linéaire entre ε' et ε'', immédiatement au-dessous du point de fusion, a été également trouvée par Mme Dalbert dans le cas du *n*-octanol-1. Un tel phénomène, dans un domaine étroit de températures, pourrait s'interpréter par la superposition de plusieurs domaines de dispersion.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'importance des rôles dévolus aux réactifs dans les précipitations rythmiques et dans les doubles décompositions en général.* Note de Mlle **Suzanne Veil**, présentée par M. Charles Mauguin.

Pour quelques doubles décompositions en couche de gélatine, les figures de précipitation, se rapportant à l'emploi de différentes techniques, sont comparées entre elles du point de vue rythmicité. Les antagonistes d'une double décomposition quelconque ne sont pas interversibles.

Les précipitations rythmiques ont l'intérêt de signaler, pour les doubles décompositions, en général, des aspects dissimulés à l'observation chimique usuelle. Notamment, elles révèlent que leur cinétique intime n'est pas indépendante du régime des diffusions-succions, mis en cause dans une précédente interprétation des anneaux de Liesegang ([1]).

Présentement, en couche de gélatine, trois modes de précipitation ont

---

([4]) *Cahiers de Physique*, 20, 1944, p. 1 et 21, p. 21.

([1]) *Bull. Soc. Chim.*, 1950, p. 222.

été comparés du point de vue rythmicité. La méthode ordinaire (méthode goutte sur gel) fournit déjà deux de ces modes, avec les deux ordres d'emploi des réactifs utilisés. Le troisième mode de précipitation est fourni par l'essai à deux gouttes ([2]), dans lequel la rythmicité se traduit, non plus par des formations circulaires, mais par des stries d'intergoutte de forme, d'étendue et d'orientation variables.

Avec la méthode goutte sur gel, considérons d'abord l'effet éventuel de l'interversion des réactifs sur les édifications d'anneaux. Dans la précipitation classique de Liesegang, le choix du bichromate de potassium, comme réactif-goutte, conduit, on le sait, à des anneaux qui se distinguent de ceux de l'autre choix en ce qu'ils sont dépourvus de relief sensible, en même temps que non accompagnés d'anneaux secondaires. Pour d'autres rythmicités, les effets d'interversion peuvent être plus marqués encore, à tel point que l'édification d'anneaux soit restreinte à l'une des deux alternatives. Il en est ainsi, par exemple, pour la double décomposition nitrate cuivrique-arséniate de potassium, antérieurement décrite ([3]), laquelle, selon le choix adopté, donne lieu, soit à des macroanneaux réguliers, soit à une auréole sensiblement continue.

Le troisième mode opératoire, essai à deux gouttes, est précisément celui qui a été proposé pour les prospections systématiques d'anneaux, comme moyen efficace et rapide. En dépit cependant du nombre de cas nouveaux décelés, le dépistage ne saurait être regardé comme infaillible, au sens strict, et ses échecs, pour peu fréquents qu'ils soient, n'en trahissent pas moins la non-identité des régimes des diffusions-succions qui interviennent respectivement dans l'essai à deux gouttes et dans la méthode goutte sur gel. Les défaillances sont observables dans un sens et dans l'autre. Il s'agira, soit d'une production d'anneaux non expressément annoncés à l'essai à deux gouttes (réaction nitrate de plomb-arséniate de potassium), soit, inversement, d'une impuissance à susciter des anneaux annoncés par stries d'intergoutte (réaction nitrate-borate de sodium).

En bref, la cinétique de l'essai à deux gouttes est discernable, à la rythmicité, des cinétiques particulières de chacune des deux alternatives de la méthode goutte sur gel, elles-mêmes dissemblables entre elles. Cette discrimination des trois modes opératoires examinés, souligne le caractère tout relatif de la rythmicité d'une précipitation donnée, même dans un milieu donné.

La présente analyse sous deux dimensions suggère donc, d'une manière générale, la non-interversibilité des antagonistes dans toutes doubles décompositions.

([2]) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1854.
([3]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1230.

Dans l'hypothèse où des dissymétries de comportement analogues joueraient encore sous trois dimensions, en milieu aqueux, elles seraient susceptibles d'être invoquées pour justifier certaines indications empiriques de la pratique analytique, imposant aux opérations à accomplir un ordre de succession déterminé.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les modes de décomposition de la phase protoxyde de fer*. Note (*) de MM. **Robert Collongues** et **Georges Chaudron**, présentée par M. Albert Portevin.

Le protoxyde de fer peut être considéré comme un composé non stoechiométrique, mais également comme une solution solide eutectoïdifère. En effet, dans le diagramme d'équilibre fer-oxygène, le domaine de stabilité de la phase protoxyde de fer cesse d'exister au-dessous de 570° et cette phase se décompose suivant la réaction ([1])



$$4\,FeO \rightarrow Fe_3O_4 + Fe.$$

On observe alors dans certains cas une structure constituée de fines lamelles alternées de fer et de magnétite tout à fait analogue à celle de la perlite ([2]), ([3]).

Nous nous sommes proposé, dans cette Note, de préciser les conditions de ce mode de décomposition.

Nous préparons des échantillons compacts de protoxyde de fer pur par oxydation de plaquettes de fer dans un mélange d'hydrogène et de vapeur d'eau en équilibre avec FeO à la température de 850°. L'oxydation est suivie d'une trempe ([4]). Nous avons employé dans nos expériences du fer de très haute pureté; en effet la stabilité du protoxyde de fer est très sensible à des traces d'impuretés ([5]).

Nous avons constaté que le processus de décomposition perlitique apparaissait entre 480° et 570°. Près de la température d'équilibre, c'est-à-dire 570°, la structure est constituée de grandes lamelles, mais la réaction est extrêmement lente et la durée du traitement doit être au moins 30 heures (*fig*. 1). Au voisinage de 480°, la vitesse de décomposition passe par un maximum ([6]);

(*) Séance du 4 février 1952.

([1]) G. Chaudron, *Comptes rendus*, **172**, 1921, p. 152 et *Conf. Int. Réact. Superf. Pittsburgh*, 1948.

([2]) L. Himmel, Communication personnelle, Pittsburgh (septembre 1951).

([3]) R. Collongues et G. Chaudron, Communication présentée aux Journées d'automne de la *Société Française de Métallurgie*, octobre 1951.

([4]) G. Chaudron et R. Collongues, Communication présentée aux Journées d'automne de la *Société Française de Métallurgie*, octobre 1950; *Rev. Métallurgie*, **48**, 1951, p. 917.

([5]) J. Bénard, *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 1356.

([6]) G. Chaudron et H. Forestier, *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 2173.

la structure perlitique apparaît en quelques minutes, mais elle est extrêmement fine et le microscope électronique permet seul de la mettre en évidence (*fig.* 2).

En prolongeant le chauffage dans ce domaine de température, on observe un rassemblement des lamelles de fer, principalement en lisérés épais, le long des anciens joints de grains du protoxyde (*fig.* 3) et au voisinage de l'interface métal-oxyde.

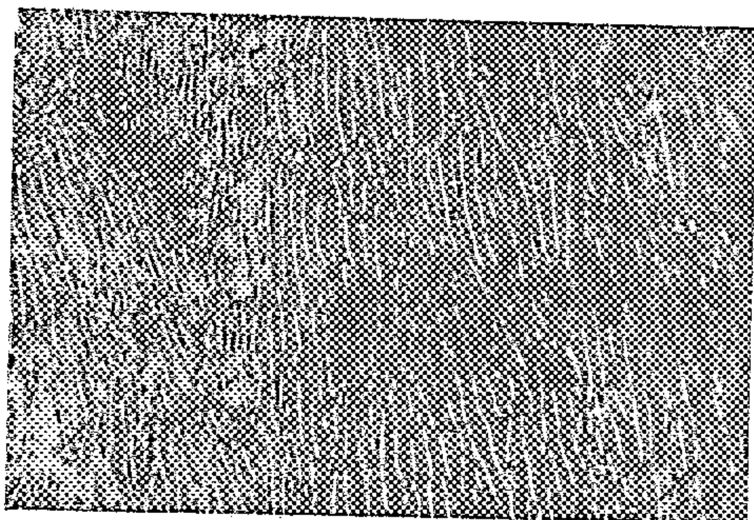


Fig 1.

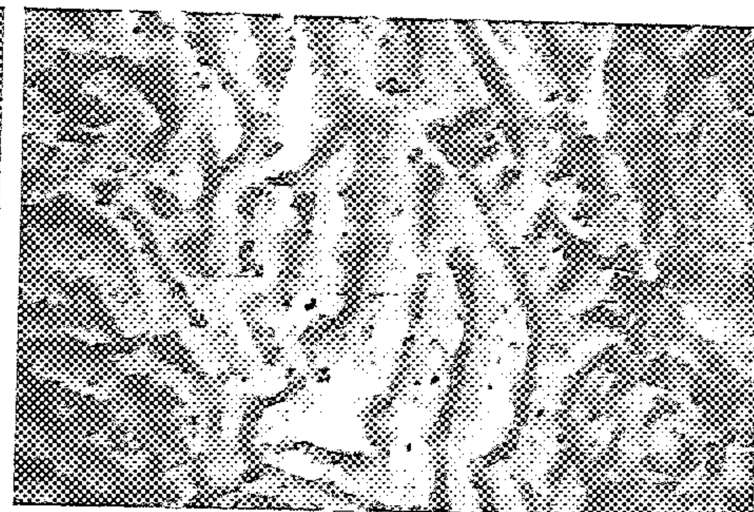


Fig. 2.

Fig. 1. — Structure perlitique à grandes lamelles (50 h à 540°). G = 2000.

Fig. 2. — Structure perlitique fine obtenue à 490°. Micrographie électronique. G = 38000.

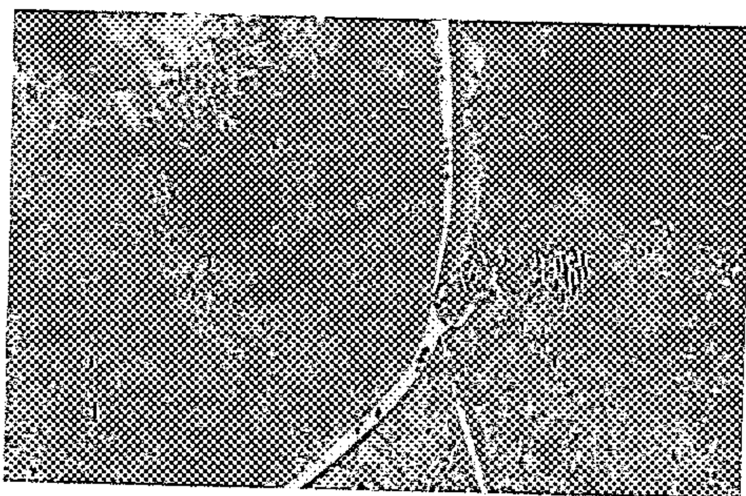


Fig. 3.

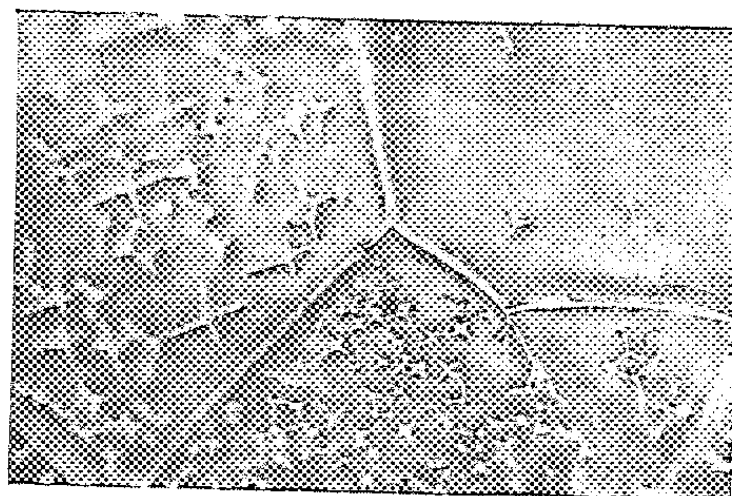


Fig. 4.

Fig. 3. — Coalescence du fer le long des joints de grains du protoxyde (100 h à 540°). G = 1500.

Fig. 4. — Apparition de germes orientés de dendrites de fer au cours de la décomposition à 450°. G = 1500.

De plus, l'étude aux rayons X montre bien qu'entre 480° et 570°, le fer et la magnétite précipitent simultanément; le protoxyde en cours de décomposition possède un paramètre constant ($a = 4,287$ Å).

Il n'en est pas de même au-dessous de 480° environ : on observe alors aux rayons X un retard à l'apparition des raies du fer et, en même temps, une variation de la maille du protoxyde, qui augmente progressivement, tout en restant sensiblement cubique. La décomposition se produit alors à l'intérieur des grains à partir de germes de fer orientés (*fig.* 4). Ce processus qui fait intervenir de nouvelles phases fera l'objet d'une publication ultérieure.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Transfert de couches de la surface de l'eau sur une surface de paraffine solide.* Note de M. **Dikran Dervichian** et Mme **Line Ferreira-Denard**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

On a prélevé sur une surface de paraffine des couches gazeuses et condensées de corps gras étalées sur l'eau. Le rapport de condensation sur la paraffine est d'autant plus grand que l'aire moléculaire sur l'eau est plus élevée et peut atteindre des valeurs supérieures à trois.

La technique introduite par Langmuir et Blodgett [1] a principalement pour but d'édifier des couches multimoléculaires. La couche étalée sur l'eau est maintenue sous pression superficielle relativement élevée et constante pendant que l'on plonge et retire une lame solide à travers la surface de l'eau. A chaque mouvement descendant et ascendant, il y a transfert et superposition d'une couche sur les précédentes. Il est bien connu que, dans ces conditions (couches condensées, pressions fortes), le rapport de prélèvement S/S_0 (quotient de la diminution de l'aire de la couche sur l'eau par l'aire de la lame) est voisin de l'unité.

Dans le présent travail, le prélèvement a été effectué sur une lame préalablement recouverte de paraffine solide. De plus, l'étude a porté sur des couches fluides à des pressions définies, mais variant depuis quelques dixièmes de dynes à plusieurs dynes par centimètre; avec de telles couches, il ne peut y avoir superposition. Le raccordement de la surface de l'eau avec la lame de paraffine se fait suivant un angle rentrant, il y a transfert de la couche sur la lame lorsque l'on enfonce celle-ci dans l'eau et, en ressortant, la couche est restituée à peu près complètement. Les résultats rapportés ici ne concernent donc que les variations du rapport de prélèvement lors de la première plongée. Le fait important est, qu'avec des couches dans l'état gazeux, le rapport de prélèvement peut atteindre et dépasser 3. Tout se passe comme si la couche se condensait en passant sur la lame solide, l'aire de la couche qui disparaît de la surface de l'eau par passage sur la paraffine étant, de ce fait, d'autant plus grande que la couche est primitivement plus détendue.

L'appareillage et la méthode utilisée sont décrits dans un travail antérieur [2]. On y trouvera aussi le mode de préparation de la lame paraffinée. Afin de mettre en évidence l'influence de l'état de la couche, nous avons examiné des couches de trois triglycérides donnant différents types de couches : la tricaproïne, la tricapryline et la tricaprine. Tous ces corps

(1) *J. Amer. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 1007.

(2) L. Denard, *J. Chim. Phys.*, 36, 1939, p. 210.

ont été étalés sur l'eau distillée à une température de 19 à 20°. Pour chacun des corps, l'isotherme pression superficielle/aire moléculaire a été déterminée dans les mêmes conditions. Dans le tableau sont rassemblés, en plus des rapports de prélèvement, les aires moléculaires correspondant à chacune des pressions sous laquelle a été effectué le prélèvement.

Pression superficielle (dyne : cm).	Tricaproïne		Tricaprylinе		Tricaprine	
	$\frac{S}{S_0}$.	Aire mol. (Å²).	$\frac{S}{S_0}$.	Aire mol. (Å²).	$\frac{S}{S_0}$.	Aire mol. (Å²).
0,1	2,55	3000	–	–	2,04	600
0,2	–	–	–	–	1,0	160-200
0,25	–	–	–	–	0,96	140
0,3	3,36	1250	2,45	650	0,94	135
0,4	–	–	1,63	300	0,93	125
0,5	2,4	600	1,44	225	0,94	120
0,6	–	–	1,20	180	0,92	115
0,8	1,88	340	1,05	145	0,92	112
1,0	1,53	275	1,02	140	0,92	110
1,3	1,45	220	–	–	–	–
1,5	1,38	200	1,00	125	–	–
1,8	1,27	170	1,01	120	–	–
2,0	1,23	160	0,96	118	0,92	107
2,2	–	–	0,96	115	–	–
2,4	1,21	150	–	–	–	–
2,7	1,17	140	–	–	–	–
3,0	1,14	130	0,97	107	0,94	104
3,2	1,12	127	–	–	–	–
3,4	1,17	125	–	–	–	–
3,6	1,12	122	–	–	–	–
3,8	1,12	120	–	–	–	–
4,0	1,07	115	0,99	100	–	–
4,4	1,10	112	–	–	–	–
5,0	1,04	110	–	–	–	–
6,0	1,02	105	–	–	–	–
8,0	1,03	95	–	–	–	–

Un parallélisme apparaît entre les trois corps lorsque l'on compare les prélèvements, non pas en fonction de la pression, mais en fonction de l'aire moléculaire. On constate que le rapport de prélèvement se met à croître dès que l'aire moléculaire est supérieure à 130-140 Å² et qu'alors, à des aires moléculaires égales correspondent à peu près les mêmes rapports de prélèvement. Dès que la couche est suffisamment condensée, la valeur du rapport tombe au-dessous de 1. Des mesures effectuées avec la trilaurine, entre 1 dyne et 10 dynes : cm, ont donné des valeurs comprises entre 0,8 et 0,9. De même, avec l'acide oléique étalé sur HCl, N/100 le taux de prélèvement pour des pressions comprises entre 0,2 et 20 dynes : cm varie de 0,85 à 1,15.

Pour des aires moléculaires très grandes (3 000 Å^2), le taux de prélèvement décroît.

Lorsque le prélèvement des mêmes triglycérides est fait sur une lame de verre mouillable, le taux de prélèvement est toujours égal ou légèrement inférieur à l'unité jusqu'aux faibles pressions. Dans ce cas, la couche est transférée en même temps qu'une pellicule d'eau qui mouille la lame de verre, sans qu'il y ait contact direct comme avec la paraffine.

Au cours même du présent travail, des mesures avaient été effectuées avec des couches de protéines donnant des résultats semblables, dont une brève mention a été faite en son temps ([3]).

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude chromatographique et potentiométrique de l'acide dérivé du sel de Graham.* Note ([*]) de M. **Jean-Pierre Ebel**, présentée par M. Paul Lebeau.

On a pendant longtemps attribué improprement au sel de Graham une structure hexamétaphosphorique. Des travaux récents ([1]), ([2]), ([3]) ont montré qu'il fallait le considérer comme un polyphosphate de haut poids moléculaire.

L'isolement de l'acide correspondant a été tenté de deux manières :

1° Par traitement par H_2S du sel de Pb. Salih ([4]) a observé que l'acide ainsi obtenu ne correspondait pas au sel de Graham : par neutralisation, on aboutit à un sel cristallisé différent de ce dernier.

2° Par passage sur un échangeur de cations. Samuelson ([2]) et Van Wazer ([3]) ont montré que l'acide ainsi préparé était un acide fort contenant à côté des groupes acides forts une petite quantité de groupes acides faibles, correspondant aux OH terminaux de l'anion polyphosphorique en chaîne droite. Le rapport des acidités fortes aux acidités faibles permet une détermination de sa longueur de chaîne moyenne. Les résultats obtenus sont superposables avec ceux des mesures de dialyse et de viscosité. Cependant, Davies et Monk ([5]) contestent la stabilité de l'acide ainsi obtenu.

Nous avons pensé que la technique de chromatographie sur papier, qui

---

([3]) D. G. Dervichian, *J. Chim. Phys.*, 37, 1940, p. 110.

([*]) Séance du 4 février 1952.

([1]) O. Lamm et H. Malmgren, *Z. anorg. allgem. Chem.*, 245, 1940, p. 103.

([2]) O. Samuelson, *Svensk. Kem. Tid.*, 56, 1944, p. 343.

([3]) J. R. van Wazer, *J. Amer. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 647.

([4]) *Bull. Soc. Chim.*, 4, 1937, p. 1727.

([5]) *J. Chem. Soc.*, 1949, p. 413.

nous a permis la séparation intégrale des poly- et métaphosphates ([6]), nous renseignerait, d'une part sur la nature de l'acide obtenu par Salih à partir du sel de Pb, d'autre part sur la stabilité des acides obtenus par passage sur échangeur d'ions, nous permettant ainsi de vérifier la validité des déterminations de longueur de chaîne de Samuelson et de Van Wazer.

Nous avons soumis à la chromatographie : *a.* une solution fraîchement préparée de sel de Graham; *b.* l'acide obtenu par passage sur Amberlite IR-100 H, immédiatement après séparation; *c.* le même acide, 24 h après; *d.* l'acide préparé selon Salih. Tandis que le sel de Graham forme une tache nette, l'acide préparé par passage de ce sel sur Amberlite donne une courte traînée, témoin d'une légère dépolymérisation. Avec le même acide, 24 h après, la traînée de dépolymérisation s'étend jusqu'au triphosphate, alors que la solution de sel de Graham donne une image chromatographique inchangée. La stabilité de l'acide est donc plus faible que celle du sel de Graham. Enfin la chromatographie de l'acide obtenu par action de H_2S sur le sel de Pb montre une hydrolyse profonde : des taches sont visibles au niveau des ortho- pyro- et triphosphates, ainsi qu'une traînée s'étendant du triphosphate au sel de Graham. L'acide ainsi préparé n'est donc pas un produit homogène. L'apparition d'assez grandes quantités de composés de petit poids moléculaire explique l'allure cristalline du produit de Salih.

L'étude des courbes de neutralisation potentiométrique des acides précédents a recoupé les résultats trouvés par chromatographie. Avec l'acide préparé par passage du sel de Graham sur Amberlite, la longueur de chaîne moyenne, calculée d'après le rapport des acidités fortes aux acidités faibles, est considérablement abaissée chez l'acide vieux de 24 h par rapport à l'acide fraîchement préparé. Quant à l'acide de Salih, il présente une courbe qui n'a plus l'allure d'une courbe classique d'acide polyphosphorique de longue chaîne.

Conclusion. — Le traitement par H_2S du sel de Pb dérivé du sel de Graham amène une dégradation profonde du produit et conduit à un mélange d'acides polyphosphoriques de petit poids moléculaire. Par contre, la méthode de préparation par passage du sel de Graham sur un échangeur de cations conduit à un acide ne présentant qu'une dépolymérisation légère par rapport au sel. En travaillant rapidement, la courbe de neutralisation de cet acide permet donc d'obtenir des renseignements valables sur le poids moléculaire moyen du sel de Graham.

([6]) J. P. Ebel et Y. Volmar, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 415.

CHIMIE MINÉRALE. — *Recherches sur la structure et la stabilité des phases dans le système* Fe_2O_3—Co_3O_4. Note de MM. **Jacques Robin** et **Jacques Bénard**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une précédente Note [1] nous avons établi que la décomposition vers 300° C des solutions solides d'oxalates de fer et de cobalt, permettait d'obtenir une série d'oxydes mixtes à structure de spinelle dont les compositions variaient en phase homogène de Fe_2O_3 à Co_3O_4. Nous nous proposons de décrire dans cette Note les transformations que subissent ces oxydes lorsqu'on les porte à des températures supérieures pouvant atteindre au maximum 1000° C.

Les oxydes mixtes correspondant aux différentes compositions sont soumis à des recuits isothermes à l'air pendant 10, 14, 24, ou 48 h selon les échantillons et les températures, et refroidis rapidement. Ils sont examinés ensuite aux rayons X par la méthode de Debye-Scherrer avec le rayonnement $K\alpha$ du cobalt. Ces essais effectués sur quinze produits de compositions différentes ont fourni 130 points expérimentaux qui ont permis d'établir le diagramme représenté dans la figure.

Le dépouillement des spectrogrammes montre que, dans certains domaines de composition et de température, les oxydes mixtes monophasés obtenus à basse température donnent naissance à des systèmes biphasés.

I. De 0 à 33 % environ de cobalt, les oxydes mixtes se dédoublent entre 300 et 500° C en un oxyde à structure de spinelle répondant à la formule Fe_2CoO_4 (ferrite de cobalt) et en l'oxyde Fe_2O_3 rhomboédrique qui ne paraît pas avoir dissous de cobalt. Toutefois, au-dessus de 720° C l'étendue du domaine biphasé se restreint, la limite correspondant à 30 % Co à 1000° C. On notera que cette décomposition des phases spinelle de basse température correspond à la transformation irréversible de la variété cubique (γ) du sesquioxyde de fer en la variété rhomboédrique (α) stable aux températures élevées.

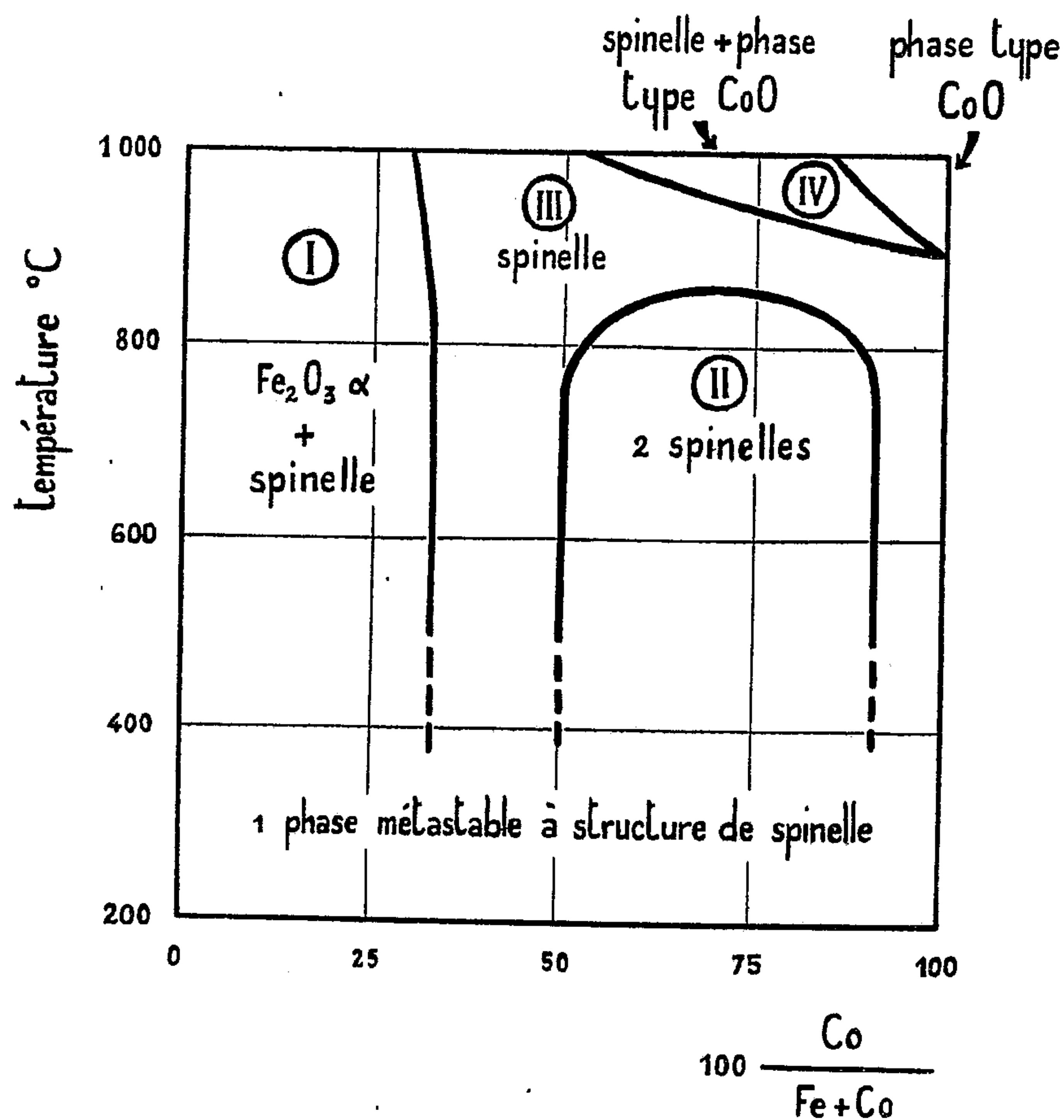
II. Les oxydes mixtes contenant de 50 à 91 % Co se dédoublent aux températures moyennes en deux phases à structure de spinelle dont les compositions respectives correspondent à ces teneurs limites; au delà de 770° C environ le domaine biphasé se resserre et au-dessus de 860° C on obtient à nouveau une phase unique.

III. Les oxydes mixtes contenant de 33 à 50 % Co et de 91 à 100 % Co ne subissent pas la décomposition précédente et constituent deux domaines monophasés à structure de spinelle, qui se rejoignent au-dessus de 860° C en encadrant la région II du diagramme.

---

[1] *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1830.

IV. Les oxydes contenant plus de 51 % Co, toujours monophasés vers 880°C, se dédoublent au delà de 900°C en un composé possédant la structure du protoxyde CoO et un spinelle enrichi en fer. Il existe à chaque température un équilibre entre le spinelle et la phase protoxyde; la composition du spinelle



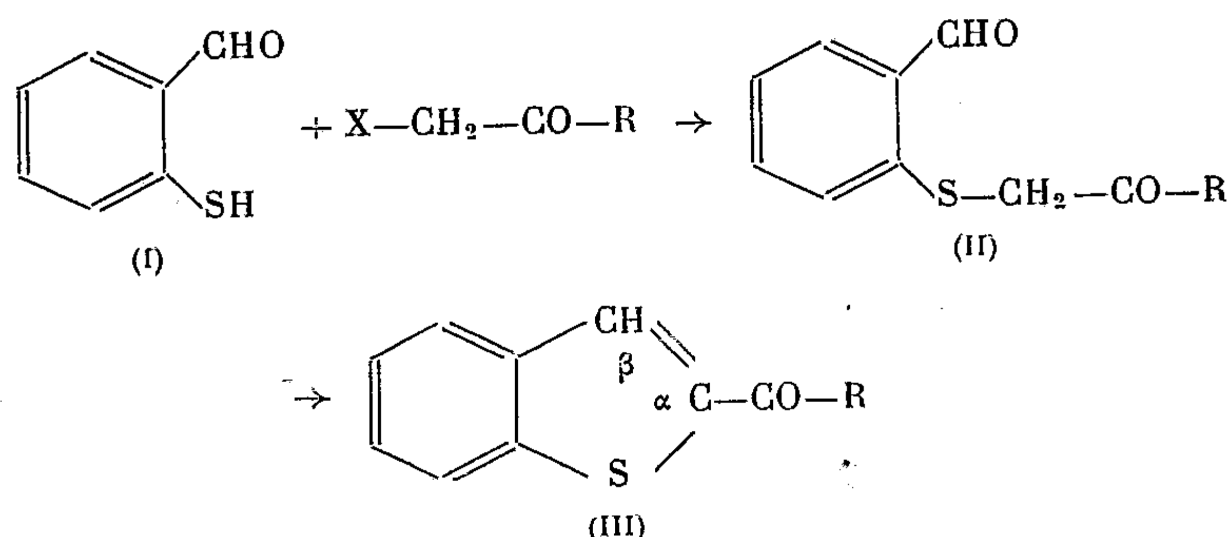
passe de 100 à 51 % Co quand la température croît de 900 à 1000°C; celle du protoxyde varie simultanément de 100 à 85 % Co. La décomposition de l'oxyde Co_3O_4 en CoO, située normalement vers 900°C constitue un cas limite de cette transformation, dont la température s'élève par substitution partielle du fer au cobalt dans le réseau de Co_3O_4.

L'ensemble de nos observations montre que les solutions solides continues $Fe_2O_3\,\gamma - Co_3O_4$ obtenues aux basses températures sont des phases métastables. C'est pourquoi leur décomposition, irréversible, n'est représentée par aucune ligne sur le diagramme, à la différence des transformations réversibles décrites aux températures plus élevées.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les α-acylthionaphtènes et leurs dérivés azotés. Condensation de l'o-mercaptobenzaldéhyde avec les cétones α-halogénées.* Note de M. **Modeste Martynoff**, présentée par M. Marcel Delépine

Préparation de α-thionaphtényl-méthyl-cétone, de α-thionaphtényl-ter. butyl-cétone et de leurs dérivés azotés caractéristiques (oximes, semicarbazones, phényl-hydrazones). Tandis que l'action de la chloracétone sur le sel de Na de l'*o*-mercaptobenzaldéhyde aboutit directement à la cétone hétérocyclique, celle de la bromopinacoline s'effectue en deux stades : condensation (par élimination de BrH) et cyclisation du produit intermédiaire (par élimination de H_2O). Les deux cétones présentent peu de différences dans leurs réactivités.

Contrairement aux dérivés β-acylés, les α-acylthionaphtènes du type (III) ont été très peu étudiés. Les connaissances actuelles relatives à ces cétones consistent en une description sommaire du premier terme de la série, l'α-thionaphtényl-méthyl-cétone, que F. Mayer (1) obtint avec un rendement de 12 % environ, en condensant l'*o*-mercaptobenzaldéhyde (I) sur la chloracétone. En modifiant les conditions opératoires indiquées par cet auteur, j'ai pu arriver à un rendement de 65 %. Les présentes recherches laissent, d'autre part, entrevoir une possibilité de généralisation de cette réaction. En effet, la condensation de la bromopinacoline avec l'*o*-mercaptobenzaldéhyde a conduit, avec un rendement à peine inférieur, à l'α-thionaphtényl-ter. butyl-cétone [formule (III) où R est $(CH_3)_3\equiv C—$].



Dans leur comportement vis-à-vis des cétones α-halogénées, les aldéhydes salicylique (2) et *o*-mercaptobenzoïque présentent la plus étroite analogie. Non seulement les rendements en cétones hétérocycliques sont tout à fait comparables, mais encore l'effet stérique du groupe $(CH_3)_3\equiv C—$ se manifeste d'une manière analogue dans les deux séries. Tandis que la condensation avec la

(1) *Ann. d. Chem.*, 488, 1931, p. 290.
(2) M. Martynoff, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2454.

chloracétone aboutit directement au produit hétérocyclique (III), l'action de la bromopinacoline s'arrête au stade intermédiaire (II), la déshydratation nécessitant une température supérieure à celle où l'on effectue la réaction.

Les dérivés azotés (oximes, semicarbazones, phénylhydrazones) des α-thionaphtényl-alcoyl-cétones (III) ont été préparés par les méthodes habituelles, en vue d'une étude spectrale. De même que dans le cas des acylcoumarones correspondantes (*loc. cit.*), les dérivés de la *ter*-butyl-cétone s'obtiennent avec beaucoup de facilité; l'influence stérique du radical $(CH_3)_3 \equiv C—$ semble se manifester moins dans la réactivité de la fonction cétonique des composés (III) que dans la mobilité des hydrogènes du groupe $—CH_2—$ des produits intermédiaires (II).

Partie expérimentale. — *α-thionaphtényl-méthyl-cétone* $C_{10}H_8OS$ [formule (III) où R est CH_3]. — 5,6 g de sel de sodium de l'*o*-mercaptobenzaldéhyde sont mis en suspension dans 25 cm³ d'alcool absolu. Après avoir ajouté au mélange une solution concentrée de 0,15 g de soude, on introduit goutte à goutte 4,5 g de chloracétone et chauffe à reflux pendant une heure. On dilue avec 30 cm³ d'eau, chasse l'alcool au bain-marie et entraîne à la vapeur d'eau. La cétone pure cristallise dans le distillat. F 88-89°. Rdt 4 g.

Oxime $C_{10}H_9ONS$. — Aiguilles incolores, F 187° (alcool ou cyclohexane). Trouvé : C % 62,67 et 62,84; H % 4,83 et 4,95; N % 7,06 et 7,05; S % 16,03 et 15,77. Calculé : 62,82; 4,70; 7,32 et 16,75.

Semicarbazone $C_{11}H_{11}ON_3S$. — Petites aiguilles incolores, F inst. 278° (alcool). Trouvé : C % 56,59 et 56,46; H % 4,66 et 4,69; N % 18,35 et 18,47; S % 14,25 et 13,99. Calculé : 56,65; 4,72; 18,02 et 13,73.

Phénylhydrazone $C_{16}H_{14}N_2S$. — Cristaux à peine jaunâtres, F 178° (alcool). Trouvé : C % 72,35; H % 5,47; N % 10,33 et 10,30; S % 12,44 et 12,45. Calculé : 72,18; 5,26; 10,52 et 12,03.

α-thionaphtényl-ter. butyl-cétone : $C_{13}H_{14}OS$ [Formule (III) où R est $(CH_3)_3 \equiv C—$]. — A une suspension de 11,2 g de sel de sodium de l'*o*-mercaptobenzaldéhyde dans 50 cm³ d'alcool absolu, on ajoute successivement 0,3 g de soude et 15,5 g de bromopinacoline. Après avoir chauffé à reflux pendant une heure, on dilue avec 50 cm³ d'eau, chasse l'alcool et entraîne l'excès d'halogénure à la vapeur d'eau. L'huile non entraînable, constituée par le sulfure (II), est soumise à une distillation sous pression réduite au cours de laquelle ce sulfure se cyclise. La cétone cyclique (III) passe presque intégralement vers 200° sous 22 mm en entraînant avec elle des gouttelettes d'eau. Bien séchée, elle est rectifiée : E_{13} 181°. Le distillat se prend en une masse cristalline F 37°. Rdt 7 g. Trouvé : C % 70,65 et 70,65; H % 6,46 et 6,42; S % 14,43 et 14,30. Calculé : 71,55; 6,42 et 14,67.

Oxime : $C_{13}H_{15}ONS$. — Cristaux incolores F 199° (cyclohexane). Trouvé : C % 66,91 et 66,75; H % 6,62 et 6,44; N % 5,72 et 5,80; S % 13,30 et 13,42. Calculé : 66,95; 6,43; 6,00 et 13,73.

Semicarbazone : $C_{14}H_{17}ON_3S$. — Fins cristaux incolores F 204° (cyclohexane). Trouvé : C % 61,90 et 61,88; H % 6,57 et 6,48; N % 14,84 et 15,01; S % 11,73 et 11,55. Calculé : 61,09; 6,18; 15,27 et 11,62.

Phénylhydrazone : $C_{19}H_{20}N_2S$. — Aiguilles incolores soyeuses F 124° (alcool). Trouvé : C % 74,22; H % 6,68; N % 8,70 et 8,75; S % 10,04 et 10,49. Calculé : 74,02; 6,49; 9,09 et 10,38.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude de l'addition de l'isocyanate de phényle sur les fonctions alcool de la cellulose.* Note de M. **Pierre Schneebeli**, transmise par M. Jacques Duclaux.

L'isocyanate de phényle s'additionne en présence de pyridine à 100 et 80° sur les OH de la cellulose séchée à 105°. L'isocyanate estérifie d'abord les OH facilement accessibles à l'eau et non bloqués dans le réseau cristallin de la cellulose. Quand environ 30 % des OH sont liés, le réactif pénètre progressivement dans les parties orientées de la cellulose et rend de nouvelles régions accessibles à la vapeur d'eau.

L'isocyanate de phényle (C_6H_5—N=C=O) est souvent utilisé en chimie organique pour caractériser une fonction alcool. Nous avons fait réagir ce réactif sur la cellulose sèche en présence de pyridine anhydre à 100 et 80° C et nous avons essayé de suivre la progression de la réaction dans les fibres de linters de coton par des méthodes chimiques (détermination de taux d'azote) et physico-chimiques (examen aux rayons X, sorption de la vapeur d'eau).

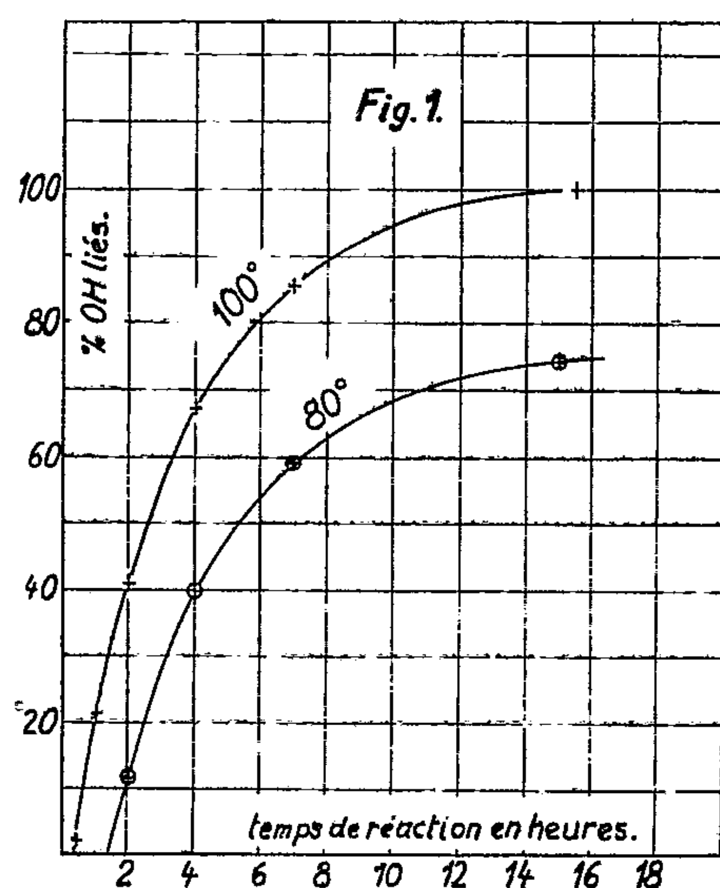
Partie expérimentale. — 1° L'addition du phénylisocyanate sur les fonctions alcool de la cellulose a été effectuée dans des tubes scellés. La cellulose [1] est séchée pendant 4 h à 105° par un courant d'azote sec. Les tubes contenant la cellulose sèche, l'isocyanate de phényle en excès et la pyridine sèche, sont portés à 100° ± 1 ou 80° ± 1; un dispositif d'agitation assure un bon mélange. Pour arrêter la réaction, le contenu du tube est versé dans du méthanol pur anhydre agité vigoureusement. Le taux d'azote des échantillons, purifiés par extraction au méthanol, est déterminé par microkjeldahl; 2° Examen aux rayons X : les échantillons ont été exposés au rayonnement du cuivre filtré par du nickel; 3° La sorption de la vapeur d'eau a été déterminée dans un dessiccateur contenant un mélange d'acide sulfurique et d'eau. L'équilibre de sorption des échantillons portés dans des atmosphères à 40 et 81,5 % d'humidité relative, est atteint au bout de 15 à 20 jours.

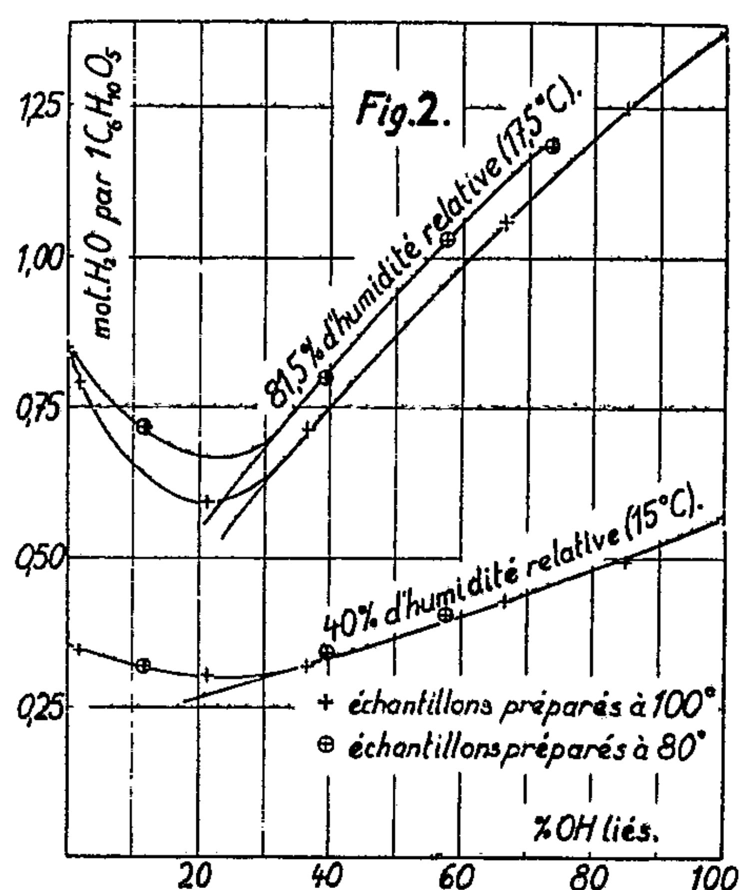
Résultats et interprétations. — 1° A mesure que la réaction progresse, les fibres gonflent et se dispersent de plus en plus dans le mélange réac-

---

[1] Nous avons utilisé des linters de coton américains, blanchis industriellement par la Buckeye Cotton Oil Company (Degré de polymérisation mesuré dans la cupriéthylènediamine : 880).

tionnel. On obtient finalement une solution limpide, très visqueuse. Le degré d'estérification des échantillons (obtenus à 100 et 80°), en fonction de la durée de la réaction, est représenté par les deux courbes de la figure 1. Ces courbes montrent la régularité de la réaction et son « inertie » au début ([2]). Après 15 h, à 100°, tous les OH de la cellulose sont estérifiés; à 80° au bout du même temps de réaction, 75 % seulement des OH sont estérifiés.





2° L'examen aux rayons X du triphénylcarbamate de cellulose purifié nous a permis de déterminer une périodicité de 15 Å environ, caractéristique de l'ester. L'étude aux rayons X des échantillons obtenus à 100° donne : *a*. pour 21,4 % d'OH liés : le diagramme de la cellulose; *b*. pour 36,6 et 66,7 % d'OH liés : le diagramme de la cellulose et l'apparition de la périodicité de 15 Å, observée précédemment pour le tricarbamate de cellulose; *c*. pour 85,3 et 100 % d'OH liés : le diagramme de la cellulose n'est plus visible, par contre, la périodicité de 15 Å devient de plus en plus intense.

Ces diagrammes semblent montrer que, dans nos conditions d'expérience, l'estérification des premiers OH ne perturbe pas les régions orientées de la cellulose. A partir d'un degré d'estérification compris entre 21,4 et 36,6 % d'OH liés, les diagrammes de rayons X montrent que la réaction progresse dans les parties orientées de la cellulose et qu'il y a coexistence de deux phases distinctes : une phase, donnant le même diagramme que

([2]) Cette « inertie » est due en partie au temps d'échauffement assez long du mélange réactionnel (25 mn pour porter le tube de 20 à 100°).

le triphénylcarbamate de cellulose et une autre phase correspondant à la cellulose orientée non altérée. Pour des degrés d'estérification élevés, les dernières traces de cellulose native disparaissent (la dissolution des fibres dans le mélange réactionnel doit y contribuer).

3° Le nombre de molécules d'eau absorbées au point de vue statistique par un groupe $C_6H_{10}O_5$ dépend du degré d'estérification des échantillons (*fig.* 2). Pour de faibles additions de phénylisocyanate, la quantité d'eau retenue par le produit décroît régulièrement à mesure que le degré d'estérification augmente. Elle passe par un minimum, puis croît et atteint finalement une valeur supérieure à celle de la cellulose initiale.

Ces résultats permettent une distinction entre les fonctions alcool de la cellulose : *a*. Les premiers OH estérifiés ne semblent pas (du moins en majorité) être bloqués dans le réseau cristallin de la cellulose. L'hydrophilie de ces OH est supérieure à celle des groupes phénylcarbamates qui les remplacent (la courbe de sorption décroît). *b*. A mesure que l'estérification continue, la réaction progresse dans les parties orientées de la cellulose et rend de nouvelles régions de la cellulose accessibles à la vapeur d'eau (la courbe de sorption croît).

En extrapolant du côté des faibles degrés d'estérification la portion de la courbe expérimentale montante, correspondant aux degrés d'estérification élevés, on constate que la courbe extrapolée s'écarte de la courbe expérimentale, quand environ 30 à 32 % des OH ont été liés. On peut supposer que la différence entre ces deux courbes est due à l'eau liée aux OH de la cellulose non bloqués initialement dans le réseau et qui sont facilement accessibles à la vapeur d'eau. Dans cette hypothèse, on peut estimer que la proportion de ces OH est d'environ 30 % dans le linters de coton étudié.

GÉOLOGIE. — *Découverte du Terrain Silurien dans la région de Laruns* (*Basses-Pyrénées*). Note de M. **Marius Dalloni**, présentée par M. Charles Jacob.

La carte géologique au 80 000e (Feuilles d'*Urdos* et de *Mauléon*) donne le Dévonien comme étant le plus ancien terrain *en place* dans cette partie des Basses-Pyrénées, le Silurien apparaissant seulement dans le petit lambeau de recouvrement d'Heylé et Sainte-Engrace, en Pays basque.

En revisant pour le Service de la Carte géologique les formations primaires de la Feuille d'Urdos, j'ai reconnu dans son angle Nord-Est, tout près de sa limite avec celle de Mauléon, l'existence du Gothlandien fossilifère au bord du ruisseau qui, partant de Laruns, remonte, sur la rive gauche du Gave d'Ossau, vers le Col d'Arriutort. Sous le Dévonien inférieur schisteux très développé, affleure une bande étroite de schistes carburés typiques, subverticaux, extrêmement plissotés et associés à quelques bancs de

calcaire noir et de quartzite. Ces couches sont riches en pyrite, qui a donné lieu à une fouille de recherche minière sur ce point compris dans le périmètre de la concession de Bastèque, instituée d'ailleurs pour d'autres minerais (blende, galène et cuivre gris) en relation avec le Dévonien calcaire; les eaux qui sourdent près de là sont recouvertes d'une pellicule irisée d'oxyde de fer.

Les schistes subardoisiers présentent de nombreuses empreintes de Graptolites, que Miss Elles a bien voulu déterminer : ce sont *Monograptus concinnus* Lapworth (très abondant), *M. jaculum* Lapworth (commun), *M. leptotheca* Lapworth, *M. regularis* Tornquist, *M. sedgwicki*? Portlock, *Glyptograptus serratus* Elles et Wood, *Petalograptus palmeus* Barrande. D'après cette spécialiste, cette faunule appartient au sommet du Valentien inférieur (Zone à *Monograptus sedgwicki*).

Il faut noter que dans la révision des Graptolites pyrénéens, faite en 1930 par J. W. Laverdière [1], les trois premières espèces, ainsi que *Petalograptus palmeus*, ne sont pas mentionnées et la base du Llandovery est indiquée comme n'ayant pas encore fourni de faune graptolitique; cependant, je les signalais la même année tous les quatre dans les Pyrénées catalanes [2] en remarquant que le Valentien inférieur était resté jusque-là inconnu dans la chaîne. On sait maintenant qu'il y est représenté sur les deux versants.

Par contre, seuls les étages de Wenlock et de Ludlow sont caractérisés dans le Pays basque.

L'opinion erronée que le Dévonien formait toujours, dans les montagnes de la vallée d'Ossau, comme à l'Ouest dans celles de la vallée d'Aspe, l'axe des anticlinaux, venait à l'appui du fait que l'effort orogénique s'y était notablement affaibli dans le sens vertical; la découverte du Silurien de Laruns montre qu'il a été, toutefois, plus accentué qu'on ne pensait.

SÉDIMENTOLOGIE. — *Variation du* pH *dans l'épaisseur d'une vase fluvio-marine.* Note de M. **Jacques Debyser**, transmise par M. Pierre Pruvost.

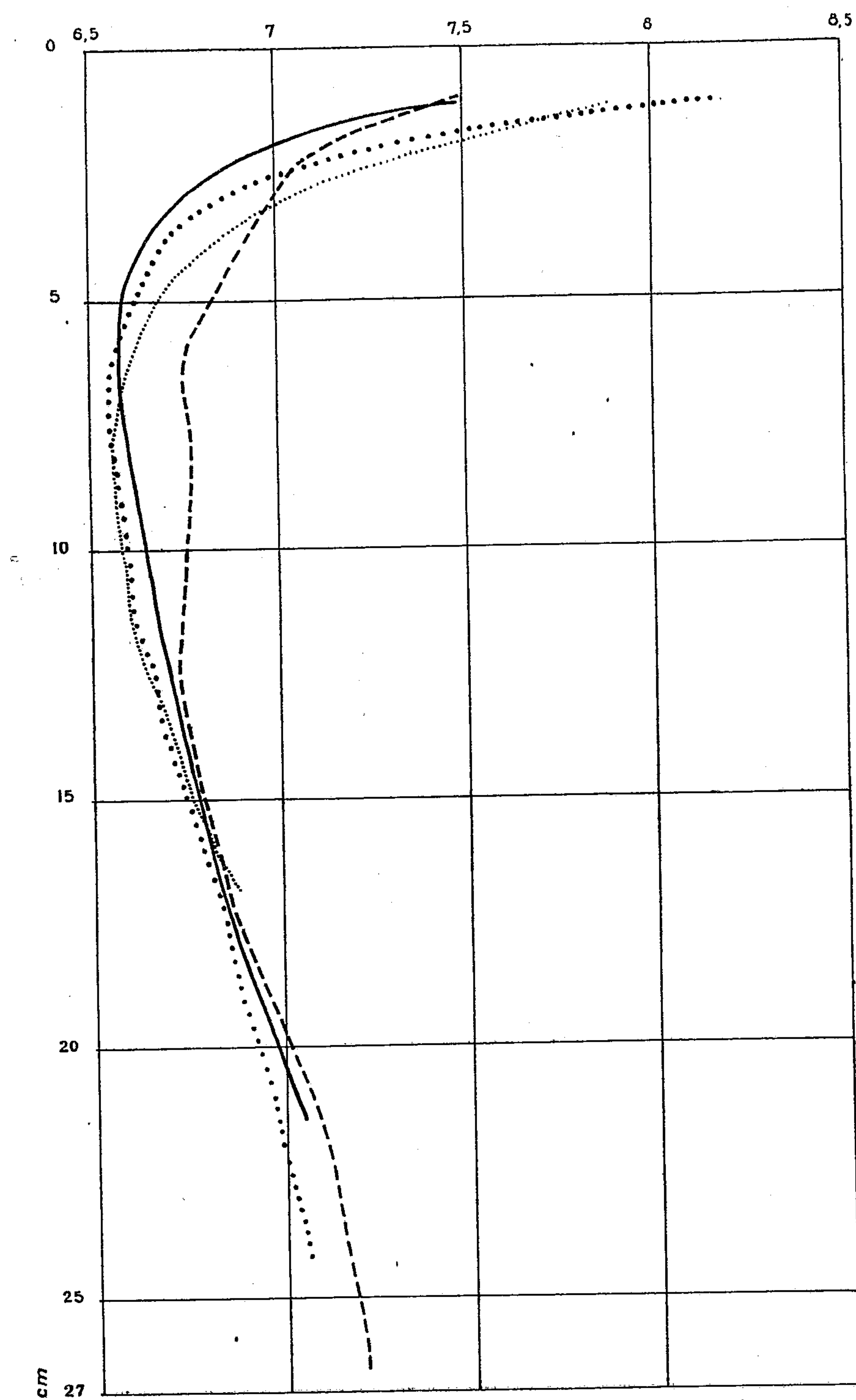
Des mesures de pH ont été faites à la vasière du Bout-Blanc, entre la surface du sédiment et — 25 cm, près de la Station océanographique du C. R. E. O. à La Rochelle. En ce point, la salinité de l'eau varie entre 20 et 30 %; nous considérons cette vase comme fluvio-marine, sans pour cela préjuger de son mode de sédimentation.

Un « Beckman pH-meter » et une électrode de verre ont été utilisés pour ces mesures. L'appareil était équipé avec des électrodes externes,

---

(1) *Mém. Soc. géol. du Nord*, **10**, 1930, n° 2, p. 63-82.

(2) *Ann. Fac. des Sciences de Marseille*, **26**, fasc. 3, 1930, p. 63 et suiv.



Variation du pH en fonction de la profondeur pour 4 échantillons de vase fluvio-marine (Vasière du "Bout-Blanc" - 21 10 51)

lesquelles étaient montées sur un support mobile qui se déplaçait verticalement au moyen d'une vis, permettant de les enfoncer progressivement dans la vase. Les mesures étaient effectuées au maximum 30 mn après le prélèvement. Pour ne pas détruire la structure de l'échantillon, nous avons opéré sur des carottes d'un diamètre jamais inférieur à 8 cm.

Nous avons pu effectuer des mesures à l'intérieur du sédiment jusqu'à une profondeur de 25 cm, limite non dépassée parce qu'au-dessous de ce niveau se trouvait un banc de sable dans lequel il eût été impossible d'enfoncer des électrodes.

Au-dessous de la pellicule superficielle, le pH décroît très rapidement et passe par un minimum situé entre —4 et —10 cm. A ce niveau, le pH est franchement acide; il varie entre 6,55 et 6,80. Au-dessous de ce niveau, le pH croît, mais lentement : il est voisin de 7 entre —19 et —22 cm. Les mesures effectuées sur quatre carottes prélevées à 35 m les unes des autres ont donné des courbes très voisines.

Par ailleurs, des expériences qui seront publiées ultérieurement ont montré que l'alcalinité de la surface était surtout due à l'activité photosynthétique des protistes.

Le maximum d'acidité pourrait être dû à l'activité microbienne intense et, en particulier, à l'accumulation des produits acides de fermentation. En profondeur, les valeurs neutres trouvées sont peut-être la conséquence de la diminution de cette même activité microbienne. Des expériences sont en cours à ce sujet.

LIMNOLOGIE. — *Sur la présence en été, dans le Lac Pavin, d'une couche dépourvue d'oxygène, vers 70 m de profondeur.* Note de M. **Luc Olivier**, présentée par M. Louis Fage.

Étant donné la grande profondeur relative (92 m pour 44 ha) du Lac Pavin (Puy-de-Dôme), un des plus « creux » de France, il était intéressant d'étudier la teneur en oxygène de ses couches profondes. On ne connaissait à ce sujet que les dosages de Wurtz (1) faits le 20 juillet 1943, à 50-70 m lui donnant à une température de 4°,4 une concentration en oxygène dissous de 8,34 cm^3 : l, ce qui l'avait amené à conclure qu' « il n'y a pas de diminution d'oxygène en profondeur ».

Les 24 mai, 11 juin et 16 août 1951, j'ai donc fait, entre 15 et 18 h, des dosages d'oxygène dissous en profondeur dans le Lac Pavin. Opérant avec une bouteille Richard munie d'un thermomètre à renversement, et employant pour le dosage de l'oxygène la méthode classique de Winkler, j'ai constaté, comme le montrent le tableau et les courbes reproduites ici, le 24 mai, vers 65 m, une

(1) *Ann. Sta. centr. Hydr. ap.*, 1, 1945, p. 100.

baisse très nette de la teneur en oxygène par rapport aux couches voisines et le 11 juin, à 70 m, une couche totalement dépourvue d'oxygène. La prise d'eau et le dosage refaits immédiatement pour vérification ont abouti au même résultat.

	Lac Pavin, 24 mai 1951.				Lac Pavin, 11 juin 1951.			
Profondeur (m).	t (°C).	$\frac{O_2}{t}$.	O_2.	Δ.	t (°C).	$\frac{O_2}{t}$.	O_2.	Δ.
0......	11	9,2	7,69	+1,51	12	6,4	7,52	−1,12
2......	9	–	–	–	–	–	–	–
5......	5,7	9,7	8,75	+0,95	10	–	–	–
10......	5,4	9,6	8,81	+0,79	6	9,3	8,68	+0,62
20......	4,4	9,7	9,04	+0,66	4,2	9	9,11	−0,11
30......	3,8	8,3	9,15	−0,85	3,8	8,5	9,15	−0,65
40......	–	–	–	–	4	7	9,14	−2,14
50......	4	7,1	9,14	−2,04	4	4,6	9,14	−4,54
60......	–	–	–	–	4,4	2,5	9,04	−6,54
65......	4,6	2,3	9	−6,7	–	–	–	–
70......	–	–	–	–	5	0	8,90	−8,90
80......	5	4,3	8,9	−4,6	5	3,2	8,90	−5,7

	Lac Pavin, 16 août 1951.				Lac Chauvet, 16 août 1951.			
0......	16,1	8,5	6,87	+1,63	17,5	7,7	6,68	+1,02
5......	15,5	–	–	–	16,2	–	–	–
10......	7,4	9,2	8,38	+0,82	6,7	9,27	8,53	+0,74
20......	5,1	9,9	8,88	+1,02	4,9	9,18	8,93	+0,25
30......	4	9,2	9,14	+0,06	4,8	8,37	8,95	−0,58
40......	4	9,2	9,14	+0,06	4,6	9,2	9	+0,2
50......	4,2	6,5	9,11	−2,61	4,5	7,2	9,02	−1,82
60......	4,4	2,3	9,04	−6,74	4,4	6,3	9,04	−2,74
70......	4,9	0	8,94	−8,94				
80......	5,2	9,1	8,86	+0,24				
90......	5,1	0	8,88	−8,88				

Nota. — $\frac{O_2}{t}$ et O_2 désignent respectivement les valeurs d'oxygène dissous en centimètres cubes au litre et la valeur de saturation à la température indiquée; Δ, la différence entre ces deux valeurs.

Nouvelles analyses le 16 août qui donnent encore 0 cm³ d'oxygène par litre à 70 m. En revanche, à 80 m on notait une légère sursaturation (+ 0,24) dans une couche sans doute de faible épaisseur. En effet les eaux, au voisinage du fond, étaient de nouveau dépourvues d'oxygène; mais on sait qu'à ce niveau les réactions réductrices dont la vase est le siège en sont la cause. Quant à l'absence d'oxygène vers 70 m, nous n'avons pour le moment aucune explication à proposer; mais, comme il s'agit là de 4 séries de mesures, faites à trois époques différentes et en des points assez éloignés les uns des autres, le fait paraît bien établi.

D'autre part, il est à noter qu'au Lac Chauvet qui, dans la région, est le lac qui se rapproche le plus par ses caractéristiques du Lac Pavin, le même 16 août, en fin de soirée, j'ai fait des prélèvements et dosages d'oxygène en profondeur qui m'ont donné des résultats tout différents : diminution graduelle et lente de la concentration oxygène jusqu'au fond (63 m) où l'on trouve encore 6,3 cm³ : l.



Fig. 1.

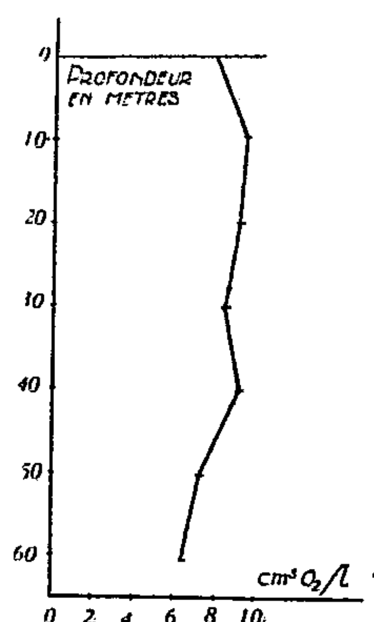


Fig. 2.

Fig. 1. — Lac Pavin. Courbes des concentrations d'oxygène en profondeur : en pointillé, courbe du 24 mai; en trait interrompu, courbe du 11 juin; en trait plein, courbe du 16 août.

Fig. 2. — Lac Chauvet. Courbe des concentrations en oxygène suivant la profondeur, le 16 août.

Contrairement à l'opinion de Wurtz, cette Note met en évidence au lac Pavin, vers 70 m de profondeur, dans le cours de l'été, la présence d'une couche dépourvue d'oxygène dont je me propose de déterminer la cause, l'épaisseur, l'étendue et les variations probables dans le temps et l'espace.

CHIMIE BIOLOGIQUE VÉGÉTALE. — *Recherches sur quelques dérivés de l'hydroxy-4 coumarine inhibiteurs de la germination et de la croissance des plantes.* Note de MM. **Jean Lacharme**, **Paul Vercier**, **Charles Mentzer** et **Georges Nétien**, présentée par M. Maurice Javillier.

La fixation de certains substituants sur la molécule d'hydroxy-4 coumarine augmente l'action inhibitrice de cette dernière vis-à-vis de la germination des graines de Lentilles et de Blé. En particulier, l'(α-naphtyl)-3 hydroxy-4 benzo-6.7 coumarine représente le corps le plus actif de cette série, son action inhibitrice s'étant révélée supérieure à celle de la coumarine et des autres composés lactoniques jusqu'ici étudiés.

De nombreux travaux ont montré l'action inhibitrice de la coumarine sur la

germination et la croissance des plantes (¹). Il nous a paru intéressant d'étudier de nouveaux dérivés de l'hydroxy-4 coumarine comparativement à la coumarine. A part la coumarine et l'hydroxy-4 coumarine, les substances expérimentées ont été synthétisées suivant la technique publiée par deux d'entre nous (²). Ce sont les dérivés de l'hydroxy-4 coumarine substitués en position 3 par un groupe méthyle, phényle et α-naphtyle. A côté de ces composés déjà décrits, ont été préparés l'(α-naphtyl)-3 hydroxy-4 benzo-6.7 coumarine (Rdt 51 %, F 211°) et l'(α-naphtyl)-3 hydroxy-4 benzo-7.8 coumarine (Rdt 68 %, F 248°) (³).

Technique expérimentale. — Le matériel est constitué par du Blé Vilmorin n° 27 et des graines de Lentilles (Lentille blonde du Nord). Ces graines sont trempées 24 h, après désinfection préalable, dans les solutions des corps à étudier, à la concentration moléculaire de $M.10^{-3}$ et $M.10^{-4}$, préparés par mélange de l'hydroxy-coumarine avec la quantité théorique de NaOHN/10 pour obtenir le sel de sodium (pH des solutions entre 7,2 et 7,3). Les graines sont ensuite lavées et placées dans des boîtes de Pétri garnies de coton hydrophile saturé d'eau de la ville. Chaque expérience comporte un lot de 50 graines par boîte; l'ensemble est placé dans un germinateur à l'obscurité et à température constante de 24° (série I). Dans une autre série, les graines sèches sont disposées sur le coton contenant la solution à examiner (série S). Deux témoins sont constitués, l'un avec l'eau de la ville, l'autre avec une solution de coumarine aux doses M 1460 (dose limite de solubilité dans l'eau) et $M.10^{-4}$. L'expérience est arrêtée au septième jour; le pourcentage de germination est calculé, la croissance des plantules est traduite par le poids sec. Le tableau ci-après indique les pourcentages de germination par rapport au témoin-eau.

Ces résultats appellent les observations suivantes : Sur la germination proprement dite, on note une sensibilité plus marquée de la Lentille par rapport au Blé. Dans son ensemble, l'action de l'hydroxy-4 coumarine est moins inhibitrice que celle de la coumarine. Les différences constatées dans les deux séries (I) et (S) montrent que les graines en contact avec la solution sont plus touchées. Les poids secs, traduisant l'inhibition de croissance de la plantule, indiquent que si la phase germinative s'effectue normalement, un bloquage se produit ultérieurement (exemple : phényl-3 hydroxy-4 coumarine : S, 100 %; poids sec, 56 %). D'une façon plus générale, dans la série des hydroxy-4 coumarines, l'inhibition de croissance des plantules est fonction de la valeur du substituant placé en position 3; elle est d'autant plus grande que celui-ci est plus condensé. L'ordre de grandeur serait : méthyl < phényl < α-naphtyl. L'addition d'un groupement benzo sur le noyau de la coumarine

(¹) Mlle G. Graillot, J. Guérillot et Mme J. Guérillot-Vinet, *Ann., E. N. A.*, de Grignon, 6, 1947-1948, p. 5.

(²) P. Vercier, D. Molho et C. Mentzer, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, (5), 17, 1950, p. 1248 et C. Mentzer et P. Vercier, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1674.

(³) La totalité des substances ainsi essayées (au nombre de 25) fera l'objet d'une prochaine publication.

exalte encore cette action. Les corps ainsi constitués sont des inhibiteurs plus puissants que la coumarine et que le dicoumarol. Une étude comparée entre l'activité de la coumarine et de son dérivé hydroxylé en position 4 montre que le groupement oxhydrile diminue l'activité; par contre, il permet une dissolution plus facile grâce à l'obtention de sels alcalins. L'adjonction de substituants de plus en plus lourds en position 3 rétablit et augmente l'action inhibitrice.

		Blé				Lentille			
		M.10⁻³.		M.10⁻⁴.		M.10⁻³.		M.10⁻⁴.	
Corps essayés.		Germ. (%).	Poids sec (*) (%).	Germ. (%).	Poids sec (*). (%).	Germ (%).	Poids sec (*) (%).	Germ. (%).	Poids sec (*) (%).
Coumarine.	I...	100	86	100	90	100	95	100	91
	S...	80	14	100	93	74	34,5	100	60
Hydroxy-4 coumarine.	I...	92	100	100	100	96	70	100	100
	S...	100	100	100	100	92	17	100	100
Méthyl-3 hydroxy-4 coumarine.	I...	100	99	100	100	100	77	100	100
	S...	100	95	100	100	75	19	100	90
Phényl-3 hydroxy-4 coumarine.	I...	100	100	100	–	82	30,5	100	–
	S...	100	56	100	–	45	13	100	–
(α-naphtyl)-3 hydroxy-4 coumarine.	I...	100	95	100	100	63	2	100	52,5
	S...	92	26	100	77	20	0,5	80	50
(α-naphtyl)-3 hydroxy-4 benzo-6.7 coumarine.	I...	88	73	98	93	20	1	92	52
	S...	22	3,5	90	51	12	3	88	34
(α-naphtyl)-3 hydroxy-4 benzo-7.8 coumarine.	I...	52	77	94	86	40	13	100	75
	S...	80	20	92	37,5	52	11	78	30

I : Graines immergées; S : Graines sèches.

(*) Le deuxième chiffre donne la valeur des poids secs toujours par rapport au témoin-eau.

CHIMIE AGRICOLE. — *Fixation du cuivre dans les sols calcaires.* Note de M. **Pierre Boischot** et Mme **Pierre Quillon**, présentée par M. Albert Demolon.

L'ion cuivre est fixé à l'état échangeable par le complexe absorbant des sols (1). Les quantités apportées par les traitements antiparasitaires sont de l'ordre de 5 à 20 kg Cu par hectare et par an. Nous nous sommes proposé de préciser comment se comporte cet élément dans les terres calcaires.

Précipitation du cuivre. — Des solutions de sulfate de cuivre de concentrations variables (1 à 400 mg : l) sont précipitées par de l'eau de chaux

(1) L. Lavollay, *Ann. Chim. analyt.*, 17, 1935, p. 229.

en présence de nitrate de calcium [20 cm^3 $(NO_3)_2Ca$ 0,003 N pour 25 cm^3 de solution]. On mesure le pH après précipitation. Nous avons ainsi constaté les faits suivants :

1° La précipitation du cuivre commence à pH 5,3.

2° La quantité de cuivre précipité augmente avec le pH.

3° Le pourcentage de cuivre précipité est d'autant plus élevé, à pH égal, que la solution est plus concentrée.

4° Étant donné les quantités de Cu tombant sur le sol et le pH des terres calcaires ($pH \geq 7$), les solutions circulant dans le sol ne peuvent atteindre une concentration supérieure à 4 mg : l.

Étude de la solution du sol. — Comment se comporte une telle solution en présence de grains calcaires? Pour nous en rendre compte, nous avons réalisé un certain nombre d'expériences avec des solutions d'une concentration de l'ordre de 1 à 4 mg : l en faisant varier la concentration, la quantité de calcaire, le temps de contact.

Ces expériences ont montré que :

1° Plus la concentration est élevée, plus la quantité de cuivre fixé pour-cent de cuivre introduit est forte.

2° Néanmoins, la concentration finale de la solution du sol reste d'autant plus forte que la concentration de la solution initiale est plus élevée.

3° La fixation se fait rapidement et est terminée après 1 h de contact.

4° La fixation du cuivre ne se fait pas par adsorption, la quantité fixée par gramme de calcaire étant sensiblement constante alors que celle fixée par centimètre carré va en diminuant au fur et à mesure que les grains sont plus fins.

5° En présence de grains calcaires, la concentration de la solution du sol est faible et ne dépasse pas 0,1 à 0,4 mg Cu : l.

Cette conclusion des expériences de laboratoire, se trouve confirmée dans la pratique. C'est ainsi que la solution d'un sol d'un vignoble bordelais recevant depuis de très nombreuses années des quantités importantes de bouillie bordelaise (Cu total du sol = 0,32 ‰) avait une concentration de 0,244 mg : l.

Toxicité sur la germination. — On a placé dans des boîtes de Pétri 100 g de terre de limon non calcaire à laquelle on ajoutait ou non 50 % de CO_3Ca et 30 cm^3 d'une solution de sulfate de cuivre. Cinquante graines de colza étaient mises à germer par boîte.

Titre de la solution en Cu pour 1 000	0,01.	0,1.	1.	5.	10.	30.	60.
A. *Terre seule.*							
Graines germées après 4 jours	50	50	50	28	1	0	0
B. *Terre* + CO_3Ca.							
Graines germées après 4 jours	50	50	50	45	43	27	1

Si l'on dose le cuivre dans la totalité des graines germées ou non après 4 jours, on voit qu'elles ont absorbé :

Terre sans calcaire	24	mg de Cu
Terre avec calcaire	2,8	

Ainsi donc :

1° Pour une solution du sol contenant jusqu'à 1 ‰ de cuivre, la germination n'a pas été gênée.

2° La présence de calcaire diminue beaucoup la toxicité du cuivre.

3° La concentration des solutions du sol en cuivre dans les terres calcaires est beaucoup plus faible qu'en sol dépourvu de CO_3Ca; le cuivre absorbé par les plantes en germination a été 10 fois moindre.

Conclusions. — Aux doses employées dans la pratique, le cuivre des traitements antiparasitaires ne peut, en terre calcaire, avoir une action toxique sur la végétation, les solutions du sol n'ayant qu'une concentration de l'ordre de 0,1 à 0,4 mg : l.

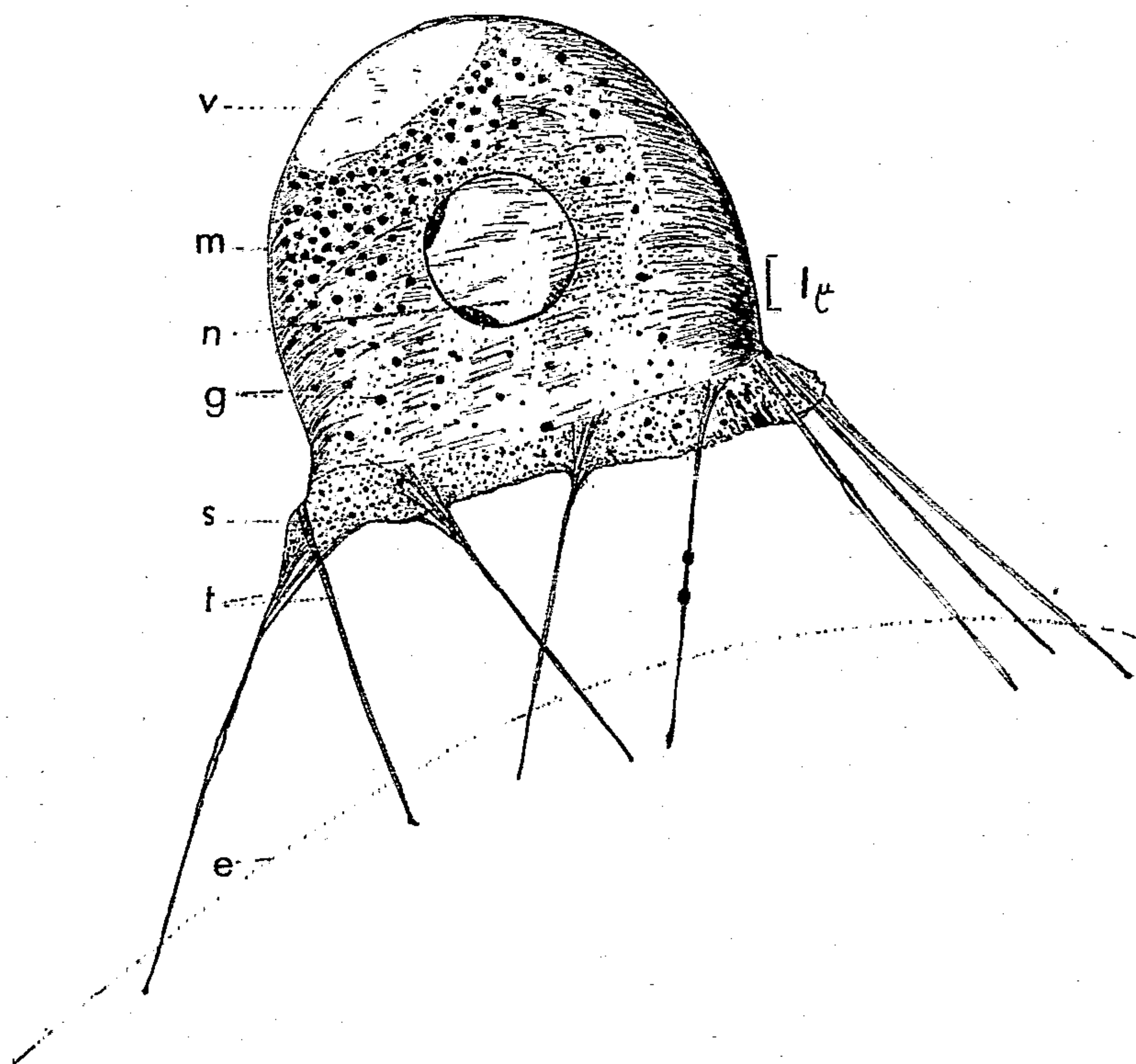
PROTISTOLOGIE. — *Parasitisme de certains Ciliés astomes par un protozoaire nouveau :* Spherasuctans Emeriti *N. G. N. Sp.* Note de M. **Pierre de Puytorac**, présentée par M. Louis Fage.

Description de certaines parties du cycle d'un Protozoaire nouveau, parasite de Ciliés. à caractères ambigus. Par suite de phénomènes probables de convergence, certains évoquent, en effet, les Rhizopodes, d'autres les Acinétiens. Il s'agirait d'un Mastigié au sens large de Chatton.

Nous avons observé des excroissances réfringentes et immobiles fixées sur des Astomes commensaux du tube digestif de quelques *Helodrilus longus* (Ude) récoltés en Algérie en décembre, appartenant au genre *Anoplophrya* et d'espèce différente mais voisine de l'*A. lumbrici*. Qu'ils soient isolés ou réunis et tassés, dans les cas d'infection massive, en un ensemble confus, ces corpuscules sont toujours localisés à la partie postérieure des Ciliés, vraisemblablement pour des raisons mécaniques De formes et de dimensions différentes, ils représentent des stades d'évolution d'un même organisme, non décrit, que nous nommons : *Spherasuctans Emeriti*, dédié à M. M. Emerit auquel nous devons les Vers.

Forme hémisphérique uninucléée. — C'est une masse de 5 à 8 μ de diamètre, à polarité nette, hémisphérique, entourée à la périphérie d'une membrane mince et déformable dont la surface est, à ce stade, apparemment lisse et nue et qui s'interrompt au contact du Cilié. Là, le cytoplasme s'étale en une sole qui normalement s'applique étroitement sur l'animal parasité et d'où partent des pseudopodes. Ils forment des tentacules grêles et recti-

lignes, irrégulièrement calibrés, en nombre variable, plus ou moins disposés en couronne, dont certains sont toujours obliquement situés, qui pénètrent dans l'ectoplasme de l'hôte. Bien que leur extrémité, légèrement capitée, ne paraisse pas s'enfoncer plus profondément, ils assurent une fixation solide et leur élasticité permet aux *Spherasuctans* de se maintenir amarrés au Cilié, même quand le reste de l'organisme, décollé de la paroi, traîne à plusieurs dizaines de microns derrière lui. Sur l'animal artificiellement isolé, ils sont flexueux et lentement mobiles (*figure*).



Spherasuctans Emeriti légèrement décollé de la paroi du Cilié, pour mieux mettre en évidence les tentacules. v., vacuole; m., membrane; n., noyau; s., sole cytoplasmique; t., tentacules; e., limite de l'ectoplasme de l'Astome; g., globules lipidiques.

Le cytoplasme renferme de nombreux granules lipidiques, très réfringents, noircissant à l'acide osmique, colorables en rouge orangé par le Soudan III, irrégulièrement répartis, mais concentrés surtout au pôle opposé à la zone de fixation, où ils forment un abondant deutoplasme entourant une vacuole. Au-dessous de celle-ci, un noyau sphérique, de 3 μ de diamètre environ, unique, sans caryosome, contenant des granules chromatiques disposés à la périphérie, colorés avec intensité par la réaction de Feulgen, occupe la région centrale.

Forme plasmodiale plurinucléée. — Elle dérive de la précédente par divi-

sions répétées du noyau. Perdant progressivement la forme hémisphérique qui persiste encore à l'état binucléé, le *Spherasuctans* devient un plasmode étalé en une demi-couronne de 25 μ de longueur sur 10 μ de largeur, moulant toute la partie postérieure du Cilié, à laquelle il est accroché par de courts pédoncules de fixation. Le cytoplasme, toujours riche en inclusions lipidiques, possède deux à trois vacuoles et peut contenir au moins huit noyaux ovalaires irrégulièrement disposés. Des étranglements tendent à isoler chaque noyau dans une portion de cytoplasme, bien que celui-ci reste encore indivis. La surface du plasmode en division est alors boursouflée et porte de fins prolongements mobiles et quelques apophyses, qu'on supposerait de nature flagellaire si elles n'étaient immobiles.

Forme « amœbienne » uninucléée. — Dérivant peut-être des précédentes divisions, c'est une cellule, à gros noyau sphérique, en forme de triangle isocèle de 6 μ de hauteur et 2 μ à la base, dont le sommet se prolonge pour former un pédoncule de fixation. Il est possible, mais non certain, qu'elle redonne la forme hémisphérique initiale, bouclant ainsi un cycle.

Spherasuctans Emeriti est un être ectoparasite et non point simplement phorétique. Puisant dans l'Astome la nourriture qui lui permet de s'accroître et de se multiplier, il provoque des nécroses dans le corps de ses victimes, marquées en particulier par une désorganisation locale de l'infraciliature. Sa spécificité parasitaire paraît limitée au moins au genre *Anoplophrya*, car nous n'avons observé aucune adhérence avec les *Metaradiophrya* et les *Maupasella*, abondants dans le tube digestif en présence des *Anoplophrya* atteints. C'est le deuxième cas de parasitisme observé chez les Astomes, le premier étudié par Hovasse, consistant en l'infection de sa *Spirobutschliella Chattoni* par une Microsporidie.

BIOLOGIE. — *Les fécondations hémocœliennes chez les Hémiptères Nabidés du genre* Allœorhynchus. Note de M. **Jacques Carayon**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

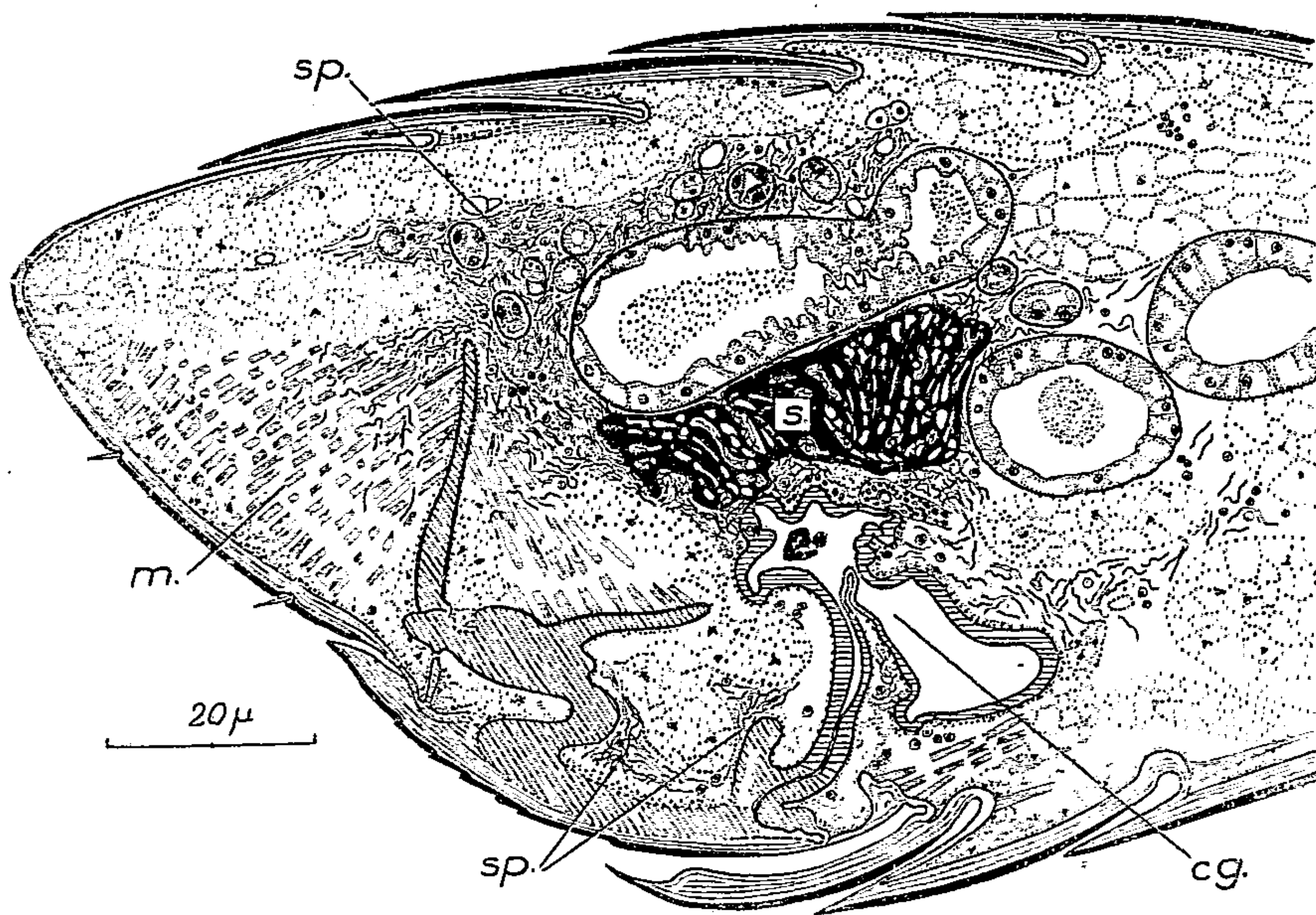
Chez certains Hémiptères Nabidés du genre *Allœorhynchus*, le mâle féconde la femelle en perforant la paroi vaginale, et en injectant dans l'hémocœle les spermatozoïdes; ceux-ci, après un séjour dans le sang qui peut atteindre plusieurs mois, se rassemblent autour des ovaires et en traversent la paroi pour féconder les ovocytes.

Il existe chez des Hémiptères appartenant à différentes familles du groupe des *Cimicoidea* des processus de fécondation comparables à ceux connus jusqu'ici seulement chez *Cimex* et chez le Polycténidé *Hesperoctenes fumarius* Westw. Ces processus présentent des modalités variées, mais leur caractère commun fondamental est une migration des sperma-

tozoïdes *dans l'hémocœle* des femelles, d'où le terme de « fécondations hémocœliennes » qui peut leur être appliqué.

Les plus simples de telles fécondations se rencontrent chez certains Nabidés du genre *Allœorhynchus*. D'après les observations faites sur de nombreux exemplaires des espèces paléarctiques *A. flavipes* (Fieb.) et *A. putoni* Kirk., les principales phases de la fécondation y sont les suivantes :

Lors de l'accouplement, le pénis du mâle est introduit dans le vagin; son extrémité, qui porte une forte épine accolée au canal éjaculateur, perfore la paroi de la chambre génitale et le sperme est injecté en dehors de cette chambre dans l'hémocœle de la femelle.



Allœorhynchus flavipes, femelle sacrifiée en septembre 15 mn après l'accouplement. Coupe sagittale légèrement à gauche par rapport au plan axial. *c. g.*. chambre génitale; *m.*, masse musculaire de l'ovipositeur avec spermatozoïdes infiltrés; *s.*, masse de sécrétion mésadénique du mâle mélangée aux spermatozoïdes; *sp.*, spermatozoïdes répandus dans les lacunes sanguines.

Sur les coupes histologiques de femelles sacrifiées peu après l'accouplement (cf. *figure*), on constate l'absence ou la rareté des spermatozoïdes dans la lumière des voies génitales et l'on trouve en un point dorsal et latéral de la paroi vaginale, la trace de la perforation de celle-ci. A ce niveau et du côté externe de la paroi, il y a par contre dans l'hémocœle une volumineuse masse spermatique, mélange de sécrétion mésadénique du mâle et de spermatozoïdes. Ces derniers commencent à envahir en grand nombre les lacunes sanguines; une ponction effectuée à ce moment chez une femelle montre qu'ils sont mobiles dans le sang; se répandant

rapidement dans presque tout l'hémocœle de l'abdomen et du thorax, ils s'accumulent surtout dans les régions voisines des téguments et des trachées sans pénétrer dans les organes.

Cette phase de « spermathémie » (1) peut être fort longue; elle persiste durant tout l'hivernage dans le cas le plus fréquent de femelles fécondées avant celui-ci.

A l'approche de la période de ponte, les spermatozoïdes se rassemblent autour des ovarioles, et beaucoup d'entre eux, traversant la membrane péritonéale, se logent dans l'espace rempli de sang qui sépare cette dernière du follicule, tout le long de la partie distale de chaque ovariole depuis la région du « corps jaune » jusqu'au filament terminal. Groupés par endroits en masses plus denses, les spermatozoïdes forment ainsi un manchon apical irrégulier qui entoure directement le *germarium* et le *vitellarium*; ils ne paraissent pas cependant pouvoir traverser la paroi folliculaire, si ce n'est à un niveau voisin du « corps jaune ». Là, on constate leur passage dans l'intérieur même de l'ovariole et leur accumulation particulière contre le pôle micropylaire des œufs mûrs qui descendent vers les oviductes et sont fécondés à ce moment.

Vers la fin de la période de ponte, la résorption des spermatozoïdes en excès, jusqu'alors nulle ou très faible, devient intense; elle se manifeste d'une part dans les « manchons » ovariens, où des cellules sanguines phagocytent les spermatozoïdes et, d'autre part, dans l'hémocœle où quantité de ces derniers sont demeurés et forment maintenant des amas complètement entourés, et peu à peu résorbés, par des *adipocytes*.

Parmi les espèces africaines d'*Allœorhynchus* que j'ai étudiées, certaines, tel *A. perminutus* Bergr., présentent un mode de fécondation comparable au précédent, mais chez d'autres les spermatozoïdes suivent une voie différente indiquée ci-après dans le cas d'*A. plebejus* Popp. :

Chez les femelles de cette espèce qui viennent d'être fécondées, la paroi vaginale n'est pas perforée (2) et le sperme, moins abondant que chez *A. flavipes*, est déposé *dans la chambre génitale*. Comme chez les *Nabinæ*, les spermatozoïdes s'accumulent dans la lumière des oviductes et à leur base, mais ils pénètrent ensuite dans l'épithélium glandulaire de la paroi, puis dans la tunique musculaire périphérique; s'insinuant entre les fibres de celle-ci, ils émigrent précocement vers les ovarioles, où, comme chez *A. flavipes*, on les trouve sous la membrane péritonéale dans la région apicale.

---

(1) De σπέρμα : semence et αἷμα : sang.

(2) L'épine qui termine le pénis en érection existe ici comme chez *A. flavipes*, mais elle est plus petite et entame sans la traverser la cuticule molle de la paroi vaginale, où l'on trouve inclus quelques spermatozoïdes après l'accouplement.

Au début de leur migration dans la paroi des oviductes, un certain nombre de spermatozoïdes s'échappent dans l'hémocœle qui entoure ces derniers, mais ils sont *rapidement phagocytés*, de telle sorte que la « spermathémie » est ici très restreinte et fugace.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action des substances de croissance sur le bouturage de quelques espèces de* Ficus. Note (*) de M[me] **Mattei**, transmise par M. Louis Emberger.

De très nombreux travaux ont déjà été publiés sur les substances de croissance et il est aujourd'hui bien connu que, pour plusieurs espèces, ces substances améliorent très nettement le bouturage, ce qui permet de recommander leur emploi aux agriculteurs et aux horticulteurs.

Toutefois, il est bien certain que ces recherches demandent encore à être perfectionnées et étendues.

Nous avons donc songé à étudier l'action de ces substances de croissance sur diverses plantes tropicales qui, en France, sont exclusivement cultivées en serre et que les horticulteurs ont souvent quelque peine à multiplier par bouturage.

Nos travaux ont porté notamment sur trois espèces de *Ficus*, les *F. elastica* Roxb., *macrophylla* Desf. et *nitida* Blume.

Ces trois *Ficus*, qui sont originaires respectivement de l'Asie tropicale, de l'Australie et de Java, sont cultivés depuis de longues années dans les serres de la ville de Marseille. Si le bouturage des *Ficus elastica* et *nitida* y est assez facilement réalisé, celui du *Ficus macrophylla* par contre n'a connu que des insuccès, malgré la multiplicité des essais, et, pour cette espèce, seul le marcottage aérien donne des résultats positifs.

C'est donc l'action des substances de croissance sur ces trois espèces de *Ficus* que nous avons spécialement étudiée, et nos travaux, commencés il y a trois ans (en décembre 1948), nous ont conduit à des résultats fort intéressants.

Nous avons utilisé comme substances de croissance les acides β-indoacétique et indol-butyrique et, nous conformant à la technique la plus généralement employée par les expérimentateurs et aussi par les praticiens, nous avons adopté la méthode par voie humide, c'est-à-dire que nous avons fait tremper des boutures convenablement choisies (et parfaitement identiques à celles dont se servent les jardiniers de la Ville) dans des solutions dont les concentrations étaient respectivement de 120, 50 et 20 mg : l.

(*) Séance du 4 janvier 1952.

Après une immersion d'une durée de 24 h, suivie d'un rinçage à l'eau pure, les boutures ont été plantées dans des godets, puis mises en serre chaude à une température de 25° environ et recouvertes d'un coffre en verre, c'est-à-dire dans les conditions exactes de la pratique horticole. De plus, pour tous nos essais, nous avons utilisé des témoins représentés par des boutures trempées uniquement dans l'eau pure.

En ce qui concerne le *Ficus macrophylla*, alors que les boutures témoins n'ont présenté aucune activité rhizogène et se sont décomposées au bout de quelques semaines, celles qui avaient été trempées dans une solution d'acide indol-butyrique à 50 mg : l ont présenté au bout de 20 jours plusieurs racines qui, 6 jours après, avaient déjà une longueur de 0,5 cm. Ces boutures ont donné naissance à des individus parfaitement constitués, qui ont actuellement deux ans d'âge, nos essais sur cette espèce ayant été faits au mois de janvier 1950.

Ainsi donc l'acide indol-butyrique à 50 mg : l a permis de réaliser le bouturage du *Ficus macrophylla*, alors que, dans la pratique horticole courante, ce résultat n'avait jamais été obtenu.

L'acide β-indol-acétique s'est montré nettement moins favorable que l'acide indol-butyrique, et seule la solution à 120 mg : l a donné quelques résultats positifs, alors qu'à cette concentration ce dernier acide s'est révélé nocif.

Quant aux *Ficus elastica* et *nitida*, si les témoins ont bien présenté des racines au bout de 30 à 40 jours, et s'il en a été de même pour des boutures mises en terre, mais non traitées, par contre, le trempage dans une solution d'acide indol-butyrique à 50 mg : l a activé l'apparition des racines. C'est, en effet, au bout de 20 jours que les racines se sont formées sur les boutures traitées et ces racines étaient beaucoup plus nombreuses que dans les témoins et aussi nettement plus grosses. Leur développement était même tellement exubérant que, ne pouvant toutes se loger dans le petit godet où les boutures avaient été placées, elles étaient remontées à la surface de la terre pour retomber ensuite sur la paroi extérieure du godet formant autour de celui-ci un véritable chevelu radiculaire.

Cette abondante formation de racines a, de toute évidence, une influence favorisante sur les phénomènes de nutrition, puisque au bout de deux ans, les individus issus de boutures traitées sont plus vigoureux que ceux provenant des boutures témoins.

Il est donc bien prouvé que l'*acide indol-butyrique à* 50 mg : l *améliore nettement le bouturage des* Ficus *et surtout qu'il permet la multiplication d'espèces comme le* Ficus macrophylla, *qui jusqu'à présent paraissaient rebelles à ce processus.*

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les propriétés et la constitution des lipides β-hydroxybutyriques.* Note (*) de MM. **Adam Képès** et **Claude Péaud-Lenoël**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous désignons avec M. Lemoigne (1) à (8), sous le nom de lipides β-hydroxybutyriques, des corps solubles dans le chloroforme, produits par certaines espèces microbiennes du genre *Bacillus* et particulièrement *Bacillus megatherium*.

Ces corps se présentent comme des polymères par déshydratation de l'acide 1-β-hydroxybutyrique : ils se dépolymérisent, en effet, par hydrolyse alcaline en donnant un mélange de ce dernier acide et d'acide α-crotonique (2) à (9).

La présente Note est consacrée à l'étude de quelques propriétés physiques et chimiques de ces composés.

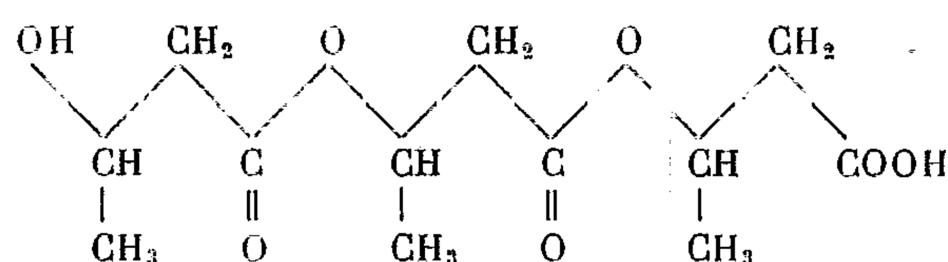
A côté des anciennes préparations déjà décrites (1), (2), (9), qui avaient l'inconvénient de soumettre les microbes à une hydrolyse acide susceptible de modifier la structure du produit naturel, nous avons préparé un produit analogue aux précédents, mais de point de fusion plus élevé (179°), par broyage direct des bactéries et extraction des microbes broyés par un mélange de dioxane et de chloroforme. Le produit de cette extraction n'est pas, comme ceux des préparations antérieures, dissociable par fractionnement en polymères de points de fusion variables. En effet, nous avons pu, à partir du produit brut extrait après hydrolyse acide, obtenir par précipitation fractionnée à l'aide d'un mélange chloroforme-éther, toute une série de polymères de points de fusion échelonnée entre 136 et 176°.

Tous ces produits présentent des caractères de solubilité particuliers : insolubilité dans l'eau, les carbures paraffiniques, l'éther, l'acétone et les alcools inférieurs; solubilité dans les acides gras, les alcools à nombre d'atomes de carbone supérieur à trois, les solvants chlorés et les solvants à noyau cyclique ou hétérocyclique. Avec la plupart de ces solvants, auxquels ces produits sont miscibles en toutes proportions, on obtient,

(*) Séance du 4 février 1952.
(1) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1539.
(2) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 8, 1926, p. 770.
(3) *C. R. Soc. Biol.*, 94, 1926, p. 1291.
(4) *C. R. Soc. Biol.*, 95, 1926, p. 1359.
(5) *Ann. Inst. Pasteur*, 47, 1927, p. 148.
(6) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 9, 1927, p. 446.
(7) M. Lemoigne, G. Sanchez et H. Girard, *Ann. Inst. Pasteur*, 69, 1943, p. 187.
(8) M. Lemoigne, G. Milhaud et M. Croson, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 31, 1949, p. 1587.
(9) C. Peaud-Lenoël, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 31, 1949, p. 1562.

à froid, des gels solides lorsque la concentration en lipide dissous est supérieure à 1 %.

Nous avons tenté de confirmer l'hypothèse de Lemoigne ([8]) donnant à ces corps la structure d'étholides de l'acide β-hydroxybutyrique :



Nous avons pu mettre en évidence la fonction acide terminale, malgré l'insolubilité de ces corps dans l'eau, par titrage potentiométrique dans une solution de dioxane aqueux à la température de 70°, en présence de l'électrode de verre.

Par cette méthode, les poids moléculaires obtenus s'échelonnent suivant les échantillons de 500 à 10 000 environ, soit des chaînes de 6 à 110 résidus β-hydroxybutyriques.

L'existence de la fonction alcool terminale est également montrée par nos expériences d'oxydation de ces polymères en solution acétochromique. On obtient alors des produits oxydés, qui, par hydrolyse alcaline, donnent, à côté des acides β-hydroxybutyrique et β-crotonique, de l'acide acétylacétique que l'on peut transformer en acétone identifiée par sa 2.4-dinitrophénylhydrazone (point de fusion mixte 123°) et que l'on peut déterminer par iodométrie. Les résultats obtenus par cette méthode sont superposables à ceux de la détermination de la fonction acide.

Ces expériences permettent d'affirmer que les étholides β-hydroxybutyriques produits par *Bacillus megatherium* représentent une série de polymères à degré de condensation variable, qui sont issus d'un polymère naturel à propriétés homogènes. Ce polymère possède des fonctions acide et alcool secondaire en bout de chaîne.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action d'un activeur de la fermentation alcoolique produit par* Aspergillus niger *sur le bilan des produits secondaires*. Note de MM. **Jean Ribéreau-Gayon**, **Émile Peynaud** et Mlle **Madeleine Lafon**, présentée par M. Maurice Javillier.

Dans une fermentation alcoolique provoquée par des levures elliptiques, les produits secondaires proviennent de la fermentation glycéropyruvique de Neuberg ([1]). Dans cette fermentation, la molécule de glucose, après sa

([1]) L. Genevois, E. Peynaud et J. Ribéreau-Gayon, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 693.

phosphorylation, est scindée en deux parties : l'une conduit au glycérol (g) par réduction, l'autre à l'acide pyruvique (p) par oxydation. Les produits secondaires : acide succinique (s), acide acétique (a), 2.3-butanediol (b), acétylméthylcarbinol (m), éthanal (h), sont de l'acide pyruvique transformé. L'analyse appliquée à des centaines de fermentations a montré que l'on peut écrire

$$5s + 2a + b + 2m + h = \Sigma = 0{,}9p = 0{,}9g. \qquad (1)$$

On retrouve donc, dans les sous-produits de la fermentation, à 10 ou 15 % près, l'acide pyruvique de la fermentation glycéropyruvique.

Nous avons dosé ces mêmes produits dans des milieux fermentant en présence de 1 g : l de mycélium d'*Aspergillus niger* broyé, traité à l'alcool et desséché à basse température. Cette poudre de mycélium possède, à un haut degré, la propriété d'activer la fermentation alcoolique (Euler et Nielsen, 1939). On observe que sur moût de raisin la quantité de sucre fermenté en 4 jours est augmentée de 50 %. La population des levures est doublée en présence de cet activeur ([2]). Kiessling a montré ([3]) que ce produit, qui contient des facteurs de croissance pour les levures appartenant au groupe du bios, agit en doublant le taux des triosephosphates dosables en cours de fermentation.

Deux milieux différents, bouillon de levures (200 g : l de saccharose) et jus de raisin (190 g : l de sucre) ont été ensemencés par une même levure isolée d'un vin de Saint-Émilion. Ces fermentations ont été conduites à 25°. Voici les résultats obtenus. Les concentrations sont en millimolécules pour 10 l de milieu fermenté :

	g.	a.	s.	m.	b.	h.	Σ.	$100\frac{\Sigma}{g}$.	$\frac{a}{s}$.	$\frac{1000b}{g}$.
				1° *Moût de raisin.*						
Témoin	519	101	52	0,3	37	10	509	98	1,95	71
+ activeur	727	69	66	0,3	32	7	507	70	1,04	44
				2° *Eau de levure.*						
Témoin	607	100	61	0,4	44	7	556	92	1,64	73
+ activeur	761	66	70	0,4	39	6	527	69	0,94	51

L'activeur modifie profondément la formation des produits secondaires. Il augmente ici le glycérol de 15,4 à 20,8 mmol : l (en moyenne de 13 mmol pour une dizaine de fermentations); il favorise donc la fermentation glycéropyruvique. C'est, jusqu'à maintenant, la seule substance activante

([2]) J. Ribéreau-Gayon, E. Peynaud et S. Lafourcade, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 478.
([3]) *Ind. Agric. et Alim.*, 66, 1949, p. 111.

rencontrée qui accroît la formation du glycérol. La plupart des activeurs, en augmentant le taux d'éthanal, limitent, au contraire, la fermentation glycéropyruvique.

L'acide acétique est diminué d'un tiers, l'acide succinique est augmenté de 1 mmol en moyenne, le rapport empirique *a/s* est donc très abaissé en présence de ce produit. Le 2.3-butanediol reste pratiquement inchangé. C'est le corps dont la production est, d'une façon générale, le moins sensible aux conditions de fermentation. Mais comme, par ailleurs, le glycérol augmente, le rapport 1000 *b/g* diminue très nettement; les levures glycogènes deviennent glycérogènes en présence de l'activeur d'*Aspergillus niger*.

Si l'on considère la relation (1), on constate qu'elle se vérifie assez bien, dans le cas des témoins, conformément à nos observations antérieures rappelées au début de cette Note; mais elle ne se vérifie pas du tout dans les fermentations activées; le déficit est considérable. Tout se passe comme si l'activeur favorisait, à partir de l'acide pyruvique de la fermentation glycéropyruvique, la formation de produits indosés.

Les bilans acidimétriques (somme des anions dosés individuellement égalant la somme des cations dosés en bloc) montrent qu'il ne s'agit pas de la formation d'un acide : il ne reste pas d'acide pyruvique dans le milieu fermenté; l'acide lactique est seul augmenté, en moyenne de 2 mmol : l; l'acide citrique de fermentation reste le même. L'hypothèse de la formation d'acide glycérique ne se vérifie pas.

En résumé, l'activeur d'*Aspergillus niger* étudié favorise la fermentation glycéropyruvique aux dépens de la fermentation de Gay-Lussac, en augmentant le taux des triosephosphates, points de départ même de cette fermentation. D'autre part, il modifie par les enzymes introduits la façon de travailler des levures; la formation de nouveaux produits secondaires de la fermentation peut être envisagée.

PHARMACODYNAMIE. — *Relations entre la structure chimique et les propriétés antiseptiques de quelques sels d'ammonium quaternaires.* Note de Mlle **Élise Zissmann**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

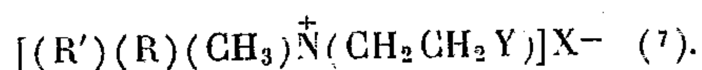
La mesure du pouvoir bactériostatique de plusieurs ammoniums quaternaires de formule générale $\left[(R')(R)(CH_3)-\overset{+}{N}-(CH_2CH_2Y)\right]X^-$ montre que leurs propriétés antimicrobiennes dépendent des variations conjuguées des radicaux R' et R et du groupement polaire Y.

Depuis que les travaux de Domack (1935) ont ouvert la voie aux synthèses de « savons invertis » doués de propriétés antibactériennes, de nombreux

auteurs, après Kuhn, se sont préoccupés du rapport entre la structure chimique des sels d'ammonium quaternaires et leurs propriétés désinfectantes. Il ressort de leurs travaux que tous les ammonium quaternaires comportant un radical gras à poids moléculaire élevé, même indirectement lié à l'azote (1), (2), (3), sont doués de propriétés antibactériennes plus ou moins importantes. Ces propriétés varient en fonction de la longueur de la chaîne alcoylée. Peu de chercheurs (3), (4), (5) cependant se sont préoccupés de l'influence de la structure moléculaire dans son ensemble sur les propriétés désinfectantes.

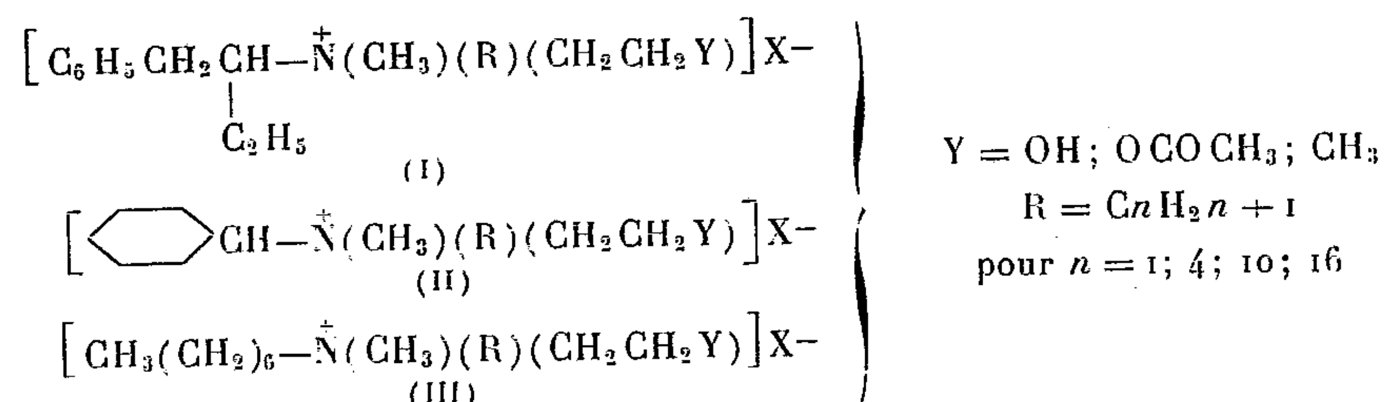
Il nous a semblé que les divers constituants de la molécule ne pouvaient être isolés les uns des autres et que des modifications identiques apportées à des composés différents ne provoquaient pas nécessairement des changements identiques de l'activité antibactérienne.

Dans cette perspective, nous avons étudié plusieurs composés (6) de formule générale :



$$[(R')(R)(CH_3)\overset{+}{N}(CH_2CH_2Y)]X^- \quad (7).$$

Les variations du radical R′ ont fourni plusieurs séries de composés :



$$\left[C_6H_5CH_2\underset{\underset{C_2H_5}{|}}{CH}-\overset{+}{N}(CH_3)(R)(CH_2CH_2Y)\right]X^- \quad (I)$$

$$\left[\bigcirc\!\!\!\!\!>CH-\overset{+}{N}(CH_3)(R)(CH_2CH_2Y)\right]X^- \quad (II)$$

$$\left[CH_3(CH_2)_6-\overset{+}{N}(CH_3)(R)(CH_2CH_2Y)\right]X^- \quad (III)$$

$Y = OH;\ OCOCH_3;\ CH_3$

$R = C_nH_{2n+1}$

pour $n = 1;\ 4;\ 10;\ 16$

En faisant varier dans chacune des séries la longueur de la chaîne du radical R et la nature du groupement Y nous avons obtenu plusieurs sels d'ammonium quaternaires. Leurs propriétés bactériostatiques, évaluées par la mesure de leur « pouvoir antigénétique » vis-à-vis de *S. aureus* pour les cocci gram positifs et de *E. coli* pour les bactéries gram négatifs, d'après la technique S. Lambin (8), sont représentées par les chiffres suivants :

---

(1) K. Epstein, B. Harris et M. Katzman, *Proc. Soc. Expt. Biol. Med.* 33, 1945, p. 238.

(2) C. Barkovsky, *Ann. Chim.*, 19, 1944, p. 487.

(3) Et. Valko et S. Du Bois, *J. Bact.*, 50, 1945, p. 481.

(4) J. Buchi et coll., *Helv. Chim. Acta*, 34, 1951, p. 2162.

(5) F. Winternitz, M. Mousseron et Mlle M. Canet, *Bull. Soc. Chim. Bio.*, 33, 1951, p. 369.

(6) Sels préparés selon les suggestions de Mlle B. Tchoubar. Leur étude chimique fera l'objet d'une publication ultérieure.

(7) Ces composés peuvent être considérés comme des dérivés de la choline; l'étude de composés dont la structure se rapproche davantage de celle de la choline est en cours.

(8) *Thèse Doctorat ès-Sciences*, Paris, 1933, Masson édit., Paris.

		R'					
		Série I DA		Série II DA		Série III DA	
R.	Y.	*S. aureus.*	*E. coli.*	*S. aureus.*	*E. coli.*	*S. aureus.*	*E. coli.*
CH_3 (+).....	OH	2,5	–	2,75	12,5	2,75	2,75
C_4H_9.......	OH	1,25	–	–	–	–	–
C_4H_9.......	CH_3(+)	4	4	–	–	–	–
$C_{10}H_{21}$......	OH	0,27	1,25	0,03	–	0,0035	0,02
$C_{10}H_{21}$......	CH_3	0,27	1,25	0,03	0,275	0,025	0,05
$C_{16}H_{33}$......	OH	0,29	3,25	0,0015	0,003	0,07	–
»	CH_3	–	–	0,0032	0,046	0,055	0,5
»	$OCOCH_3$	–	–	0,0015	0,1	–	–

Tous les produits sont des bromures sauf ceux suivis d'un (+) qui sont des iodures.
DA = Dose antigénétique : poids de substance $^0/_{00}$ inhibant une culture en 24 h à 37°.

Nous avons vérifié, en accord avec les auteurs, que le poids moléculaire du radical aliphatique R a une influence importante sur les propriétés antiseptiques. Mais le poids moléculaire du radical R n'est pas le seul élément variable intervenant dans le développement de l'action désinfectante.

1° Pour des corps de poids moléculaire voisin la structure du radical R' joue un rôle considérable; quand $R = C_{10}H_{21}$ et $Y = OH$ le composé de la série II est près de 10 fois plus actif vis-à-vis de *S. aureus* que le composé correspondant de la série I, et le composé de la série III l'est environ 80 fois plus.

2° Il faut, par ailleurs, remarquer que le maximum d'activité antiseptique n'est pas atteint dans toutes les séries pour la même valeur de R. Le pouvoir bactériostatique le plus élevé vis-à-vis de *S. aureus* est atteint dans la série II quand $R = C_{16}H_{33}$; dans la série III, quand $R = C_{10}H_{21}$.

3° De plus l'étude du rôle joué par le groupement polaire Y amène les constatations suivantes : la présence du groupement polaire semble exalter dans certains cas, l'action désinfectante. Le remplacement de OH par le méthyle (suppression du groupement polaire) n'augmente pas le pouvoir bactériostatique; celui-ci reste sans changement, tout au plus diminue-t-il quelquefois.

4° Enfin, on sait que la sensibilité aux antiseptiques varie beaucoup d'un micro-organisme à l'autre. On peut voir d'après le tableau que les changements introduits dans la molécule agissent, pour la plupart, de façon parallèle sur les deux microbes choisis, bien que *S. aureus* se montre, dans tous les cas, beaucoup plus sensible que *E. coli* à l'action des composés étudiés. Cependant, dans la série I, l'activité comparative des composés en C_{10} et en C_{16}, qui est dans un rapport égal à 1 vis-à-vis de *S. aureus*, est égal à 3 vis-à-vis d'*E. coli*. De même, dans la série II, l'activité du composé acetoxy et du composé

hydroxy correspondant, dans un rapport égal à 1 vis-à-vis de *S. aureus*, est égal à 33 vis-à-vis d'*E. coli*.

En résumé, l'activité antibactérienne des sels d'ammonium quaternaires est en liaison avec la structure générale de la molécule; tous les substituants sur l'azote sont interdépendants les uns des autres.

PHARMACODYNAMIE. — *Exaltation de l'activité anticholinestérasique des sels d'ammonium quaternaires des phénoxyalcanes par l'introduction de groupements uréthanes*. Note de M. **Albert Funke**, Mlle **France Depierre** et M. **Werner Krucker**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'introduction d'un ou de deux groupements uréthanes dans la molécule du di-iodométhylate de *bis*(*m*-diméthylaminophénoxy)-1.3 propane permet d'obtenir des agents anticholinestérasiques d'une activité exceptionnelle.

On sait (1), (2) que l'introduction d'une fonction phénolique en méta dans la molécule de l'iodure de phényltriméthylammonium permet d'accroître les propriétés décurarisantes de celle-ci; l'estérification de cette fonction par l'acide diméthylcarbamique (Prostigmine) exalte encore cette activité.

Nous avons relaté (3) (4) récemment les propriétés décurarisantes intenses de certains dérivés d'aminophénols; parmi ceux-ci, le di-iodométhylate de *bis*(*m*-diméthylaminophénoxy)-1.3 propane (2842 CT) s'est montré plus actif que la Prostigmine sur la préparation sciatique gastrocnémien du Chat et cette activité est en rapport avec un pouvoir anticholinestérasique élevé (tableau).

	Toxicité intraveineux mg : kg (Lapin).	Action hypertensive (Chien).	mg : kg (Chat) DC.	mg : kg (Chat) DAC.	Activité (1) anticholinestérasique (Warburg) concentration moléculaire provoquant une inhibition de 50%.
Iodure de phényltriméthylammonium	2,5–3	++	0,5–1	1–2±	$\leqq 10^{-3}$
Prostigmine	0,150	++	0,2–0,5	0,050	10^{-7}
2842 CT	4	±	6	0,050	10^{-8}
3152 CT	0,005	±	0,020	0,005	$\leqq 10^{-16}$
3113 CT	0,005	±	–	0,005	$\leqq 10^{-14}$

DC, dose inhibant la transmission sciatique gastrocnémien.

DAC, dose rétablissant la transmission sciatique gastrocnémien supprimée par l'injection de 1 DC de Flaxedil.

(1) Substrat : Acétylcholine, source de cholinestérase : globules rouges du Chien.

(1) L. O. Randall et G. Lehmann, *J. Pharmacol.*, 99, 1950, p. 16.

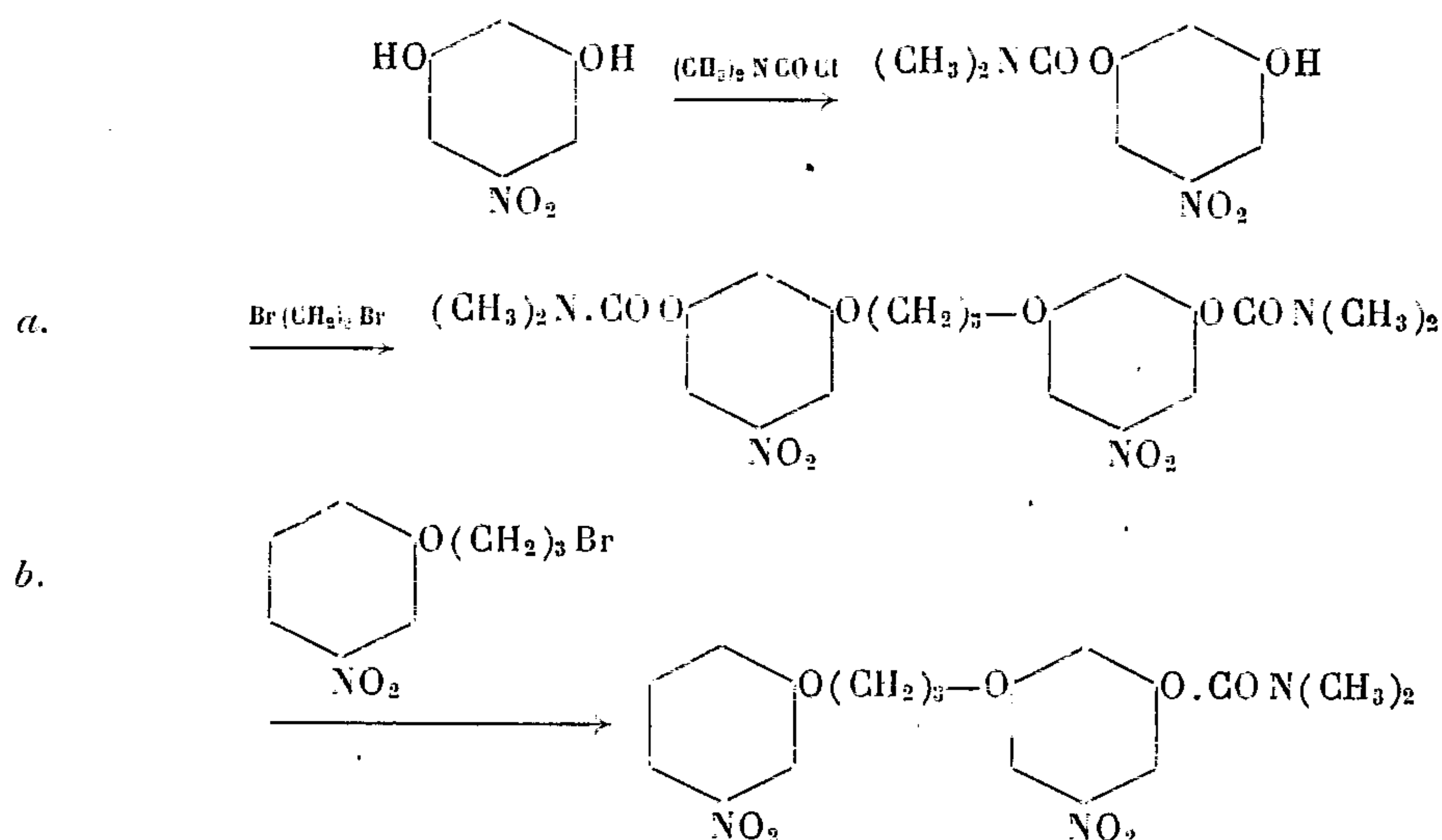
(2) F. Depierre et A. Funke, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2242.

(3) A. Funke et F. Depierre, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 245.

(4) A. Funke, W. Krucker et F. Depierre, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 498.

Nous avons cherché à déterminer quelles modifications de l'activité pharmacologique sont entraînées par l'introduction d'une ou deux fonctions uréthanes en méta dans la molécule du 2842 CT. Ce problème nous a amenés à préparer le di-iodométhylate de (diméthylamino-3 phénoxy)-1 (diméthylcarbamoxy-3 diméthylamino-5 phénoxy)-3 propane (3152 CT), F 184°. Analyse : I %, trouvé 37,39; calculé 37,10 et le di-iodométhylate de *bis*(diméthylcarbamoxy-3 diméthylamino-5 phénoxy)-1.3 propane 3313 CT), F 169°. Analyse I %, trouvé 32,47; calculé 32,88.

Voici le schéma des réactions utilisées pour leur synthèse à partir de la nitrorésorcine-1.3.5 :



Après réduction catalytique sur Ni de Raney des dérivés nitrés ci-dessus et traitement par de l'iodure de métyle en excès, on obtient pour : *a*. le 3113 CT, et pour *b* le 3152 CT.

On voit, d'après le tableau ci-contre, que l'introduction d'une fonction uréthane dans la molécule de l'iodure de phényl-triméthylammonium (PhT) et dans celle du 2842 CT modifie, dans le même sens, les propriétés pharmacologiques de ces deux corps : elle ne change guère l'action hypertensive et exalte, au contraire, dans des proportions considérables les activités décurarisantes et anticholinestériques; cependant, les modifications sont beaucoup plus importantes dans le cas du 2842 CT que dans celui du PhT. En effet, si l'action paralysante, les propriétés parasympathomimétiques et la toxicité du 2842 CT sont inférieures à celles du PhT, les deux dérivés obtenus à partir du 2842 CT : le 3152 CT (une fonction uréthane) et le 3113 CT (deux fonctions uréthanes) manifestent, au contraire, des activités paralysantes supérieures à celles de la Prostigmine (tableau). Ce sont, d'autre part, des agents parasympathomimétiques remarquablement actifs puisque, dès la dose de 0,005 mg:kg, on

peut observer un bloc cardiaque et une bradycardie entraînant la mort de l'animal alors qu'il faut environ 0,200 mg : kg de Prostigmine pour obtenir un effet similaire.

Ces propriétés sont vraisemblablement dues à l'exaltation des propriétés anticholinestérasiques car, *in vivo*, nous avons pu constater, à très faible dose sur le Chien (0,0005 mg : kg), une potentialisation des effets de l'acétylcholine. Enfin, *in vitro*, nous avons observé une inhibition de 50 % de la cholinestérase globulaire du Chien à des concentrations moléculaires de l'ordre de 10^{-16} pour le 3152 CT et de 10^{-14} pour le 3113 CT, ce qui correspond à une activité anticholinestérasique dépassant, à notre connaissance, celle de tous les corps actuellement connus.

MICROBIOLOGIE. — *Étude de quelques particularités concernant le métabolisme des formes* L *d'une souche de proteus*. Note de M. **Raymond Minck**, présentée par M. Robert Courrier.

Les formes L des bactéries dont l'existence n'était connue, il n'y a pas bien longtemps encore, que par de rares initiés, commencent à attirer l'attention des bactériologistes et des biologistes. Klieneberger-Nobel [1], qui les a découvertes en 1935, Dienes [2] et Tulasne [3] viennent de leur consacrer des revues générales très documentées.

Les formes L des bactéries sont des formes naines de la grosseur d'un gros virus, filtrables, qui apparaissent à la suite d'une transformation transitoire ou définitive d'un grand nombre de bactéries normales soumises à l'influence de divers facteurs qui ont été étudiés en détail [3].

Nous avons rapporté ici même [4] la possibilité d'obtenir des formes L stables à partir du vibrion cholérique.

Les caractères morphologiques, culturaux et biologiques des formes L des bactéries permettent de les identifier au groupe des organismes de la péripneumonie. On peut penser avec Tulasne qu'il s'agit, dans ce cas, de formes L fixées définitivement et adaptées à une espèce animale déterminée.

Une des particularités métaboliques qui caractérise les formes L des bactéries réside dans le fait qu'il est impossible de les cultiver (contrairement à la plupart des bactéries qui leur ont donné naissance) sur des milieux ne contenant pas de protéines. Chez les formes L de plusieurs espèces bactériennes antérieurement étudiées par divers auteurs, c'est le

(1) *Bact. Rev.*, 15, 1951, p. 77.
(2) L. Dienes et H. S. Weinberger, *Bact. Rev.*, 15, 1951, p. 245.
(3) *Rev. Imm.*, 15, 1951, p. 223.
(4) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 386.

sérum de Cheval qui s'est toujours montré le plus favorable à leur végétation optimum. Nous avons voulu confirmer ce fait avec une des souches dont nous disposons. Il s'agit d'une souche de proteus (P_{18}) dont les formes L sont fixées depuis plusieurs années et, par conséquent, irréversibles en formes normales. Les ensemencements ont été faits à partir d'une culture en milieu liquide ([5]) sur des milieux solides contenant différents sérums; nous avons également ensemencé cette souche sur la fraction globulinique, albuminique et résiduelle du sérum de Cheval pour essayer d'en déceler la partie active.

Nos résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Sérum employé.	Culture après 6 jours.	Sérum employé.	Culture après 6 jours.
Cheval...........	très abondante	Cobaye...........	o colonie
Bœuf.............	moyenne	Albumine de cheval	très rares colonies
Porc.............	très rares colonies	Globuline de cheval	o colonie
Mouton...........	quelques colonies	Fraction résiduelle de Cheval.......	o colonie
Lapin............	quelques colonies		

Ces résultats confirment donc ceux qui ont été obtenus avec des souches d'origines différentes : c'est le sérum de Cheval qui est de beaucoup le plus actif. Il convient cependant de signaler que, sur les milieux contenant du sérum de Mouton ou de Lapin, les quelques colonies qui se développent, bien que microscopiquement d'aspect identique, sont beaucoup plus grandes que les colonies obtenues sur sérum de Cheval et présentent un aspect muqueux tout à fait spécial (nous recherchons actuellement si ces colonies présentent des caractères biologiques ou pathogènes particuliers). On remarque également que, des trois fractions du sérum de Cheval étudiées et qui avaient été séparées avec le sulfate d'ammonium, seule la fraction albuminique s'est montrée légèrement active. Peut-être une protéine à faible poids moléculaire que Smith et Morton ([6]) pensent constituer le facteur de croissance nécessaire aux formes L a-t-elle été éliminée au cours des dialyses.

L'étude des formes L des bactéries nous a amené à nous poser une autre question qui nous paraît très importante. Est-il possible, étant donné un organisme du type de la péripneumonie ou une forme L bactérienne fixée définitivement et dont on ne connaît pas l'origine, d'identifier la bactérie qui a subi la transformation L ? Le seul critère actuel que nous possédions repose sur l'étude de la constitution antigénique de la forme L. Or, il semble bien que le matériel antigénique de cette forme soit souvent plus ou moins

([5]) R. Tulasne, R. Vendrely, R. Minck et L. Muller, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 152.
([6]) *J. Bact.*, 61, 1951, p. 395.

dégradé par rapport à celui de la bactérie d'origine, de sorte que l'identité antigénique des deux variantes peut être difficile ou impossible à établir. Les propriétés biologiques, en particulier l'équipement enzymatique des formes L, va-t-il pouvoir nous donner une indication à ce sujet ? Pour essayer de donner une réponse à cette question, nous avons comparé l'équipement enzymatique de la forme normale du proteus P_{18} à celui de sa forme L fixée. En ce qui concerne les sucres, nous avons constaté une identité parfaite et complète dans les actions fermentatives. Cependant, ces actions sont moins actives pour les formes L : les réactions sont plus lentes et l'on ne constate aucune formation de gaz. La même concordance a été retrouvée pour la production de H_2S, d'indol et la présence de catalase et de réductase. Ces résultats confirment ceux de Heilman (7) sur *Streptobacillus moniliformis*.

Si cette notion se révèle générale, comme les premiers travaux faits à ce sujet semblent l'indiquer, la recherche du matériel enzymatique chez les formes L et les OTPP, pourrait donc être susceptible d'apporter des éléments de diagnostic précieux pour l'identification des bactéries qui leur ont donné naissance. Nous commençons à étudier, dans ce sens, les organismes L trouvés dans certaines infections vénériennes. Ces recherches permettront peut-être de remonter à l'origine gonococcique ou autre de ces infections.

MICROBIOLOGIE. — *Contribution à l'étude des associations d'antibiotiques.*

Note de MM. **André Lamensans, Fernand Boyer** et **Pierre Villemin**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

In vivo, l'association pénicilline + streptomycine donne des résultats : extrêmement favorables si les médicaments sont donnés simultanément, ou bien si la streptomycine est donnée au début du traitement pénicilliné ; moins bons ou même néfastes si les médicaments sont donnés alternativement ou bien si la streptomycine est donnée au milieu ou en fin de traitement. Ordre et cadence des associations sont donc d'importance capitale.

De nombreux travaux sur les associations d'antibiotiques ont été publiés, dont la plupart concernent l'expérimentation *in vitro*. Les résultats obtenus, souvent très différents, traduisent la complexité des phénomènes qui interviennent. Nous montrons ici, par quelques expériences réalisées *in vivo*, qu'en faisant simplement varier l'ordre dans lequel les antibiotiques sont donnés ou les intervalles de temps séparant les administrations, les résultats peuvent passer d'une synergie spectaculaire à un véritable antagonisme. Les Cliniciens doivent donc être, actuellement, prudents dans l'emploi des antibiotiques en association.

---

(7) *J. Inf. Dis.*, 69, 1941, p. 45.

Conditions expérimentales : Infection des souris par injection intrapéritonéale de 10 000 d. m. m., soit de *Streptococcus pyogenes*, soit de *Diplococcus pneumoniæ*. Les animaux non traités sont morts en 24 h. Des lots de 10 souris infectées et soumises à des traitements différents, ont été observés pendant 10 jours. Les antibiotiques ont été administrés : la pénicilline et la streptomycine par voie sous cutanée; le **1162** F, « per os ».

Résultats. — Voir les tableaux 1 à 5. Sur l'infection à *D. pneumoniæ* des résultats comparables ont été obtenus.

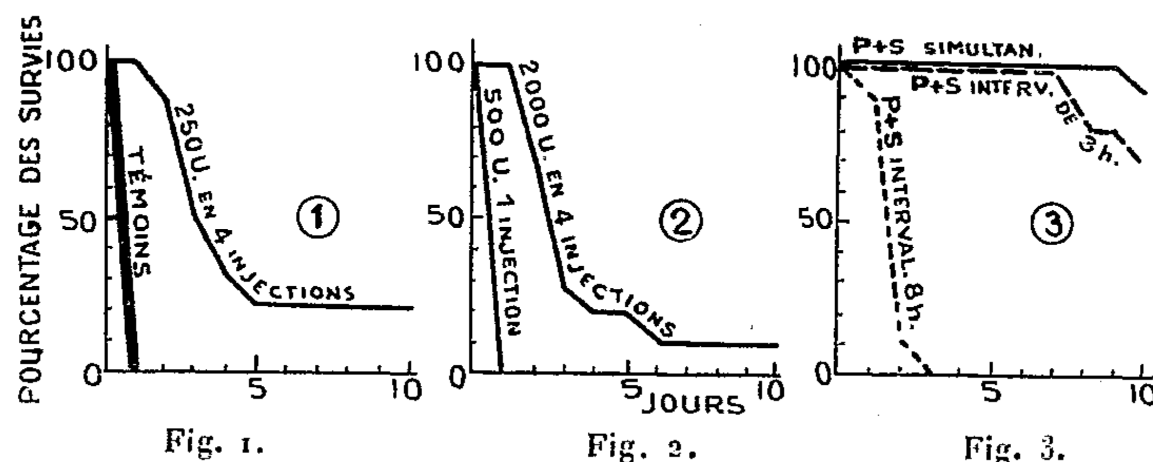


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Fig. 1. Pénicilline : 4 injections de 62,5 u. en 2 jours. — Fig. 2. Streptomycine : 4 injections de 500 u. en 2 jours. — Fig. 3. Pénicilline : 4 injections de 62,5 u. + Streptomycine : 4 injections de 500 u.

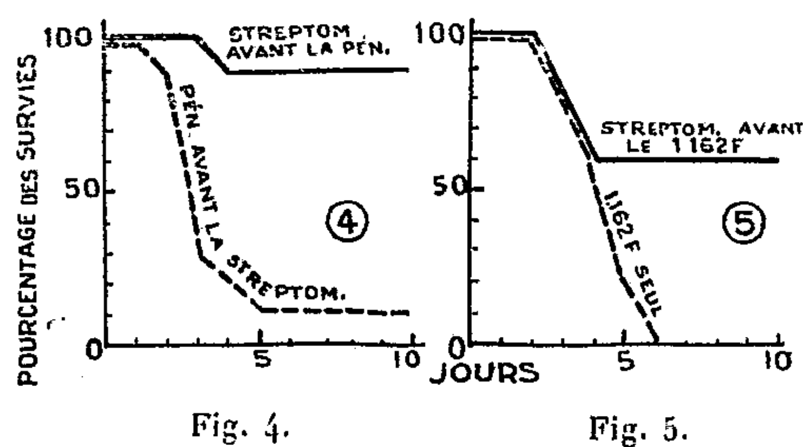


Fig. 4. Fig. 5.

Fig. 4. — Pénicilline : 4 injections de 62,5 u. + Streptomycine : 1 injection de 500 u.
Fig. 5. — 1162 F : 2 gav. de 5 mg + Streptomycine : 1 injection de 500 u.

Des résultats ci-dessus on peut tirer les conclusions suivantes :

1° La pénicilline et la streptomycine administrées *simultanément* donnent des pourcentages de survies bien supérieurs à ceux qui sont obtenus lorsque les deux antibiotiques sont administrés seuls.

2° Lorsque la pénicilline et la streptomycine sont administrées *alternativement*, les résultats deviennent de moins en moins favorables au fur et à mesure que les intervalles entre l'administration de l'un et de l'autre antibiotique grandissent; ils peuvent même devenir plus mauvais que si l'on donnait un seul des deux antibiotiques.

3° La streptomycine administrée au début du traitement donne plus de survies que si elle est donnée au milieu ou à la fin du traitement. Comment peut-on interpréter ces faits à la lumière des principales théories émises pour expliquer l'action synergique des deux antibiotiques ?

1° On a dit que la streptomycine provoquait un retard de l'élimination de la pénicilline. D'une part, nous n'avons jamais pu mettre en évidence

un tel phénomène par titrage des antibiotiques dans le sang des animaux, d'autre part, cette théorie n'explique pas le résultat extrêmement favorable obtenu par l'administration de la streptomycine au début du traitement alors que le résultat est très défavorable si la même dose de streptomycine est donnée au milieu ou à la fin du traitement.

2° On sait que *in vitro*, en présence d'une concentration inactive de streptomycine, la concentration de pénicilline nécessaire à l'inhibition des cultures, est inférieure à celle nécessaire en l'absence de streptomycine. Ce phénomène, qui peut expliquer les meilleurs résultats obtenus dans les associations simultanées plutôt qu'alternées, n'explique cependant pas à lui seul le résultat favorable obtenu par l'administration de streptomycine en début de traitement.

3° On sait enfin que la streptomycine agit surtout sur les germes non proliférants tandis que la pénicilline agit sur les germes en voie de multiplication : on peut ainsi expliquer la meilleure action de la streptomycine lorsqu'elle est administrée au début du traitement; mais, à notre avis, cela n'explique pas, d'une part, comment *in vitro*, des doses inactives de streptomycine augmentent la sensibilité des germes à la pénicilline et, d'autre part, pourquoi les résultats sont meilleurs en association simultanée qu'en association alternée.

Pour nous, il est probable qu'à ces deux derniers phénomènes s'en ajoute un troisième : la streptomycine, tout au moins aux doses peu actives, commence par accélérer la multiplication des germes, permettant ainsi à la pénicilline de les détruire plus complètement. Un fait appuie cette conception : une petite dose de streptomycine administrée au début d'un traitement par le 1162 F (qui agit, comme la pénicilline, sur les germes en voie de multiplication) donne également des résultats favorables (tableau 6). Si la même dose de streptomycine administrée au milieu du traitement est néfaste, c'est qu'alors le nombre des germes est déjà très grand et qu'une légère stimulation de leur croissance peut entraîner rapidement la mort des souris infectées.

Nous essaierons ultérieurement de préciser ces phénomènes qui ne semblent pas particuliers à l'association pénicilline-streptomycine. On voit que les tests de sensibilité des germes aux antibiotiques, si utiles cependant, ne suffisent pas pour affirmer le succès thérapeutique d'une association d'antibiotiques; la manière de conduire le traitement (ordre, cadence des administrations) a une importance capitale.

La séance est levée à 15 h 45 mn.

R. C.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 FÉVRIER 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** souhaite la bienvenue à M. **GUIDO BECK**, Professeur de Physique théorique à l'Université de Rio de Janeiro, qui assiste à la séance.

ARITHMÉTIQUE. — *Démonstration élémentaire du théorème de Dirichlet relatif aux nombres premiers d'une progression arithmétique.* Note de M. **EMILE BOREL**.

La démonstration s'appuie sur un axiome dans lequel intervient le calcul des probabilités et que l'auteur croit nouveau Elle ne suppose connus que les résultats classiques les plus simples sur la fréquence des nombres premiers et utilise la méthode bien connue du crible d'Eratosthène.

Nous nous appuierons sur l'axiome suivant, qui nous paraît évident.

A. *Soit* P *une proposition dans l'énoncé de laquelle figure un nombre entier k. En donnant à k toutes les valeurs entières, on obtiendra une infinité dénombrable de propositions* P_k. *Si ces propositions* P_k *sont indépendantes entre elles et si la probabilité pour que* P_k *soit fausse tend vers zéro lorsque k augmente indéfiniment, on est certain qu'il y a une infinité de valeurs de k pour lesquelles la proposition* P_k *est vraie.*

Cet axiome peut être appliqué à la proposition suivante :

B. *Soient σ un nombre plus grand que 1 et plus petit que 2, p un nombre premier et n le produit des nombres premiers au plus égaux à p. Quel que soit l'entier x_1, il y a dans l'intervalle*

$$x_1,\ x_1 + p^\sigma \tag{1}$$

au moins $\varphi(p)$ nombres premiers avec n, la fonction $\varphi(p)$ croissant plus rapidement que $p^{\sigma-\varepsilon}$, quelque petit que soit ε. On pourra prendre, par exemple, $\varphi(p)$ égal au quotient de p^σ par une puissance entière de $\log p$.

Remarque. — Si l'on désigne par p_k le nombre premier de rang k, on peut choisir des entiers $k_1, k_2, \ldots, k_n$, croissant assez vite pour que, en désignant

par B_n la proposition B où l'on remplace p par p_{k_n}, les diverses propositions B_n soient indépendantes. On pourra alors appliquer l'axiome A et l'on démontrera ainsi que *la proposition* B *est vraie pour une infinité de valeurs du nombre premier* p. Cette proposition est d'ailleurs fausse pour un grand nombre de valeurs de p lorsque les nombres donnés $\sigma - 1$ et ε sont voisins de zéro.

Il sera alors possible de démontrer le théorème suivant : *le nombre* σ *étant donné, nous désignons par* p *un des nombres premiers pour lesquels la proposition* B *est vraie*.

C. *Avec les notations précédentes, désignons par* a *et* b *des entiers positifs premiers entre eux et inférieurs à* $p^{2-\sigma}$. *La progression arithmétique* $ax+b$ *représente alors un nombre premier pour au moins* $\varphi(p)$ *valeurs de* x *inférieures à* p^σ.

On observera que, puisqu'il existe des nombres premiers p aussi grands que l'on veut pour lesquels le théorème B est vrai, le théorème C sera vrai quelque grands que soient les nombres a et b, la valeur de p pouvant être choisie aussi grande que l'on veut. On démontre ainsi l'existence d'une infinité des valeurs de x pour lesquelles $ax+8$ est premier et l'on connaît, pour une infinité de valeurs de p, une limite inférieure $\varphi(p)$ du nombre des valeurs de x, inférieures à p^σ, pour lesquelles $ax+8$ est premier.

Le théorème C se démontre, en appliquant le crible d'Eratosthène, c'est-à-dire en supprimant les termes d'une suite divisibles par les nombres premiers successifs, jusqu'à p inclusivement, d'une part dans la suite des nombres $ax+b$ lorsque x croît de o au plus petit entier inférieur dans p^σ et, d'autre part dans la suite des entiers compris entre x_1 et x_1+p^σ. On montre que quels que soient a et b, il est possible de choisir x_1 de manière que ces deux cribles soient identiques. On sait d'ailleurs que les deux cribles sont identiques pour les deux intervalles x_1, x_1+p^σ et x_2, x_2+p^σ, lorsque x_2-x_1 est divisible par n, produit des nombres premiers au plus égaux à p.

Les démonstrations détaillées paraîtront dans un autre recueil.

NOMBRES TRANSFINIS. — *Addition conventionnelle et figurée des permutations.* Note de M. **Arnaud Denjoy**.

Les permutations dont il s'agit sont celles de la suite normale des entiers positifs. Certaines classes remarquables d'entre elles, les spéciales et les clivées, sont le sujet du Livre II, bientôt publié, de l'ouvrage *L'Énumération transfinie*. L'auteur expose les résultats originaux du début. Définition, représentation et caractères d'une permutation somme d'une succession simplement infinie de permutations. Les formes spéciales des entiers positifs.

Sous le titre : Livre II (*L'arithmétisation du transfini*) va très prochainement paraître la suite de mon Ouvrage *L'Énumération transfinie* dont la première partie, dénommée Livre I (*La notion de rang*) fut publiée en 1946. Les sujets

que j'étudie dans ces nouveaux fascicules n'ont, je le crois, jamais été considérés. Les résultats en sont donc originaux, et dès lors ils me paraissent pouvoir faire l'objet de communications à l'Académie ([1]).

Nous désignons par I l'ensemble des nombres entiers positifs considérés indépendamment d'une idée d'ordination (II, 278), par (N) l'ensemble I ordonné normalement ($n < p$ concomitant à $n \prec p$) (I, 73), par (O) la suite des nombres ordinaux quand chacun est placé au rang qu'il qualifie (I, 74) :

$$(\mathrm{O}) \quad 1 \prec 2 \prec \ \ldots \ \prec n \prec \ \ldots \ \prec \omega \prec \ \ldots \ \prec \Omega \prec \ \ldots;$$

ω et Ω sont respectivement le plus petit nombre de la classe II et celui de la classe III; $S(\alpha, O)$ désigne le segment de α dans (O) [la section commençante de (O) formée par les nombres antérieurs à α (I, 21)]; $S(\alpha, O)$ est fini si $\alpha < \omega$, dénombrable infini si $\omega \leqq \alpha < \Omega$. Si le $\alpha^{ième}$ type de bonne ordination est τ_α [ou $\tau(\alpha)$], le type de $S(\alpha, O)$ est $\tau(\alpha+1)$ si α est fini, τ_α si α est transfini (I, 91).

Toute ordination d'un ensemble énuméré $u_1, u_2, \ldots, u_n, \ldots$ $(n < \omega)$ équivaut à une *permutation* P de la suite (N) des indices n. Une permutation P_e de (N) du type τ_ω, soit $m_1, m_2, \ldots, m_n, \ldots$ $(n < \omega)$, est dite *élémentaire* (I, 142). Si $m = m_n$ équivaut à $n = n_m$, la permutation élémentaire P'_e $(n_1, n_2, \ldots, n_m, \ldots)$ $(m < \omega)$ de (N) est l'*inverse* de P_e; $P_e(P'_e) = (N)$ non permutée, ce que nous appelons la *permutation-unité*. La permutation Q la plus générale de (N) ordinalement semblable à une permutation P est la permutation $P(P_e)$, P_e étant la permutation élémentaire la plus générale (I, 144).

Je désigne par $E(a_1, a_2, \ldots, a_n, \ldots)$ et j'appelle *développement népérien du nombre* $x = \Sigma a_n/(n!)$, toute suite d'entiers a_n vérifiant $0 \leqq a_n \leqq n-1$. Soit e_n l'ensemble $(1, 2, \ldots, n)$ ordonné par la permutation P de (N). Entre les n positions possibles de n dans e_n et les n valeurs possibles de a_n, il suffit d'établir une correspondance pour que le développement E définisse la permutation P et réciproquement (I, 153). Si x est irrationnel, la correspondance de P à x est déterminée.

J'ai envisagé quatre conventions différentes pour lier le chiffre a_n à la position de n dans e_n. J'en retiens deux, (C_2) et (C_4), (C_2) *étant seule utilisée dans le chapitre* IV.

(C_2) : Si e'_n est l'ensemble e_n précédé par zéro, n est le conséquent de a_n dans e'_n (I, 154).

(C_4) : Si e''_n est l'ensemble e_n suivi par zéro [fermant supérieurement (N)], n est le précédent de a_n dans e''_n (II, 420).

Soit α un nombre de la classe II $(\omega \leqq \alpha < \Omega)$, $n = n_\beta$ $(1 \leqq \beta < \alpha)$ une permutation de (N) du type τ_α; $n = n_\beta$ se résout en $\beta = \beta_n$, ce qui est une énumération du segment $S(\alpha, O)$. Si α est de seconde espèce, la suite β_n (de type τ_ω) nous fournit une suite croissante (en α_p et en n_p), $\alpha_p = \beta_{n_p}$ $(1 \leqq p < \omega)$, n_p croissant le plus lentement possible avec p, et $\alpha = \lim\limits_{p<\omega} \alpha_p$.

([1]) Les références I et II désignent ci-après le Livre I (p. 1-207) et le Livre II (à partir de la page 208). Les chiffres arabes renvoient aux pages.

Arithmétiser le transfini, c'est étudier les nombres α dans la figuration numérique x des permutations de (N) au type τ_α.

Mais notre but est beaucoup plus précis. Nous voulons définir une *permutation canonique* P^α ou $P(\alpha)$ de type τ_α ($n = n_3$) corrélative d'une *énumération canonique* ($\beta = \beta_n$) de $S(\alpha, O)$ et d'une *suite canonique* α_p ($1 \leqq p < \omega$) tendant vers α. Le nombre α sera représenté *canoniquement* par le nombre *unique* x_α correspondant à P^α par la convention (C_2) [ou (C_4)].

Le chapitre V est affecté à la recherche des suites canoniques de tous les nombres α de seconde espèce.

Le chapitre IV assure par avance la mise en œuvre des résultats du chapitre V. Sous le titre général « Définition soit constructive, soit directe, des nombres de la classe II par les sommes de permutations spéciales », il groupe quatre sections.

I. *L'addition conventionnelle et figurée des permutations.* — Supposons connues, d'une part la suite canonique $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_k, \ldots$ d'un nombre α, d'autre part les permutations canoniques P^β pour tous les $\beta < \alpha$. Comment déduire de ces données la permutation canonique P^α?

Si $\alpha'_1 = \alpha_1$, $\alpha'_{p+1} = \alpha_{p+1} - \alpha_p$ ($p \geqq 2$, et $\alpha'_{p+1} = \alpha_{p+1}$ si $\alpha_{p+1} \geqq \alpha_p \times \omega$), α est la somme ordonnée au type τ_ω : $\alpha = \Sigma\alpha'_p$. Le type de P^α est la somme des types des $P(\alpha'_p)$. Ajouter les ordinations des $P(\alpha'_p)$ est une opération immédiate (I, 15). Mais comment ajouter leurs énumérations?

De même que la théorie des fonctions s'éclaire par des représentations dans les espaces cartésiens ou dans le plan complexe, pareillement la représentation « funiculaire » plane des permutations facilite leur étude.

Le système (Λ) figurant normalement dans le plan Oi, Or (i indices, r rangs) une permutation P est composé de lignes brisées indéfinies L_n. Si à l'abscisse $i \geqq n$, le rang de n dans e_i est $\alpha_{n,i}$, L_n image de n a pour sommets les points (i, $\alpha_{n,i}$) (I, 168). Ou encore (II, 414), le système Υ figurant P sera formé de parallèles à Oi, situées dans des bandes vides bordées à gauche par un intervalle contigu à un ensemble parfait situé sur Or.

Un système (λ) de lignes continues l représentera une permutation de (N) si :

1° Toute ligne l est rencontrée au plus en un point par une parallèle à Oy, et elle a un point d'abscisse minimum où elle « naît »;

2° deux lignes quelconques l et l' de (λ) sont disjointes;

3° les lignes dont l'abscisse de naissance est bornée supérieurement sont en nombre fini.

Les lignes de (λ) s'ordonnent dans le sens des hauteurs croissantes. Pour l'énumération, l est antérieure à l' si l'abscisse de naissance de l est inférieure à celle de l' et, *en cas d'égalité, si l'ordonnée de naissance de l surpasse* [convention (C_2)] *celle de l'* [lui est inférieure, avec (C_4)].

La permutation figurée par (λ) est indépendante d'une transformation du plan conservant, avec leur sens, les parallèles à Or.

La permutation-unité est normalement représentée par les demi-droites $S_k(r=k,\ i\geqq k)\ (1\leqq k)$. Si λ_k est la contraction $r'=r/(r+1)$ de $(\Lambda)_k$ figurant normalement la permutation P_k(220), soit σ_k le résultat de la translation $(k-1,\ k-1)$ imprimée à $(\lambda)_k$; σ_k représente encore P_k. Pour qu'aux lignes de Λ_k naissant au voisinage de Oi ne correspondent pas dans σ_k des lignes naissant au voisinage supérieur d'une ligne de σ_{k-1} (pour $k\geqq 2$), nous ajoutons à σ_k la demi-droite $s_{k,0}$ identique à S_k(234) [avec (C_4), $s'_{k,0}$ serait $(r=k,\ i=k-1)$(420)]. Dès lors dans le système total (σ), et avec $k\geqq 1$, $j\geqq 0$, $k+j\geqq 2$, le rang d'énumération n de $s_{k,j}$ est $(n\geqq 1)$:

$$n=[(k+j)(k+j-1)/2]+j,$$

que nous écrivons : $n=f_1(k|j)$; n est ainsi mis sous sa *première forme spéciale* (254). Si P et P_k sont respectivement figurés par les développements $\Sigma(a_n/n!)$ et $\Sigma(a_{k,j}/j!)$: $a_n=f_1(k\,|\,a_{k,j})$.

Pour qu'une permutation P *soit une somme de permutations, il faut et il suffit que, pour tout entier* $k\geqq 1$ *et en vertu de* P :

$$f_1(k|0)\quad(\text{pour } k\geqq 2)\prec f_1(k|j)\prec f_1(k+1|0),$$

quel que soit $j\geqq 1$. Et alors $P=\Sigma P_k$, P_k étant l'ordination de I décrit par j, semblable et conforme à l'ordination des entiers $f_1(k|j)$ par P (297).

Les permutations canoniques autres que la permutation-unité sont des sommes de permutations elles-mêmes canoniques. De là, et avec une définition antirécurrente, les notions de permutation spéciale (251) et auparavant (250) de permutations clivées :

Une permutation est *clivée* si elle est ou bien unitaire, ou bien somme de permutations clivées. Une permutation *spéciale* est une permutation clivée bien ordonnée.

Pour qu'il puisse exister une permutation spéciale de type τ_α, il faut et il suffit que α soit multiple de ω^2 : $\alpha=\omega^2\times\beta$ (245).

La figuration géométrique explique la dénomination de clivée (243).

Les permutations clivées conduisent à considérer toutes les formes spéciales possibles d'un entier positif n (255). Soit S_{p-1} la suite $(k_1,\ k_2,\ \ldots,\ k_{p-1})$ et $S_p=(S_{p-1},\ k_p)\ (k_i\geqq 1,\ p\geqq 2)$. La $p^{\text{ième}}$ forme spéciale de n est $f_p(S_p|j_p)$ si $n=f_{p-1}(S_{p-1}|j_{p-1})$, avec $j_{p-1}\geqq 1$ et $j_{p-1}=f_1(k_p|j_p)$;

La forme $f_r(S_r|0)$ est *majeure* $(k_r\geqq 2)$ et il y a une forme *fictive* $n=f_0|j_0)$, avec $j_0=n$.

Les suites $\sigma_1=(1)$, $\sigma_{m+1}=(\sigma_m,\ 1)$, $\sigma'_1=(2)$, $\sigma'_{m+1}=(\sigma_m,\ 2)$ jouent un rôle important. $f_m(\sigma_m|0)$ n'est pas une forme spéciale et vaut zéro; $f_{p+m}(S_p,\ \sigma_m|0)$ n'est pas spéciale et vaut $f_p(S_p|0)$ (262); $f_r(\sigma'_r|0)$ est le plus petit nombre ayant r formes spéciales et vaut environ 2^{2^r}.

BIOLOGIE. — *Le problème d'homologie ontogénétique dans un groupe d'organes, chez des animaux à stases, et sa solution par la recherche d'anomalies.* Note de M. François Grandjean.

Un groupe d'organes homéotypes ayant été étudié dans un phylum et reconnu pour orthotaxique, idionymique, le problème d'homologie consiste à placer sans erreur, sur chaque organe de ce groupe, dans tous les cas, sa notation. On le résout par des comparaisons. Distinguons [nous conformant ainsi au principe de séparation des deux sortes de temps (1)] deux types de comparaisons : celles d'un individu à lui-même lorsque son âge a changé et celles d'un individu à un autre au même âge.

J'ai surtout employé jusqu'ici les comparaisons du deuxième type, notamment dans les problèmes de chætotaxie. Par l'observation du groupe dans tout le phylum et à tous les âges, on trouve des arguments qui concordent et qui sont assez nombreux et assez forts pour imposer une solution; mais ceci n'est vrai qu'en général. Il y a des cas difficiles où l'on ne voit même pas très bien comment aborder le problème d'homologie. Une méthode qui conduise toujours au succès paraît manquer.

L'importance des comparaisons du premier type m'a été révélée par les élevages de *Platynothrus peltifer* qui me servent actuellement à étudier les écarts. En observant les écarts, j'ai rencontré des anomalies et c'est pour attirer l'attention sur le parti que l'on peut tirer de ces dernières que j'écris cette Note.

Le problème d'homologie se pose dans l'ontogenèse d'un individu, chez *Platynothrus peltifer*, parce que cet animal, comme tous les Oribates et beaucoup d'autres Arthropodes, a des stases, et qu'à chaque passage d'une stase à l'autre il est profondément histolysé. Le groupe d'organes est supprimé pendant l'histolyse et faute de pouvoir faire des observations très fines, nous le perdons entièrement de vue jusqu'à sa reconstruction. Il ne se reconstruit pas toujours avec le même nombre d'organes. Supposons qu'il contienne un organe de plus. Nous devons savoir distinguer cet organe neuf, bien qu'il soit le plus souvent identique aux autres par sa forme et sa taille. Par exemple, s'il s'agit des poils génitaux d'un Oribate, si ces poils sont, à une stase quelconque, tous pareils, équidistants, disposés en une seule file et s'il y en a cinq de chaque côté à une stase et six à la stase suivante, où est le sixième ?

Pour des raisons de commodité, j'ai limité mes observations, sur les matériaux d'élevage précités, à des organes chitineux, les cupules ou fissures, les papilles génitales, les solénidions, les poils, parce que ces organes se

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 336.

voient sur des exuvies aussi bien que sur l'animal lui-même. Il y a deux façons de conduire les élevages.

De la première façon, l'animal est isolé dans une petite cellule. On part d'une larve et l'on va jusqu'à l'adulte en recueillant l'exuvie à chaque mue. L'adulte est ensuite comparé à ses exuvies. Il faut surveiller continuellement les cellules car les exuvies doivent être enlevées le jour même de l'éclosion de chacune des stases, ou au plus tard le lendemain. Si on les laisse plus longtemps, elles s'abîment et l'on a une peine de plus en plus grande à les trouver.

De la deuxième façon, on élève l'animal en masse dans de grandes cellules, ou même dans des flacons, et l'on recueille de temps en temps, au hasard, des pupes. Il est facile d'avoir ainsi des centaines ou des milliers de pupes des quatre sortes. Chaque pupe, pourvu qu'elle soit mûre ou presque, permet de comparer une stase (l'interne) à la précédente (l'externe, qui est réduite à sa peau). Si elle n'est pas assez mûre on la rejette.

L'élevage pour pupes a, sur l'élevage pour exuvies, plusieurs avantages. Il réduit la surveillance au minimum et il fait ainsi gagner beaucoup de temps. Il fournit des matériaux d'étude en quantité beaucoup plus grande. Il facilite les observations parce que la stase interne est toujours absolument propre et que la peau de la stase externe n'est pas déchirée. Son défaut évident est que chaque pupe ne fait voir qu'une partie de l'ontogenèse. Il faut observer beaucoup de pupes et rassembler les résultats.

Que l'on opère de la première façon ou de la deuxième, on cherche des anomalies. On en trouve de loin en loin et l'on s'aperçoit qu'elles ont un comportement ontogénétique extrêmement remarquable, car si un organe d'un groupe est anormal à une stase, difforme par exemple, sa difformité est presque toujours reproduite exactement, à la stase suivante du même individu, par un organe du même groupe. Or, il n'y a pas deux explications possibles de ce phénomène. Il faut que les deux organes qui se distinguent ainsi des autres soient *le même organe*. Le problème d'homologie est donc résolu pour eux.

Il y aurait doute si l'anomalie n'était pas très rare et si elle n'était pas copiée avec précision, si, par exemple, elle était remplacée à l'autre stase par une autre anomalie, mais j'exclus ces cas que je n'ai jamais rencontrés. Un autre cas, que j'ai rencontré seulement deux fois jusqu'ici, est celui d'une difformité qui se corrige (brusquement) avant la fin de l'ontogenèse. Un troisième cas est celui d'un organe qui est vestigial quand il apparaît et qui prend toute sa taille à la stase suivante. Ce cas est difficile à interpréter correctement parce que la réduction à un vestige n'est pas toujours une anomalie.

Une anomalie qui frappe un organe à une seule stase n'apporte pas ou ne semble pas capable d'apporter une solution au problème d'homologie.

Cela ne veut pas dire qu'une telle anomalie soit dépourvue d'intérêt. Elle en aurait un qui est très évident si la probabilité de première apparition d'une anomalie (ou du moins de certaines sortes d'anomalies), au cours de l'ontogenèse, était beaucoup plus grande au niveau de base, quand l'organe est neuf. Mes observations actuelles sont favorables à cette idée. Si des observations plus nombreuses les confirmaient, nous pourrions utiliser des anomalies particulières à la stase adulte.

Rechercher des anomalies sur des pupes, ou sur les exuvies d'un élevage complet, est une *méthode* par laquelle on est certain de pouvoir résoudre le problème d'homologie dans l'ontogenèse, car il est impossible qu'un organe quelconque, important ou non, soit toujours construit d'une façon parfaite et placé exactement où il doit être. Le surprendre en état d'imperfection n'est qu'une affaire de patience.

Une très grande patience est indispensable car les anomalies sont extrêmement rares, du moins les anomalies franches, incontestables, qui sautent aux yeux. Mais il y a de petites anomalies qui ne sont pas aussi rares. Je pense, en particulier, à des anomalies transversales dans la chætotaxie d'un alignement. Elles se conservent parfois d'une stase à l'autre. La difficulté est de savoir si ce sont vraiment des anomalies et s'il est légitime, par conséquent, d'en tenir compte pour l'homologie, ou si ce ne sont que des anomalies apparentes, dues au hasard, les organes n'ayant pas dépassé, à chaque stase, les limites normales de leur fluctuation.

Est-il à craindre que la méthode, à cause de la rareté des anomalies, ait un rendement presque nul ? Je ne le crois pas, pour deux motifs principaux. D'abord parce qu'elle n'est pas destinée à résoudre les cas faciles. Elle ne doit intervenir que si les comparaisons du deuxième type (celles qui ne sont pas purement ontogénétiques) sont impuissantes. Alors, chaque résultat qu'elle donne est d'un grand prix. Ensuite, parce qu'il n'est évidemment pas nécessaire, s'il y a n organes dans le groupe, que chacun des n organes, tour à tour, montre une anomalie. Les questions posées par les n organes ne sont pas indépendantes. Dès qu'une question est résolue, d'autres le sont aussi. Il peut arriver qu'une seule anomalie résolve le problème dans tout le phylum, pour tous les organes du groupe.

J'applique depuis quelques années à des problèmes chætotaxiques la méthode des anomalies et j'ai obtenu déjà, par les clones de *Platynothrus peltifer*, des résultats importants. Je parlerai de ces résultats dans un prochain travail.

Les élevages ne sont pas indispensables pour appliquer la méthode. Des pupes sauvages, trouvées n'importe où, conviennent aussi et il faut les utiliser. Chaque pupe est précieuse parce qu'elle contient peut-être une anomalie. Elle donne à l'observateur une chance de décrocher la solution d'un problème.

L'exacte répétition d'une anomalie à deux stases différentes, chez le même individu, démontre que les organes ne sont pas détruits de fond en comble par l'histolyse. Des caractères « personnels » d'un organe, tels qu'aucun autre organe ne les possède (pas même ses homologues dans le phylum) sont conservés. On retrouve là, à une échelle différente, l'avatar des chromosomes dans un noyau de cellule, quand ils s'effacent, puis reparaissent avec les mêmes caractères anormaux.

L'homologie ontogénétique, chez les animaux à stases qui ont le même comportement que les Oribates, est donc une homologie par identité, comme si le développement était continu. C'est beaucoup plus qu'une homologie ordinaire. Nous pouvons dire que le même organe existe pendant toute l'ontogenèse, à partir de son niveau de base, quels que soient le nombre et la profondeur des histolyses. Son existence est tantôt explicite et tantôt implicite. Pendant qu'elle est implicite l'organe voyage. Le déplacement peut être énorme. Une patte postérieure d'Oribate ne se reforme pas du tout dans sa peau de la stase précédente et la matière histolysée qui représente ses organes distaux doit parcourir, à chaque mue, une distance égale à la longueur totale de l'Acarien.

Le passage par l'œuf, même en cas de parthénogenèse, fait, au contraire, disparaître les anomalies. J'ai constaté, chez *Platynothrus peltifer*, qu'une anomalie de la fondatrice d'un clone ne se retrouve pas dans ce clone.

ÉCONOMIE RURALE. — *Considérations épidémiologiques, « virologiques » et immunologiques sur la fièvre aphteuse.* Note de M. **Gaston Ramon.**

Jusqu'au début de l'automne 1950, la fièvre aphteuse sévissait à l'état sporadique ou endémique, sans grande tendance à la propagation, dans divers pays de l'Europe occidentale comme l'Espagne, l'Italie, la France, la Hollande, etc. D'autres pays en étaient à cette époque, totalement indemnes ou presque. Il en était ainsi, par exemple, de la Belgique, du Danemark, de la Suède, de la Suisse, de l'Allemagne. Dans ce dernier pays, malgré l'abondance du cheptel bovin, il n'existait au 30 septembre 1950 qu'un seul foyer de fièvre aphteuse. Rapidement, la situation allait changer.

En effet, à la fin de février 1951, la fièvre aphteuse avait touché en Allemagne qui semble être à l'origine de l'épizootie européenne, 612 exploitations et 51 300 (ce nombre marquant l'acmé de l'épizootie) au 15 novembre 1951. La Belgique qui était au 31 octobre 1950, indemne de fièvre aphteuse, comptait, au 31 décembre de cette même année, 161 foyers et au 31 décembre 1951, près de 30000. En Hollande, 15000 exploitations étaient atteintes, en novembre 1951. Au Danemark, au mois de décembre 1951, il était signalé 3 000 foyers nouveaux de fièvre aphteuse. En France, 66 départements étaient infectés à la date du 31 décembre 1951 et 77 au 31 janvier 1952. Seuls, des pays tels que

l'Angleterre, la Norvège, la Suède protégés totalement ou partiellement par des frontières naturelles et par des règlements sanitaires appropriés, ont pu jusqu'ici échapper à l'épizootie aphteuse, les quelques foyers qui s'y sont déclarés ayant été très promptement éteints. La Suisse, environnée pourtant de tous côtés par des pays largement envahis par la fièvre aphteuse, a réussi, exemple remarquable, à se préserver de l'épizootie, grâce à des mesures rigoureuses, strictement appliquées, en premier lieu l'abattage des animaux malades ou suspects, suivi de la vaccination autour du foyer ainsi anéanti (1).

On peut dire que durant l'année 1951, des *millions d'animaux* : bovins, moutons, chèvres, porcs ont payé leur tribut en Europe occidentale à la fièvre aphteuse. Au cours des six derniers mois, cette épizootie a revêtu une gravité exceptionnelle. Elle entraîne un véritable désastre économique. Du fait de l'amaigrissement des animaux, de l'indisponibilité plus ou moins longue des bêtes de trait par suite des lésions des extrémités des membres, du fait encore de la diminution ou de l'arrêt de la production du lait chez les vaches laitières, des avortements, de la mortalité (2), du fait enfin des restrictions apportées aux transactions commerciales nationales et internationales et des frais occasionnés par la mise en œuvre des mesures sanitaires, etc., les pertes occasionnées par l'épizootie aphteuse sont extrêmement lourdes. A l'heure présente, on peut estimer à des *centaines de milliards* de notre franc, l'ensemble des pertes en Europe et l'épizootie n'est pas terminée puisqu'elle étend chaque jour ses ravages, dans notre pays en particulier.

Ce qui caractérise l'épizootie européenne actuelle, en dehors de sa grande tendance à l'extension, c'est la *variabilité des virus aphteux en cause.* On savait depuis H. Vallée qu'il existe plusieurs types de virus désignés maintenant par les lettres, O, A, C. Dans le passé et autant qu'on puisse en juger, au cours d'une endémie ou d'une épizootie aphteuse limitée, c'était le même type de virus qui était en cause. Voilà que, semble-t-il, tout est changé, et dans l'épizootie qui sévit depuis un an, des groupes d'animaux sont successivement ou simultanément aux prises dans une même région non seulement avec des types différents de virus, les types A, O et C, mais encore avec des variantes de ces types par exemple A^4, A^5, pour le moment. Alors que dans une région déterminée, il avait été décelé jusque-là le virus A ou le virus C, soudainement apparaît la variante A^5 ou vice versa. A quoi correspondent de telles variantes ? Déterminées, grâce à une réaction sérologique, la déviation du complé-

(1) On trouvera la plupart des renseignements épidémiologiques, bibliographiques et autres dont il est fait usage ici, dans le *Bulletin de l'Office International des Epizooties* et spécialement dans le n° 11-12, novembre-décembre 1951, p. 535 à 758, entièrement consacré à la fièvre aphteuse.

(2) Si la mortalité est en général faible, elle a été assez élevée dans certaines régions de l'Allemagne du Nord en particulier, où elle a atteint jusqu'à 30 ou 40 % des malades.

ment, ces variantes offrent évidemment à l'égard du type originel des différences antigéniques (*in vitro*), peut-être également des différences de virulence. Ce qui paraît établi, c'est que de même qu'un animal immunisé contre le type A de virus aphteux, ne l'est pas ou ne l'est qu'imparfaitement contre le type C, de même des bovidés immunisés, selon certaine technique de vaccination en usage, contre le type A, ne résistent pas ou résistent mal à l'infection par la variante A^5. On conçoit tout de suite les conséquences pratiques de ces constatations. Si à tout moment, le virus peut varier dans ses propriétés, et notamment dans sa spécificité antigénique, l'immunisation active telle qu'elle est pratiquée présentement, risque fort d'être inopérante et c'est ce qui est déjà arrivé en diverses circonstances. Sans doute, le procédé de vaccination dont Vallée, Carré et Rinjard ont jeté les premières assises basées sur la méthode générale dite des anatoxines et des vaccins anavirulents et dont Schmidt pour une part, et Waldmann pour l'autre, ont effectué la mise au point, s'est-il montré jadis efficace expérimentalement et aussi dans une certaine mesure dans la pratique, mais il semble qu'il n'en est plus tout à fait de même à l'égard d'une épizootie aphteuse très envahissante et compliquée d'une virulence relativement grande et de la variabilité, dans le temps et dans l'espace, de l'agent causal. L'apparition de types différents de virus et de variantes de ces types au cours d'une même épizootie remet ainsi en question la prophylaxie de la fièvre aphteuse par la vaccination.

Est-ce à dire qu'il n'y a pas, immunologiquement parlant, un remède possible à la situation actuelle et aux situations semblables qui peuvent se présenter demain ?

En réalité, un procédé d'immunisation active vaut par la *qualité du vaccin*, par la *technique de la vaccination*, par les *conditions de son application dans la pratique courante.*

Lorsque nous avons établi les méthodes de vaccination antidiphtérique, antitétanique, etc. au moyen des anatoxines, nous avons eu, avant tout, en vue et constamment, l'obtention chez la très grande majorité des individus vaccinés, d'un haut degré d'immunité, leur permettant par exemple, dans le cas de la diphtérie de résister aussi bien aux bacilles *gravis* qu'aux bacilles *intermedius* ou *mitis*. Nous nous sommes sans cesse astreint au laboratoire à préparer des anatoxines de qualité qui possèdent une valeur antigène intrinsèque aussi élevée que possible, en améliorant par le perfectionnement des milieux de culture, la production des toxines et partant des anatoxines. Nous avons accru encore l'immunité que les anatoxines sont capables de conférer en leur adjoignant ce que nous avons appelé les *substances adjuvantes et stimulantes de l'immunité* et en créant la méthode des *vaccinations associées*. Nous avons instauré une technique de vaccination comportant deux ou mieux trois injections d'anatoxine à dose convenable, à quinze jours d'intervalle, suivies après un certain délai (six mois ou un an) d'une injection dite de rappel, la vaccination ainsi comprise provoquant l'apparition et le développement d'une immunité solide et durable. D'où ce résultat que la *diphtérie est en voie de rapide dispa-*

rition dans le monde entier de telle sorte qu'à Paris il n'y a plus, par an, que quelques décès attribuables à cette maladie au lieu de 200 il y a 25 ans, et qu'à New-York on n'a enregistré en 1950 que deux décès par diphtérie au lieu de 1300 annuellement avant 1920 (malgré la sérothérapie) tandis qu'à Chicago, à Cleveland, etc., la mortalité diphtérique a été réduite à zéro en 1949 et 1950. D'où ce résultat, encore que grâce à la méthode de vaccination antitétanique strictement appliquée, d'après les règles que nous venons d'indiquer, *le tétanos a été éliminé* de l'armée américaine ainsi que d'autres armées durant la deuxième guerre mondiale.

En ce qui concerne la vaccination aphteuse et pour des motifs divers, on ne tient pas toujours compte des principes aussi solidement établis. On tend à adopter de nos jours pour des raisons économiques ou autres des « solutions de facilité » au détriment de l'efficacité; on se contente, en général, d'une seule injection, à dose souvent insuffisante, d'un vaccin aphteux d'un pouvoir immunigène réduit, n'entraînant qu'une immunité faible et précaire, d'où les insuccès qui, s'ils deviennent de plus en plus nombreux et fréquents, peuvent jeter le discrédit sur un procédé de vaccination lequel dans les essais initiaux de Waldmann, de Schmidt et, depuis, entre les mains de Flückiger et de Moosbrugger et d'autres, a fait montre d'une réelle efficacité. Cependant, si à l'exemple de ce qui a été réalisé dans la prévention de la diphtérie, on veut y mettre le prix, et ce prix sera infiniment moins élevé que les pertes considérables dues à toute épizootie aphteuse, en ayant recours à des techniques de préparation et d'application du vaccin peut être moins faciles à mettre en œuvre mais plus sûres, capables d'assurer à la majorité des animaux une immunité forte, persistante, multivalente, on obtiendra des résultats plus satisfaisants. Nous n'en voulons comme commencement de preuve que les expériences effectuées récemment par Girard et Mackowiack d'un côté (³), par Michelsen et Schjerning-Thiesen de l'autre (⁴). Ces expérimentateurs en utilisant une dose quadruple d'un vaccin préparé à partir d'un virus O, ou des mélanges de virus O et A, ont réussi à protéger des bovidés contre des variantes de ces virus, alors que la dose simple habituelle, ne les protégeait qu'imparfaitement ou même pas du tout.

En tenant compte de tels essais, en en provoquant d'autres du même genre et surtout en s'appuyant sur les principes rappelés plus haut et qui bien appliqués ont abouti rapidement à des résultats aussi éclatants, dans la prophylaxie de la diphtérie, maladie épidémique, dans celle du tétanos, toxi-infection meurtrière s'il en fût, etc. (⁵), il faut réviser notre manière

(3) *Bulletin de l'Office International des Épizooties*, 35, 1951, p. 665.

(4) *Ibid.*, 35, 1951, p. 748.

(5) Rappelons qu'à différentes reprises nous avons montré les analogies qui existent entre l'immunité antivirus et l'immunité antitoxique (*voir* notamment G. Ramon, J. P. Thiéry et R. Richou, *Rev. de Pathol. comp.*, 49, 1949, p. 384).

d'opérer afin d'apporter des solutions véritablement efficientes aux problèmes du plus haut intérêt théorique et pratique que pose l'épizootie aphteuse qui dévaste actuellement le cheptel d'une grande partie de l'Europe et afin de pouvoir ainsi lutter, maintenant et dans l'avenir, avec plus d'efficacité contre ce grand fléau.

GÉOLOGIE. — *Eustatisme et isostasie.* Note (*) de M. **Henri Baulig.**

L'abaissement du niveau marin au cours du Quaternaire ne semble pas pouvoir s'expliquer par une réaction isostatique des continents à la perte de matière qu'ils subissaient du fait de l'érosion.

M. C. Arambourg, dans une Note récente (1), observe avec raison que, si les fluctuations quaternaires du niveau marin, mouvements négatifs et positifs, s'expliquent suffisamment par la formation et la disparition réitérées des inlandsis, on constate cependant que chaque haut niveau interglaciaire est resté en dessous du précédent. Comme on ne saurait admettre que le volume d'eau retenu dans les glaciers ait crû constamment d'une déglaciation à la suivante, comme d'ailleurs la fusion totale des glaciers actuels ne relèverait le niveau marin que de 40 à 60 m au plus, alors que les plus hauts rivages quaternaires atteignent communément 90 à 100 m d'altitude, on est conduit à admettre qu'il s'est produit, au cours du Quaternaire et indépendamment des oscillations glacio-eustatiques, un abaissement de niveau important.

M. Arambourg pense que ce déplacement n'est qu'apparent et qu'il résulte, en réalité, d' « un exhaussement progressif des masses continentales » traduisant « une compensation isostatique de l'usure progressive des continents du fait de l'érosion ». Admettant pour le Quaternaire une durée d'un million d'années et pour mesure de l'érosion globale à la surface des terres l'équivalent d'une tranche de 0,11 mm par an, il arrive à la conclusion qu'une compensation isostatique complète déterminerait un soulèvement de l'ordre de grandeur observé. Nous n'insisterons pas sur la précarité de ce calcul. L'intensité de la dénudation pour l'ensemble du globe est fort mal connue. La meilleure évaluation que l'on possède à ce jour est celle de Dole et Stabler (1909) pour le territoire des États-Unis, qui comprend des régions de structure, de relief et de climat variés, savoir 0,033 mm par an : encore ce chiffre modeste est-il certainement trop élevé, ne fût-ce qu'à cause des défrichements qui ont considérablement accru l'érosion des sols et la charge des cours d'eau.

(*) Séance du 11 février 1952.

(1) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 226.

D'ailleurs, M. Arambourg le reconnaît, « le taux absolu de l'usure érosive continentale peut varier suivant l'importance des reliefs topographiques »; il faut ajouter : suivant la résistance des terrains, qui varie du tout au tout, et suivant l'intensité de l'érosion, qui est certainement très inégale sous les différents climats. On ne croit pas trop s'avancer en disant que, pour des segments de l'écorce terrestre pas trop étendus, la perte de substance au cours du Quaternaire a dû varier du simple au décuple et davantage. De ce fait, la réaction isostatique aurait dû être très inégale. Si, pour atténuer ces écarts, on considère des segments étendus, on est amené à réunir des éléments de constitution différente, peut-être séparés par de profondes coupures tectoniques, qui, dès lors, auraient dû jouer indépendamment : cela, bien entendu, à supposer une isostasie extrêmement sensible.

C'est bien ce qu'admet M. Arambourg : le soulèvement « progressif » aurait, pour ainsi dire, suivi pas à pas le progrès de l'érosion et se serait manifesté déjà pour l'ablation d'une couche de 20 à 30 m d'épaisseur, puisque tel est l'intervalle qui sépare communément les rivages successifs. C'est ce qu'il est difficile d'admettre. L'écorce terrestre possède une certaine rigidité et une résistance à la tension qui lui permettent de rester indifférente à des surcharges ou à des allègements modérés, ne dépassant pas un certain seuil. Ce seuil, il est vrai, a été franchi au Quaternaire, par exemple dans le cas des Boucliers Fenno-scandinave et Laurentien qui, déprimés sous le poids des calottes glaciaires, se sont soulevés à mesure qu'elles se contractaient, quoique avec un certain retard, puisque le mouvement continue. Mais ces calottes atteignaient, dans leur partie centrale, une épaisseur de quelque 2 500 ou 3 000 m : on comprend qu'une telle surcharge ait vaincu la résistance de l'écorce, rompu la solidarité de ses parties et préparé ainsi les voies du soulèvement ultérieur. R. T. Chamberlin [2] a remarqué que les anciens rivages des lacs glaciaires laurentiens, qui, dans l'ensemble, sont relevés vers le centre de la glaciation quaternaire et d'autant plus qu'ils sont plus anciens, sont demeurés horizontaux dans une zone méridionale qui, pourtant, a été couverte par une épaisseur de glace de milliers de pieds [tout au moins de centaines de mètres] : ce qui semble fixer une limite assez élevée au seuil des réactions glacio-isostatiques.

Si l'abaissement du niveau marin au Quaternaire ne peut guère s'expliquer par un soulèvement approximativement uniforme des continents, on est ramené à l'hypothèse d'un mouvement proprement eustatique lié, selon toute apparence, à l'approfondissement des cuvettes océaniques. Il est bien vrai que, *dans certaines régions*, que l'on a par ailleurs des raisons de croire instables, les rivages quaternaires sont dénivelés, déformés,

(2) *Journ. of Geol.*, 39, 1931, p. 1-23.

disloqués. Il n'en résulte pas que, *dans d'autres régions*, ils ne soient pas restés dans leur position originelle. Ce qui peut se vérifier, compte tenu des indications de la paléontologie et, éventuellement de la préhistoire, par la détermination précise des altitudes non pas des anciennes plages, car celles-ci varient, en particulier, avec l'exposition aux vagues, mais bien des *niveaux correspondants de la mer*. Les résultats acquis dès maintenant, dans des régions éloignées les unes des autres, semblent devoir encourager les recherches ultérieures.

M. **Louis Fage** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. Max Vachon intitulé : *Études sur les scorpions*, dont il a écrit la *Préface*.

DÉSIGNATIONS.

Sont désignés pour représenter l'Académie :

— MM. **Léon Binet** et **Roger Heim** au **Congrès International de Pathologie comparée**, qui se tiendra à Madrid, au mois de mai 1952.

— M. **Albert Caquot** dans le Comité d'honneur de la *Commission nationale* qui sera chargée d'organiser les manifestations commémoratives du cinquentième anniversaire de la naissance de **Léonard de Vinci**.

— M. **Léon Binet** à la cérémonie qui aura lieu à Montpellier, le 13 mai 1952, à l'occasion de l'inauguration du monument élevé à la mémoire du Professeur **Émile Jeanbrau**.

PLIS CACHETÉS.

M. **Marc Istin** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 5 juin 1950 et enregistré sous le n° 12699.

Ce pli, ouvert en séance par M. le **Président**, contient une Note intitulée : *Sur l'emploi des radiations lumineuses infrarouges et visibles pour le chauffage au laboratoire.*

(Renvoi à la Section de Physique générale.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Education Nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux ou trois candidats à la Chaire des Techniques d'enregistrement, de transmission et de reproduction du son et des images, vacante au *Conservatoire National des arts et métiers*.

(Renvoi aux Sections de Mécanique et de Physique générale.)

M. **René Garnier** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Géométrie, par le décès de M. *Élie Cartan.*

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° H. M. E. Sturm. *The solution of the Riemann hypothesis.*

2° *Röntgendiffractie ten dienste van het materiaal onderzoek* door A. J. Van Bergen en Ir C. A. A. Van der Woude.

3° Academia scientiarum et artium slovaca, Bratislava. *Geologický Sborník,* Rocník I, Čislo 1, 2-4.

4° *Catalogue of* 20,554 *faint stars in the Cape Astrographic Zone* — 40° *to* — 52° *for the equinox of* 1900.0 *giving positions, precessions, proper motions and photographic magnitudes derived from photographs taken at the Royal Observatory, Cape of Good Hope,* under the directions of Harold Spencer Jones and J. Jackson.

5° *Bulletin of the geological Survey of Japan,* Vol. I, n°s 1-5 ; Vol. II, n°s 1-5.

6° *Report Geological Survey of Japan.* Special Number.

7° Tokyo metropolitan University. *Memoirs of Faculty of Technology,* n° 1.

8° Meteorological and geophysical Service, Djakarta, Indonesia. *Meteorological Data of Indonesian aerodromes* 1949, by F. H. Schmidt.

9° *The Dominion astrophysical Observatory,* Victoria, B. C.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Capacitabilité. Théorèmes fondamentaux.* Note (*) de M. **Gustave Choquet**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Enoncé, avec esquisse de démonstrations des théorèmes de base concernant la capacitabilité, en particulier celle des ensembles boréliens et analytiques, pour les capacités alternées et les capacités monotones, qui ont été définies et étudiées ainsi que des notions connexes dans trois Notes précédentes (1).

Théorème 1. — *Soit* $\mathcal{E}$ *un ensemble additif et riche de parties d'un espace* E *et soit* f *une capacité d'ordre* $\mathfrak{A}_\alpha(\alpha \geqq 1, b)$ *sur* $\mathcal{E}$.

a. Toute réunion finie d'ensembles f-capacitables de capacités $> -\infty$ *est aussi f-capacitable.*

b. Si pour toute suite croissante $\{\omega_n\}$ *d'ouverts on a* $f(\omega_n) \to f(\bigcup \omega_n)$ *(par exemple si tout élément de* $\mathcal{E}$ *est compact),* f *est d'ordre* $\mathfrak{A}_{1,a}$ *et toute réunion dénombrable d'ensembles capacitables de capacités* $> -\infty$ *est aussi f-capacitable.*

(*) Séance du 11 février 1952.

(1) *Comptes rendus,* 234, 1952, p. 35, 383 et 498.

Définition. — Pour tout $\mathcal{E}$, l'ensemble des $A_\sigma = \bigcup_1^\infty a_n (a_n \in \mathcal{E})$ s'appelle $\mathcal{E}_\sigma$; l'ensemble des $A_{\sigma\delta} = \bigcap_1^\infty A_n (A_n \in \mathcal{E}_\sigma)$ s'appelle $\mathcal{E}_{\sigma\delta}$.

Pour simplifier les énoncés, nous supposerons désormais les capacités alternées bornées inférieurement.

THÉORÈME 2. — *Si $\mathcal{E}$, additif et dénombrablement multiplicatif est tel que, pour toute suite décroissante* $\{A_n\}$ *d'éléments de* $\mathcal{E}$ *et tout voisinage* V *de* $A = \cap A_n$, *on ait* $A_n \subset V$ *pour* $n > $ *un* n_0, *et si f est d'ordre* $\mathfrak{A}_{1,n}$, *tout élément de* $\mathcal{E}_{\sigma\delta}$ *est f-capacitable.*

COROLLAIRE. — *Si* $\mathcal{E}$ *est un ensemble riche, additif et dénombrablement multiplicatif de compacts de* E *séparé, et si f est d'ordre* $\mathfrak{A}_\alpha$ quelconque, *tout élément de* $\mathcal{E}_{\sigma\delta}$ *est f-capacitable.*

En supposant de plus $\mathcal{E}$ héréditaire, on va étendre beaucoup les conclusions de ce corollaire. On utilisera trois faits étudiés antérieurement :

a. Si f est une capacité sur $\mathcal{E}$ héréditaire $\subset \mathcal{K}(E)$ (E séparé) et si g est l'extension de f à $\mathcal{K}(E)$, pour tout $A \subset E$ tel que $\mathcal{K}(A) \subset \mathcal{E}_\sigma$ (par exemple : $A \subset B \in \mathcal{E}$) les f- et g-capacitabilités de A sont équivalentes;

b. Tout K-analytique de E compact est projection d'un $K_{\sigma\delta}$ d'un $E \times F$, (où F est compact);

c. Conservation de la classe $\mathfrak{A}_\alpha$ par projection.

THÉORÈME 3. — *Si* $\mathcal{E} \subset \mathcal{K}(E)$ *est additive et héréditaire, et f d'ordre* $\mathfrak{A}_\alpha$ *quelconque, un* K-*analytique* A *est f-capacitable si* $A \subset B \in \mathcal{E}_\sigma$ *ou si* $A \subset \omega$ *ouvert complètement régulier avec* $\mathcal{K}(A) \subset \mathcal{E}_\sigma$ (*par exemple :* $A \in$ *corps borélien engendré par* $\mathcal{E}$).

COROLLAIRE. — *Si* E *métrique séparable complet et* $\mathcal{E} = \mathcal{K}(E)$, *tout analytique ou borélien classique de* E *est capacitable pour toute f d'ordre* $\mathfrak{A}_\alpha$ *quelconque.*

Remarque 1. — Il existe un E compact (resp. loc. c.) et une f d'ordre $\mathfrak{A}_\infty$ sur $\mathcal{E} = \mathcal{K}(E)$, avec un $A \subset E$ non capacitable bien que cet A soit $K \cap G$ et G_δ (resp. soit fermé). D'où justification du choix de notre matériel K-analytique.

Remarque 2. — La convexité ordinaire $(f(A \cup B) \leq f(A) + f(B))$ serait trop faible pour donner les théorèmes 1, 2, 3. En effet, soit $E = R^2$, $\mathcal{E} = \mathcal{K}(E)$; soit $D(y)$ (resp. $d(y)$ l'ensemble $X \geq 0$, $Y = y$ (resp. $X \leq 0$); soit $\Delta_K(y)$ = diamètre de $K \cap D(y)$, (id. pour $\delta_K(y)$); on pose $\varphi_K(y) = 2 - \exp(-\Delta_K(y).\delta_K(y))$ et $P(K)$ = projection de K sur $y'y$. Alors $f(K) = [$intégrale de $\varphi_K(y)dy$ sur $P(K)]$ est une capacité ≥ 0, convexe, et nulle pour tout K dénombrable. Or l'ensemble fermé $A = [x \geq 0, 0 \leq y \leq 1]$ est non capacitable car

$$f^*(A) = f_*(A) - 1 = 1,$$

Remarque 3. — Même avec E, $\mathcal{E}$, f très régulières, on ne peut montrer la capacitabilité des complémentaires d'analytiques :

THÉORÈME 4. — *Si* $E = R^2$ *et* $\mathcal{E} = \mathcal{K}(E)$ *l'affirmation « Il existe une* $f \geqq 0$ *d'ordre* $\mathfrak{A}_\infty$ *sur* $\mathcal{E}$ *et un* $CA \subset E$ *non f-capacitable » n'est pas en contradiction avec les axiomes ordinaires de la théorie des ensembles.*

Admettre cette affirmation entraîne que la mesurabilité d'un ensemble pour toute mesure de Radon n'implique pas sa capacitabilité pour toute f d'ordre $\mathfrak{A}_\infty$; le problème analogue se pose pour les ensembles de mesure nulle pour toute μ de Radon.

Capacités monotones d'ordre $\mathfrak{M}_\alpha$. — Soient E compact, $\mathcal{E} = \mathcal{K}(E)$ et f monotone d'ordre $\mathfrak{M}_\alpha$ sur $\mathcal{E}$. La conjuguée $\bar{f}$ de f est définie sur $\mathcal{E}$ et d'ordre $\mathfrak{A}_\alpha$; l'opération $\complement$ établit une correspondance biunivoque entre les ensembles f-capacitables et les ensembles $\bar{f}$-capacitables. On en déduit, en utilisant les opérations « restriction » et « extension » le :

THÉORÈME 5. — *Soit f d'ordre* $\mathfrak{M}_\alpha (\alpha \geqq 1, b)$ *sur* $\mathcal{E}$ *add. et héréditaire* $\subset \mathcal{K}(E)$ (E *complètement régulier*)*; nous supposerons, pour simplifier les énoncés, que f est bornée supérieurement.*

1° *Si* E *est, dans une de ses extensions compactes le complémentaire d'un* K*-analytique* (*ex. :* E *loc. compact ou métrique séparable complet*), *tout* $A \subset E$ *tel que* $(E - A)$ *soit* K*-analytique et tel que* $\mathcal{K}(A) \subset \mathcal{E}$ *est f-capacitable.*

2° *Si* $\mathcal{E} = \mathcal{K}(E)$, *f est d'ordre* $\mathfrak{M}_{1,a}$ *et toute intersection dénombrable d'ensembles capacitables l'est aussi.*

Remarque 4. — Le fait que pour les capacités d'ordre $\mathfrak{M}_\alpha$ ce soient les ensembles CA sur la nature topologique desquels on sait peu de choses qui sont capacitables, nous montre que les capacités monotones sont moins « naturelles » que les capacités alternées.

Construction de classes d'ensembles non capacitables. — Soit f une capacité convexe (donc $\geqq 0$) sur $\mathcal{E}$ additif et héréditaire $\subset \mathcal{K}(E)$ (par ex. $f \geqq 0$ et d'ordre $\mathfrak{A}_n$ avec $n \geqq 2$). On a pour tous A et B :

$$f^*(A \cup B) \leqq f^*(A) + f^*(B) \quad \text{et} \quad f_*(A \cup B) \leqq f_*(A) + f^*(B).$$

Si C est f-capacitable, avec $f(C) > 0$, et si $A \subset C$ vérifie $f_*(A) = f_*(C - A) = 0$, on a donc $f^*(A) = f^*(C - A) = f(C)$; donc A et $(C - A)$ ne sont pas capacitables.

Or si C est un compact ayant la puissance du continu ainsi que l'ensemble de ses sous-compacts on peut, *en admettant l'hypothèse du continu*, construire $A \subset C$ tel que tout compact de A ou $(C - A)$ soit au plus dénombrable; donc si f s'annule pour tout ensemble réduit à un point, tout compact C tel que $f(C) > 0$ contient des sous-ensembles A tels que $f_*(A) = f_*(C - A) = 0$ avec $f^*(A) = f^*(C - A) = f(C)$; d'où A et $(C - A)$ non capacitables.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur les fonctions arithmétiques relatives aux corps algébriques*. Note (*) de M. **Eckford Cohen**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Dans un travail à paraître sous peu ([1]), l'auteur considère l'arithmétique des anneaux des classes résiduelles modulo un entier ordinaire. L'objet de cette Note est d'étendre les idées fondamentales du cas rationnel au cas des corps algébriques.

Soit F une extension finie du corps des rationnels et soit A un idéal entier quelconque de F. On désignera par K un corps de caractéristique o qui contient toutes les racines de l'unité. Une fonction f sera dite arithmétique par rapport à A et à K, si à tout entier α de F est associée une valeur unique $f(\alpha)$ de K, telle que $f(\alpha)=f(\alpha')$ si $\alpha\equiv\alpha'\pmod{A}$. Soient f et g deux fonctions de ce genre; on peut introduire une loi de composition, nommée produit de Cauchy, en posant $f.g=h$,

$$h(\rho)=\sum_{\rho\equiv\gamma+\delta\,(\mathrm{mod}\,A)} f(\gamma)g(\delta)\qquad(\rho \text{ entier}),\tag{1}$$

la somme étant étendue à tous les entiers γ, δ distincts (mod A), tels que $\rho\equiv\gamma+\delta\pmod{A}$.

La différente de F étant désignée par D, choisissons un idéal entier B de manière que B soit premier à A et que B/AD soit principal. Posons $\zeta=B/AD$ et désignons par R(A) l'anneau des restes (mod A) et par N(A) la norme de A. Dans ce qui va suivre nous écrirons $\varepsilon_\mu(\beta)$ pour désigner la quantité $e^{2\pi i T(\beta\mu\zeta)}$ où μ et β sont des entiers de F, et T est la trace dans F. Il suit aisément d'un théorème bien connu sur la différente ([2]) que la valeur de $\varepsilon_\mu(\beta)$ en fonction de β ne dépend que de la classe résiduelle (mod A) à laquelle appartient β; d'où l'on déduit que $\varepsilon_\mu(\beta)$ est une fonction arithmétique au sens indiqué plus haut. On peut alors déduire le lemme suivant dû à Hecke ([3]) :

$$\sum_{\beta\,(\mathrm{mod}\,A)}\varepsilon_\mu(\beta)=\begin{cases}0 & [\mu\not\equiv 0\pmod{A}],\\ N(A) & [\mu\equiv 0\pmod{A}],\end{cases}\tag{2}$$

où β parcourt un système de représentants (mod A). Il résulte alors d'un calcul simple que :

Théorème 1. — *Si* ρ, μ, μ' *sont des entiers de* F,

$$\varepsilon_\mu.\varepsilon_{\mu'}=\sum_{\rho\equiv\gamma+\delta\,(\mathrm{mod}\,A)}\varepsilon_\mu(\gamma)\varepsilon_{\mu'}(\delta)=\begin{cases}0 & (\mu\not\equiv\mu'),\\ N(A)\varepsilon_\mu(\rho) & (\mu\equiv\mu').\end{cases}\tag{3}$$

(*) Séance du 11 février 1952.

([1]) *Rings of arithmetic functions*, à paraître dans le *Duke Mathematical Journal*, 19, n° 1, 1952; pour une bibliographie détaillée, *voir* cet article

([2]) E. Hecke, *Vorlesungen über die Theorie der Algebraischen Zahlen*. Leipzig, 1923, p. 131.

([3]) *Ibid.*, p. 220.

On déduit de là que les ε_μ sont linéairement indépendants relativement au corps K; d'où résulte le théorème fondamental :

THÉORÈME 2. — *Toute fonction arithmétique f peut se représenter d'une seule manière sous la forme*

$$f(\beta) = \sum_{\mu\,(\mathrm{mod}\,A)} a_\mu \varepsilon_\mu(\beta) \qquad (a_\mu \in K). \tag{4}$$

Les coefficients a_μ sont donnés par la formule

$$a_\mu = \frac{1}{N(A)} \sum_{\xi\,(\mathrm{mod}\,A)} f(\xi)\, \varepsilon_\mu(-\xi). \tag{5}$$

En conséquence de ce théorème et du théorème 1, appliqué à plusieurs reprises, on parvient à un principe général qui s'applique aux problèmes additifs dans l'anneau R(A). Ce principe s'énonce comme suit :

Soit S un système représentatif (mod A) et soit $X_i (i = 1, \ldots, s)$ un ensemble fini d'entiers, non tous nécessairement différents, tels que chaque ξ de X_i soit aussi contenu dans S. Posons $f_i(\lambda) = e$ si λ est congruent (mod A) à un élément de S qui figure e fois dans X_i. Ceci posé, le nombre $\nu(\rho)$ des suites ordonnées $(\xi_1, \ldots, \xi_s)$ telles que $\xi_i \in X_i$ et $\xi_1 + \ldots + \xi_s \equiv \rho (\mathrm{mod}\, A)$ est égal au produit de Cauchy étendu $f_1 \ldots f_s$. Donc

THÉORÈME 3.

$$\nu(\rho) = \frac{1}{N(A)} \sum_{\mu\,(\mathrm{mod}\,A)} \varepsilon_\mu(\rho) \prod_{i=1}^{s} \left(\sum_{\xi \in P_i} \varepsilon_\mu(-\xi) \right), \tag{6}$$

la somme intérieure étant étendue à tous les entiers de P_i.

Nous ferons remarquer que les résultats de cette Note sont susceptibles d'une interprétation purement algébrique. En particulier, l'ensemble $S_A(K)$ des fonctions arithmétiques forme une algèbre commutative qui peut être caractérisée par les propriétés suivantes :

THÉORÈME 4. — *L'algèbre* $S_A(K)$ *se décompose en somme directe de* N(A) *corps* $K_i[i = 1, \ldots, N(A)]$, *dont chacun est isomorphe à* K *et qui s'annulent mutuellement; c'est-à-dire,* $K_i \cong K$, $K_i^2 = K_i$, $K_i K_j = 0\ (i \neq j)$.

ALGÈBRE. — *Sur les algèbres enveloppantes universelles de certaines algèbres de Lie.* Note de M. **Michel Lazard**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

On généralise le théorème de Witt sur l'existence d'une représentation fidèle d'une algèbre de Lie sur un corps. Certaines propriétés complémentaires de l'algèbre enveloppante sont établies.

Soit L une algèbre de Lie sur l'anneau A.

Étant donné une A-algèbre associative $\mathfrak{A}$ et une représentation linéaire, φ

de L dans $\mathfrak{A}$, on dit que $\mathfrak{A}$ est une algèbre enveloppante universelle de L si : 1° $\mathfrak{A}$ est engendré par $\varphi(L)$ en tant qu'anneau ; 2° Pour toute représentation linéaire f de L dans une A-algèbre associative $\mathfrak{B}$, il existe un homomorphisme g de l'algèbre $\mathfrak{A}$ dans $\mathfrak{B}$ tel que $f = g \circ \varphi$. $\mathfrak{A}$ est déterminé par ces conditions à un isomorphisme canonique près. Lorsque L est un A-module libre, Witt ([1]) et Birkhoff ([2]) ont montré que φ est une représentation fidèle : L peut alors être identifié à son image dans $\mathfrak{A}$. Dans le cas général, une démonstration du même théorème a été donnée par Kourotchkine ([3]) ; elle ne nous paraît pas entièrement rigoureuse, et nous indiquons comment, en développant la méthode de Witt, on parvient à un résultat qui englobe, en particulier, le cas où A est un anneau à idéaux principaux.

On désignera par $\mathfrak{C}$ l'algèbre tensorielle de L sur A ([4]). La composante homogène de degré n : $\overset{n}{\otimes} L$ sera notée $\mathfrak{C}^{(n)}$, et la somme des composantes de degrés $\leqq n$, $\mathfrak{C}_{(n)}$. Le produit dans $\mathfrak{C}$ sera noté comme une multiplication habituelle. L sera identifié à $\mathfrak{C}^{(1)}$. On désignera par J l'idéal engendré dans $\mathfrak{C}$ par les éléments de la forme $xy - yx - [x, y]$, où $x, y \in L$; θ sera l'homomorphisme canonique de $\mathfrak{C}$ sur $\mathfrak{C}/J = \mathfrak{A}$. On sait alors que $\mathfrak{A}$ est algèbre enveloppante universelle de L (en prenant pour φ la restriction de θ à L).

Pour chaque entier $n \geqq 2$, on désignera par T_n le monoïde (système associatif) libre engendré par les $(n-1)$ générateurs indépendants $t_i^{(n)}$ $(1 \leqq i \leqq n-1)$. On fait opérer les éléments de T_n sur $\mathfrak{C}$ de telle sorte :

1° $(\mu\nu)x = \mu(\nu x)$ $(x \in \mathfrak{C};\ \mu, \nu \in T_n)$;

2° $t_i^{(n)} a_1 \ldots a_i a_{i+1} \ldots a_n = a_1 \ldots a_{i+1} a_i \ldots a_n$ $(a_j \in L_n)$;

3° $\mu \mathfrak{C}^{(m)} = 0$ $(\mu \in T_n;\ m \neq n)$.

Alors $\mu a_1 \ldots a_i \ldots a_n = a_{\bar{\mu}^{-1}(1)} \ldots a_{\bar{\mu}^{-1}(i)} \ldots a_{\bar{\mu}^{-1}(n)}$, $\bar{\mu}$ étant un élément déterminé du groupe symétrique S_n des permutations des n premiers entiers naturels ([4]). L'application $\mu \to \bar{\mu}$ est un homomorphisme de T_n sur S_n.

On établit, d'après les propriétés de l'algèbre tensorielle $\mathfrak{C}$ et des monoïdes T_n que les conditions : 1° $Q_{t_i^{(n)}} a_1 \ldots a_i a_{i+1} \ldots a_n = a_1 \ldots [a_i, a_{i+1}] \ldots a_n$ $(a_j \in L)$; 2° $Q_\mu \mathfrak{C}^{(m)} = 0$ $(\mu \in T_n,\ m \neq n)$; 3° $Q_{\mu\nu} = Q_\mu \nu + Q_\nu$ $(\mu, \nu \in T_n)$ définissent sans ambiguïté des opérateurs linéaires Q_μ sur $\mathfrak{C}$. On pose alors

$$R_\mu = (1 - \mu - Q_\mu) ; \qquad J_n = \sum_{\mu \in T_p;\ p \leq n} R_\mu \mathfrak{C}.$$

([1]) *Jour. f. die reine und ang. Math.*, 177, 1937 p. 152-160.

([2]) *Ann. of Math.*, 38, 1937, p. 526-532.

([3]) *Mat. Sbornik*, 28, (70), 2, 1951, p. 467-472.

([4]) *Cf.* Bourbaki, *Algèbre*, Chap. III.

En reprenant les calculs de Witt, qui ne nécessitent pas l'emploi d'une base, on aboutit aux :

Proposition 1. — Soit $x = a_1, \ldots, a_n (a_i \in \mathrm{L})$ et $\mu, \nu \in \mathrm{T}_n$. Si, pour tout $i (1 \leq i \leq n)$, $a_{\bar{\mu}^{-1}(i)} = a_{\bar{\nu}^{-1}(i)}$, $\mathrm{R}_\mu x - \mathrm{R}_\nu x \in \mathrm{J}_{n-1}$.

Proposition 2. — Si, pour tout entier n, $\mathfrak{C}_{(n)} \cap \mathrm{J}_{n+1} = \mathrm{J}_n$, on a $\mathfrak{C}_{(n)} \cap \mathrm{J} = \mathrm{J}_n$, la représentation φ de L dans $\mathfrak{A}$ est fidèle, et, en posant $\mathfrak{A}_n = \theta(\mathfrak{C}_{(n)})$, l'anneau gradué associé à $\mathfrak{A}$, $\Sigma \mathfrak{A}_n / \mathfrak{A}_{n-1}$ est canoniquement isomorphe à l'algèbre symétrique du A-module L.

THÉORÈME 1. — *Si* L, *considéré seulement comme* A-*module, est limite inductive d'une famille de* A-*modules dont chacun est somme directe de sous-modules monogènes*, $\mathfrak{C}_{(n)} \cap \mathrm{J}_{n+1} = \mathrm{J}_n$ (*pour tout* n).

Il faut démontrer que la relation $\sum_{i \in \mathrm{I}} \mathrm{R}_{\mu_i} x_i \in \mathfrak{C}_{(n-1)}$ (où $\mu_i \in \mathrm{T}_n$; $x_i \in \mathfrak{C}^{(n)}$, i parcourant un ensemble fini d'indices I) entraîne $\sum_{i \in \mathrm{I}} \mathrm{R}_{\mu_i} x_i \in \mathrm{J}_{n-1}$.

On utilise la propriété de permutabilité du produit tensoriel et du passage à la limite inductive $\left(\varinjlim \mathrm{P}_\alpha \otimes \varinjlim \mathrm{P}'_\alpha = \varinjlim (\mathrm{P}_\alpha \otimes \mathrm{P}'_\alpha)\right)$. On parvient ainsi à trouver un A-module M, somme directe de sous-modules monogènes, un homomorphisme h de M dans L, et une famille d'éléments ξ_i de $\overset{n}{\otimes} \mathrm{M} = \mathrm{M}^{(n)}$ tels que $\overset{n}{\otimes} h(\xi_i) = g(\xi_i) = x_i$, et $\sum_{i \in \mathrm{I}} (1 - \mu_i) \xi_i = 0$. Soit ε un des générateurs de $\mathrm{M}^{(n)}$, produit de générateurs de M. Soit $\mathrm{M}(\varepsilon)$ le sous-module de $\mathrm{M}^{(n)}$, somme directe des sous-modules monogènes engendrés par les éléments $\mu\varepsilon$ distincts; $\mathrm{M}^{(n)}$ est somme directe des $\mathrm{M}(\varepsilon)$ distincts. En décomposant les ξ_i suivant les sous-modules $\mathrm{M}(\varepsilon)$, on est ramené à démontrer que toute relation $\sum_{i \in \mathrm{I}} (1 - \mu_i) k_i \varepsilon = 0$ entraîne que $\sum_{i \in \mathrm{I}} \mathrm{R}_{\mu_i} k_i e \in \mathrm{J}_{n-1}$ ($e = g(\varepsilon)$; $k_i \in \mathrm{A}$; $\mu_i \in \mathrm{T}_n$; I : ensemble fini d'indices). Or, cela résulte de la proposition 1, ce qui démontre le théorème.

Lorsque les conditions de la proposition 2 sont remplies, définissons ainsi une application ω de $\mathfrak{A}$ dans l'algèbre symétrique de L, $\Sigma(\mathrm{L})$: si $x \in \mathfrak{A}_n$, $x \notin \mathfrak{A}_{n-1}$, $\omega(x)$ s'obtient en prenant l'image de x dans $\mathfrak{A}_n / \mathfrak{A}_{n-1}$ et en la transportant dans $\Sigma(\mathrm{L})$ par l'isomorphisme canonique de la proposition 2. On obtient alors le

THÉORÈME 2. — *Si* K *est un idéal dans* $\mathfrak{A}$, $\omega(\mathrm{K})$ *est un idéal homogène dans* $\Sigma(\mathrm{L})$. *Si* K *et* K′ *sont des idéaux de* $\mathfrak{A}$ *vérifiant l'inclusion stricte* $\mathrm{K} \subset \mathrm{K}'$, $\omega(\mathrm{K}) \subset \omega(\mathrm{K}')$ (*inclusion stricte*). *Si* $\Sigma(\mathrm{L})$ *vérifie la condition maximale d'E. Noether,* $\mathfrak{A}$ *la vérifie pour les idéaux à droite et à gauche* ([5]). *Si* K *est un*

([5]) *Cf.* BIRKHOFF et P. M. WHITMAN, *Trans. Am. Math. Soc.*, 65, 1949, p. 121.

idéal de $\mathfrak{A}$ (resp. à gauche, à droite, bilatère) et (x_i) une famille d'éléments de K telle que $(\omega(x_i))$ soit une base de $\omega(K)$, (x_i) est une base (resp. à gauche, à droite, à gauche et à droite) de K.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Le problème de Cauchy et les séries de fonctions fondamentales.* Note (*) de M. **Florent Bureau**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. La solution des problèmes aux limites relatifs à des équations aux dérivées partielles linéaires totalement hyperboliques peut être représentée par des intégrales définies portant sur les données ou bien par une série de solutions particulières, simples, de l'équation donnée. Je me suis proposé de rechercher une liaison entre ces deux formes de la solution. Pour abréger, je me bornerai à considérer ici une équation du second ordre à deux variables indépendantes; mais la méthode s'étend évidemment à des équations plus générales.

2. Dans l'intervalle fini $(0, l)$, considérons l'équation du type hyperbolique

$$D(u) = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - L_x(u) = 0, \tag{1}$$

$L_x(u)$ étant une expression autoadjointe.

La solution de l'équation (1) vérifiant les conditions :

1° $u(x, 0) = u_0(x)$, $(\partial u/\partial t)(x, 0) = u_1(x)$, $u_0(x)$, $u_1(x)$ étant des fonctions données régulières (au sens de J. Hadamard) dans $(0, l)$;

2° $u(0, t) = u(l, t) = 0$ quel que soit $t \geq 0$, peut s'écrire

$$u(x, t) = \sum_{k=1}^{\infty} a_k v_k(x) \cos\sqrt{\lambda_k}\, t + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{b_k}{\sqrt{\lambda_k}} v_k(x) \sin\sqrt{\lambda_k}\, t, \tag{2}$$

les a_k, b_k étant des constantes, les $v_k(x)$ et λ_k respectivement les fonctions propres et les valeurs propres du système

$$L_x(v) + \lambda v = 0, \qquad v(0) = v(l) = 0 + \lambda v;$$

pour $\lambda = 0$, ce système est supposé incompatible.

Dans le triangle formé par l'axe Ox et les caractéristiques passant par $(0, 0)$ et $(0, l)$, le problème posé est un problème de Cauchy que l'on sait résoudre par la méthode des singularités, mais dont la solution est aussi donnée par (2).

3. Considérons la fonction

$$\mathcal{K}_s(x, y; t) = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{v_k(x)\, v_k(y) \sin\sqrt{\lambda_k}\, t}{\lambda_k^{s+\frac{1}{2}}} \tag{3}$$

(*) Séance du 11 février 1952.

de la variable complexe s. On peut montrer que $\mathcal{K}_s$ est analytique pour $\mathcal{R}s > 0$ et vérifie l'équation (1) si $\mathcal{R}s$ est assez grand; cette fonction est continue dans le domaine $0 \leqq x \leqq l$, $0 \leqq y \leqq l$, $t \geqq 0$ si $\mathcal{R}s > 0$ et nulle pour $x = 0$, $x = l$ quel que soit t; en outre, on a $\mathcal{K}_s(x, y; 0) = 0$,

$$\frac{\partial \mathcal{K}_s}{\partial t}(x, y; 0) = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{v_k(x)\, v_k(y)}{\lambda_k^s} = \zeta_s(x, y).$$

Les fonctions $\zeta_s(x, y)$ ont été rencontrées par T. Carleman, S. Minakshisundaram, Å. Pleijel et H. Weyl dans l'étude des propriétés asymptotiques des valeurs propres et des fonctions propres de certaines équations elliptiques.

Si $u(x, t)$ désigne la solution du problème mixte posé pour l'équation (1), la formule de réciprocité donne si $\mathcal{R}s$ est assez grand, la relation

$$(4) \qquad \int_0^l u(y, t)\, \zeta_s(x, y)\, dy = -\int_0^l \left[u_1(y)\, \mathcal{K}_s(x, y; t) + u_0(y) \frac{\partial \mathcal{K}_s(x, y; t)}{\partial t} \right] dy.$$

Les deux membres de (4) peuvent être prolongés analytiquement pour $\mathcal{R}s > -(1/2)$; pour $s = 0$, le premier membre se réduit à $u(x, t)$.

Si on utilise (3) et si l'on permute $\sum_{k=1}^{\infty}$ et $\int_0^l$, on retrouve le développement (2).

Cependant on peut montrer que $\mathcal{K}_s$ est identiquement nulle pour $s = 0$, si y est extérieur à l'intervalle $(x - t, x + t)$; si y est intérieur à cet intervalle, on a

$$\mathcal{K}_{s=0}(x, y; t) = \frac{1}{2} \mathrm{R}(x, t; y, 0),$$

$\mathrm{R}(x, t; y, 0)$ étant la fonction de Riemann correspondant à (1) et au point (x, t).

4. Si n est un entier > 1, on peut déterminer un polynome $\mathrm{P}_{2n-1}(t)$ de degré $2n - 1$ en t, tel que la fonction $\mathcal{K}_n(x, y; t) + \mathrm{P}_{2n-1}(t)$ permette d'obtenir la solution du problème par la méthode de Volterra-Tedone.

Remarque sur la Note précédente,

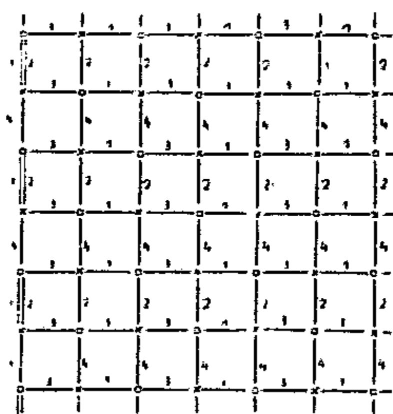
par M. **Jacques Hadamard.**

Le problème que traite M. Florent Bureau, l'un des plus attachants de la Physique mathématique et qui est en rapport avec les questions mathématiques que pose la Mécanique ondulatoire, avait déjà attiré (1933) l'attention de l'Académie qui l'avait proposé au concours du prix Bordin. Elle avait, à cette occasion, été saisie d'un beau Mémoire de M. Mandelbrojt. M. Bureau apporte une contribution essentielle à la connaissance de ce sujet.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Représentation et répartition des valeurs des surfaces de Riemann à extrémités bipériodiques.* Note de M. **Hans P. Künzi**, présentée par M. Paul Montel.

Ces dernières années, Ullrich ([1]), Wittich ([2]), Le-Van ([3]) et Pöschl ([4]) ont étudié dans plusieurs travaux la répartition des valeurs des surfaces de Riemann, qu'on peut représenter par des réseaux de Speiser-Nevanlinna qui ont un nombre fini d'extrémités périodiques. Dans le présent travail, nous considérons un nouveau type de surfaces dont les réseaux ont des extrémités bipériodiques. La figure 1 contient un réseau à une seule extrémité bipériodique et donne un exemple des réseaux les plus simples.

Pour cette surface simple, la répartition des valeurs a été calculée en 1942 par O. Teichmüller ([5]) qui détermina sous forme explicite la fonction engendrant la surface. Notre méthode évite la recherche de cette fonction et peut s'appliquer également à des surfaces se composant de plusieurs extrémités bipériodiques (*voir* l'exemple de la figure 3). Nous imaginons la surface de Riemann, donnée par le réseau de la figure 1, appliquée sur le plan des w (*fig.* 2). Les quatre points de ramification $a_1, \ldots, a_4$ sont reliés par la courbe L.


Fig. 1.

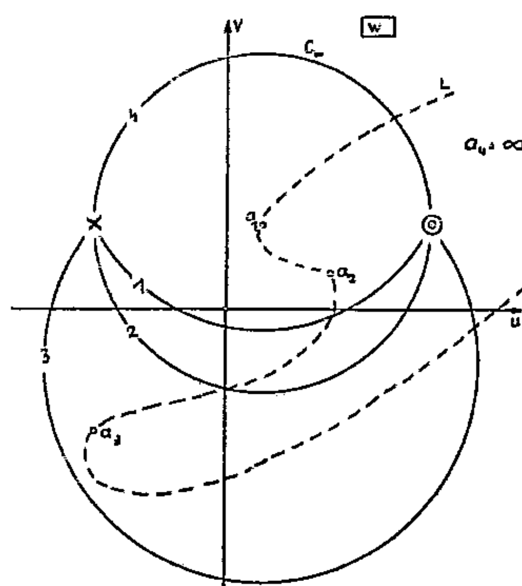
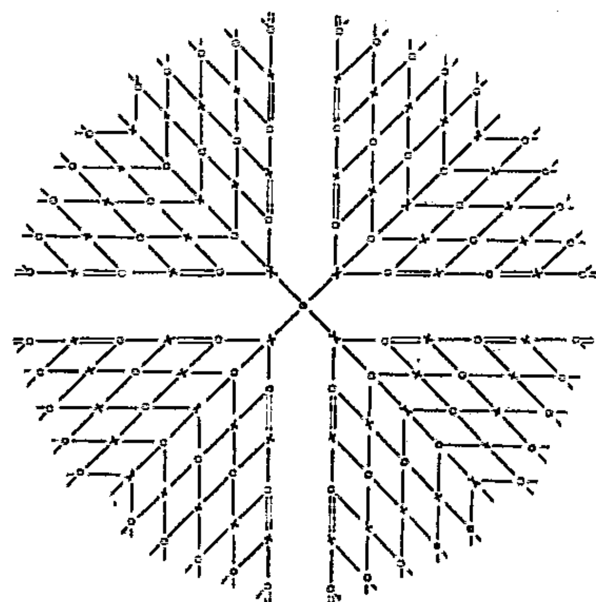


Fig. 2.


Fig. 3.

Partant de ce fait, une méthode bien connue nous conduit au réseau de Speiser-Nevanlinna. Une partie de notre surface est identique à une partie de la surface fournie par la fonction $\wp$ de Weierstrass dont les périodes sont $\Re\omega_1 > 0$ et $\omega_2 = 2\pi i$ et les points de ramification $\sum_{i=1}^{3} a_i = 0$, $a_4 = \infty$. Le point

([1]) *Nachrichten v. d. Gesellsch. d. Wissench.*, Göttingen, 1936.
([2]) *Z. Math.*, 1943,
([3]) *Com. Math. Helv.*, 1949.
([4]) *Math. Ann.*, 1951.
([5]) *Dtsch. Math.*, 7, 1944.

de ramification logarithmique est, dans notre exemple, situé au-dessus de a_1. Nous traçons un cercle C_w de centre a_1 que nous calquons sur toutes les feuilles qui s'enroulent logarithmiquement autour de a_1.

Ainsi la surface se décompose en un voisinage G_1 du point de ramification logarithmique a_1, et en un autre G_2 qui peut être identifié avec une partie de la surface de Riemann de la fonction $\wp$. Si l'on découpe la surface suivant la courbe C_w, cette courbe doit être choisie de telle façon que son image dans le réseau coïncide avec les jonctions 2 et 4.

Par une représentation conforme donnée par $z = \ln(w - a_1)$, le voisinage G_1 est représenté sur un demi-plan z. L'intégrale normale

$$z_1 = \int^{w} \frac{dw}{\sqrt{4w^3 - g_2 w - g_3}}$$

donne d'autre part une image de G_2 sur un autre demi-plan. Ces deux demi-plans sont limités, l'un par la droite C_z, l'autre par une courbe C_{z_1}, qui sont respectivement les images des bords de G_1 et de G_2. Les deux demi-plans qui sont partiellement uniformisés peuvent être juxtaposés suivant leurs bords libres à l'aide d'une représentation quasi conforme et sans recouvrements sur un plan $Z \neq \infty$. Si nous considérons l'image conforme de la surface de Riemann sur un plan $\zeta \neq \infty$, la correspondance $Z \leftrightarrow \zeta$ est quasi conforme. Il est facile de vérifier que cette dernière correspondance satisfait à la condition de déformation de Teichmüller-Wittich (6) $\iint_{|Z| \geq R} (D_{Z|\zeta} - 1) \cdot \boxed{d \ln Z}$. De là découle l'existence d'un nombre positif γ tel que

$$|Z| = \gamma |\zeta| [1 + \varepsilon(\zeta)] \qquad \text{où} \quad \varepsilon(\zeta) \to 0 \qquad \text{si} \quad |\zeta| \to \infty.$$

Nous avons noté par $D_{Z/\zeta}$ le quotient de dilatation de la représentation. Connaissant dans l'image quasi conforme du plan des Z l'allure des domaines périodiques, nous calculons dans ce plan les grandeurs caractéristiques de la répartition des valeurs et les reportons en utilisant le théorème de Teichmüller-Wittich cité plus haut sur l'image conforme du plan $\zeta (\zeta = \rho e^{i\varphi})$.

Notre exemple nous donne pour la caractéristique la valeur

$$T(\rho, w) = C_1 \rho^2 + C_2 \rho \qquad (C_1, C_2 = \text{const.}),$$

pour les indices de ramification $\varepsilon(a_i) = 1/2 \, (i = 1, \ldots, 4)$ et pour les valeurs d'exception $\delta(a_i) = 0 \, (i = 1, \ldots, 4)$.

Pour l'exemple de la figure 3 nous procédons d'une manière analogue. Nous décrivons un cercle autour de chaque point de ramification logarithmique. Comme images des uniformisations partielles, nous obtenons quatre demi-plans provenant des voisinages des points de ramification logarithmique et

---

(6) TEICHMÜLLER, *Dtsch. Math.*, 3, 1938; WITTICH, *Math. Z.*, 1947.

quatre demi-plans provenant des extrémités bipériodiques. Ces huit demi-plans sont juxtaposés suivant leurs bords libres. Pour cette opération, le réseau indique quel bord vient à coïncider avec tel autre bord. Comme pour l'exemple précédent, nous obtenons pour les grandeurs caractéristiques de la répartition des valeurs

$$T(\rho, w) = c_1\rho^3 + c_2\rho^4, \qquad \varepsilon(a_i) = \frac{1}{2} \qquad \text{et} \qquad \partial(a_1) = 0 \qquad \text{pour} \quad i = 1, \ldots, 4.$$

Nous appelons l'attention sur le fait que les exemples traités nous permettent de construire des fonctions d'ordre fini, sans valeurs d'exception, bien que les surfaces de Riemann qui les engendrent aient un nombre fini de points de ramification logarithmique.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Isomorphisme des $\star$-algèbres faiblement fermées d'opérateurs*. Note de M. **Robert Pallu de La Barrière**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Définition des principaux invariants d'une $\star$-algèbre faiblement fermée d'opérateurs dans un espace hilbertien. Application à la caractérisation des isomorphismes spatiaux et à la continuité des isomorphismes algébriques.

Toutes les $\star$-algèbres f. f. (faiblement fermées) considérées sont des $\star$-algèbres d'opérateurs dans des espaces hilbertiens telles qu'aucun sous-espace du centre ne soit purement infini (1). Une $\star$-algèbre f. f. M sera dite de classe proprement infinie si l'espace H sur lequel opère M est proprement infinie. Quand un isomorphisme algébrique applique une $\star$-algèbre f. f. M sur une $\star$-algèbre f. f. M_1, les spectres de $M^\natural$ et $M_1^\natural$ seront supposés identifiés canoniquement en vertu de l'isomorphisme de $M^\natural$ sur $M_1^\natural$.

1. Soit M une $\star$-algèbre f. f. de classe proprement infinie. Un sous-espace $\mathfrak{M}\,\eta\,M^\natural$, $\neq 0$, sera dit uniforme pour M s'il existe une partition homogène $\{\mathfrak{M}_i\}_{i\in I}$ de M en sous-espaces $\mathfrak{M}_i\,\eta\,M$ finis. On montre que la puissance de I est alors indépendante de la partition considérée. On l'appellera ordre de $\mathfrak{M}$.

Théorème 1. — *Il existe une partition* $\{H_\alpha\}$ *de* H *en sous-espaces* $H_\alpha\,\eta\,M^\natural$, H_α *étant uniforme d'ordre* α.

A cette partition correspond sur le spectre Ω de $M^\natural$ une famille d'ensembles ouverts et fermés Ω_α dont la réunion est dense dans Ω. On peut alors définir la fonction $p(\chi)$ sur Ω égalé à α sur Ω_α. La fonction $p(\chi)$ est un invariant algébrique de M.

2. Soit M une $\star$-algèbre f. f. de classe finie. Si M′ est de classe finie on

(1) La nomenclature est celle de J. Dixmier (*Ann. Éc. Norm. Sup.*, 68, 1951, p. 185) et *Applications* $\natural$ *dans les anneaux d'opérateurs*, (à paraître à *Comp. Math.*).

attache à M l'invariant spatial $C(\chi)$ défini par I. Kaplansky [2]. Si M' est de classe proprement infinie on attache à M l'invariant spatial $C(\chi)$ égal à l'invariant algébrique $p'(\chi)$ de M'. Soit M une $\star$-algèbre de classe proprement infinie. Si M' est de classe proprement infinie, on attache à M l'invariant spatial $C(\chi)=p'(\chi)/p(\chi)$, $p(\chi)$ et $p'(\chi)$ étant les invariants algébriques de M et M' (le quotient ne sera effectué que si $p'(\chi)\geqq p(\chi)$. Si $p(\chi)=p'(\chi)$, nous poserons $C(\chi)=1$. Si M' est de classe finie, nous poserons $C(\chi)=O$. Dans le cas général on définira $C(\chi)$ en effectuant une partition de H en sous-espaces $\eta M^{\natural}$ de façon à se ramener aux cas énumérés précédemment.

Théorème 2. — *Soit* M *une $\star$-algèbre f. f. d'invariant* $C(\chi)=1$. *Toute trace* T *sur* M^+, *normale fidèle et essentielle permet de définir sur* H *une structure d'espace de Ambrose* [3] *telle que* M *et* M' *soient les $\star$-algèbres f. f. engendrées par les opérateurs de multiplication à gauche et à droite et que l'on ait pour tout x borné ;* $T(L_x^* L_x)=\|x\|^2$ [4]. *Il existe par suite une involution* S *sur* H *telle que* $M'=SMS$.

Théorème 3. — *Toute *-algèbre f. f.* M *est algébriquement isomorphe à une *-algèbre f. f.* M_1 *d'invariant* $C(\chi)=1$.

3. Supposons M de classe proprement infinie et M' de classe finie. Pour tout sous-espace $\mathfrak{M}\eta M$, soit $C_{\mathfrak{M}}(\chi)$ l'invariant de $M'_{\mathfrak{M}}$, défini sur le sous-ensemble $\Omega_{\mathfrak{M}}$ de Ω, constituant le spectre des $M^{\natural}_{\mathfrak{M}}$. Posons $D_{\mathfrak{M}}(\chi)=C_{\mathfrak{M}}(\chi)$ pour $\chi\in\Omega_{\mathfrak{M}}$ et $D_{\mathfrak{M}}(\chi)=0$ pour $\chi\notin\Omega_{\mathfrak{M}}$. Nous appellerons $D_{\mathfrak{M}}(\chi)$ la dimension relative dans M.

Théorème 4. — $D_{\mathfrak{M}}(\chi)$ *a les propriétés suivantes :*

1° $D_{\mathfrak{M}}(\chi)=D_{\mathfrak{N}}(x)$ *est équivalent à* $\mathfrak{M}\sim\mathfrak{N}\ (\text{mod } M)$;

2° $D_{\mathfrak{M}\oplus\mathfrak{N}}(\chi)=D_{\mathfrak{M}}(\chi)+D_{\mathfrak{N}}(\chi)$ *si* $\mathfrak{M}$ *et* $\mathfrak{N}$ *sont orthogonaux;*

3° *soit* φ *un isomorphisme d'une *-algèbre f. f.* M *de classe proprement infinie sur une *-algèbre f. f.* M_1, M' *et* M'_1 *étant de classe finie. Si* $D^{(1)}_{\mathfrak{M}}(\chi)$ *est la dimension relative dans* M_1, *il existe sur* Ω *une fonction* $\gamma(\chi)$ *telle que*

$$D_{\mathfrak{M}}(\chi)=\gamma(\chi)D^{(1)}_{\varphi(\mathfrak{M})}(\chi).$$

[$\varphi(\mathfrak{M})$ *représente le sous-espace sur lequel projette* $\varphi(P_{\mathfrak{M}})$.]

Si M' n'est pas de classe finie on peut définir les dimensions relatives $D_{\mathfrak{M}}(\chi)$ dans M en utilisant l'isomorphisme de M sur $M_{\mathfrak{M}'}$, $\mathfrak{M}'$, étant un sous-espace, M' fini et tel que $(\mathfrak{M}')^{\natural}=H$. La normalisation de $D_{\mathfrak{M}}(\chi)$ est alors impossible.

4. Nos principaux résultats relatifs aux isomorphismes algébriques sont les suivants :

---

(2) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 485.

(3) R. Pallu de La Barrière, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 997.

(4) Ce résultat généralise un résultat d'une Note antérieure (*Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1994). Il m'a été communiqué par J. Dixmier dans le cas où H est séparable et où M est un facteur de type II_∞.

THÉORÈME 5. — *Soit* φ *un isomorphisme algébrique d'une* $\star$*-algèbre f. f.* M *sur une* $\star$*-algèbre f. f.* M_1.

1° *Si* M *est de classe finie ou bien si* M *et* M' *sont de classe proprement infinie, la condition nécessaire et suffisante pour que* φ *soit un isomorphisme spatial est que les invariants* $C(\chi)$ *et* $C_1(\chi)$ *de* M *et* M_1 *soient égaux.*

2° Si M est de classe proprement infinie et si M' est de classe finie, la condition nécessaire et suffisante pour que φ soit un isomorphisme spatial est que M'_1 soit de classe finie et que $\gamma(\chi)=1$.

THÉORÈME 6. — *Tout isomorphisme* φ *d'une* $\star$*-algèbre f. f.* M *sur une* $\star$*-algèbre f. f.* M_1 *est ultrafortement* [5] *continu et de plus faiblement et fortement continu dans les cas suivants :*

1° M *est de classe finie et l'on a l'une des relations suivantes :*

$$(\alpha)\ \inf_{\in\Omega\chi} C(\chi) > 0, \qquad (\beta)\ \sup_{\chi\in\Omega} \frac{C_1(\chi)}{C(\chi)} < \infty.$$

2° M *est de classe proprement infinie et on a l'une des conditions suivantes* (α) M' *est de classe proprement infinie* (β) M' *et* M'_1 *sont de classe finie et* $\sup_{\chi\in\Omega}\gamma(\chi)<\infty$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Contribution à la géométrie d'une fonction analytique.* Note de M. **Antoine Vakselj**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Relativement à une représentation conforme du plan complexe, on peut définir en un point trois substitutions linéaires présentant avec la fonction de transformation des rapports rappelant ceux de la tangente, de la normale et de la binormale vis-à-vis d'une courbe gauche en un de ses points.

Les notions élémentaires de la tangente, du cercle osculateur et de la longueur d'arc n'ont une signification géométrique que pour une courbe donnée par une fonction réelle $y=f(x)$. J'expose, dans cette Note, des notions analogues, mais d'autre sorte, pour les fonctions analytiques.

A chaque fonction analytique $T=f(Z)$ ou $t=f(z)$ correspond géométriquement une représentation conforme d'un domaine du plan de la variable complexe Z ou z sur un domaine du plan de la variable T ou t. Le cas le plus simple d'une telle représentation est donné par une substitution linéaire

$$T=\frac{aZ+b}{cZ+d}, \qquad T=SZ, \qquad S=\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}.$$

Les propriétés géométriques de la substitution S découlent de la valeur de l'invariant I : $(a+d)/(2\sqrt{ad-bc})=(a+d)/(2\sqrt{D})$.

La comparaison des deux premiers termes des développements de Taylor

[5] J. von Neumann, *Ann. Math.*, 37, 1936, p. 111.

autour du point $Z = z$ de la fonction $T = f(Z)$ et de la substitution S montre que *les substitutions linéaires tangentes* à la représentation $T = f(Z)$ au point z sont déterminées par les conditions

$$\frac{az+b}{cz+d} = f(z) = t, \qquad \frac{D}{(cz+d^2)} = f'(z) = t'. \tag{1}$$

Parmi les solutions de (1) il y a d'abord une substitution A dont l'invariant est égal à zéro.

$$A = \frac{1}{(t-z)\sqrt{t'}}\begin{pmatrix} t+zt' & -t^2-z^2t' \\ 1+t' & -t-zt' \end{pmatrix}. \tag{2}$$

On obtient la même substitution à partir de la représentation inverse $Z = f^{-1}(T)$.

Si S_1 et S_2 sont deux solutions de (1), le produit $S_2 S_1^{-1}$ est une substitution du type parabolique dont le point double est t. Il s'ensuit que la substitution linéaire tangente la plus générale est égale au produit PA où l'on a par exemple

$$P = \begin{pmatrix} 1+\lambda t & -\lambda t^2 \\ \lambda & 1-\lambda t \end{pmatrix}.$$

Parmi les substitutions tangentes il y en a enfin une qui donne la meilleure approximation de la représentation $T = f(Z)$ au point z. Les coefficients du troisième terme des développements de Taylor de la fonction $T = f(Z)$ et de la substitution S sont, dans ce cas, aussi égaux. On obtient ainsi

$$O = \frac{1}{2\sqrt{t'^3}}\begin{pmatrix} 2t'^2 - tt'' \\ -t'' \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 2tt' - 2zt'^2 + ztt'' \\ 2t' + zt'' \end{pmatrix},$$

que j'appelle *la substitution linéaire osculatrice* de la représentation $T = f(Z)$ au point z. L'invariant (I) de la substitution O est

$$k = \frac{2t'(t'+1) - t''(t-z)}{4\sqrt{t'^3}}. \tag{3}$$

On constate facilement que la substitution osculatrice de la représentation inverse $Z = f^{-1}(T)$ au point t est O^{-1}.

Les points doubles Z_1 et Z_2 des substitutions tangentes PA forment une involution, engendrée, par exemple, par la substitution

$$B = \frac{1}{i(t-z)\sqrt{t'}}\begin{pmatrix} t-zt' & -t^2+z^2t' \\ 1-t' & -t+zt' \end{pmatrix}. \tag{4}$$

Si nous convenons de dire que deux substitutions S_1 et S_2 pour lesquelles l'invariant

$$(a_1-d_1)(a_2-d_2) - 2(b_1c_2 + c_1b_2)$$

est égal à zéro, sont orthogonales, la substitution B est orthogonale à toutes les substitutions tangentes PA.

Posons

$$C = \frac{1}{i(t-z)}\begin{pmatrix} t+z & -2zt \\ 2 & -t-z \end{pmatrix}, \qquad U = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

La substitution C est l'involution dont les points doubles sont z et t. Les substitutions A, B et C satisfont aux relations suivantes :

$$BC = -CB = A, \qquad CA = -AC = B, \qquad AB = -BA = C,$$
$$A^2 = B^2 = C^2 = -U.$$

Chacune des substitutions A, B et C est enfin orthogonale aux deux autres.

Les trois substitutions A, B et C sont analogues à la tangente $\vec{t}$, à la normale $\vec{n}$ et à la binormale $\vec{b}$ qui existent pour un point d'une courbe gauche. Cette ressemblance va encore un peu plus loin.

Il nous reste à trouver l'analogue de la longueur d'arc d'une courbe réelle. Pour l'obtenir, calculons la dérivée de la substitution A (la dérivée d'une substitution S, est la substitution dont les éléments sont les dérivées des éléments de S). On trouve ainsi, en tenant compte de (3),

$$A' = \frac{dA}{dz} = \frac{2i\sqrt{t'}}{t-z}kB.$$

Si l'on introduit une nouvelle variable

(5) $$\zeta = 2i\int_{z_1}^{z}\frac{\sqrt{t'}\,dz}{t-z},$$

on obtient les relations suivantes :

(6) $$\frac{dA}{d\zeta} = kB, \qquad \frac{dB}{d\zeta} = -kA + iC, \qquad \frac{dC}{d\zeta} = -iB.$$

dont la ressemblance avec les formules de Frenet-Serret est manifeste.

On vérifie sans peine que la variable ζ ne change pas quand on soumet les variables Z et T à la même substitution linéaire.

Il reste à noter que la dérivée O′ de la substitution osculatrice O est aussi une substitution tangente et que la représentation $T = f(Z)$ pour laquelle l'invariant k est constant, est une substitution linéaire. La valeur de

$$\frac{dk}{d\zeta} = \frac{i(t-z)^2}{8t'}\left[\frac{t'''}{t'} - \frac{3}{2}\left(\frac{t''}{t'}\right)^2\right]$$

est ainsi une mesure de la non-linéarité d'une représentation $T = f(Z)$.

CALCUL ÉLECTROMÉCANIQUE. — *Stabilité et continuité paramétrique d'un servomécanisme linéaire à coefficients dépendant du temps.* Note (*) de M. **Jean Brodin**, présentée par M. Joseph Pérès.

Dans un servomécanisme entrent un *signal donné* $x(t)$ (vecteur à n composantes $x^1, \ldots, x^n$ dépendant du temps) et une *réaction* $z(t)$ transformée de l'*erreur* $y = x - z$ par un *opérateur de boucle* $\mathcal{F}$; supposons $\mathcal{F}$ linéaire :

$$(1) \qquad y = x - z = x - \mathcal{F}(x - z) = (1 + \mathcal{F})^{-1} x,$$

$$(2) \qquad y = [1 - \mathcal{F} + \ldots + (-\mathcal{F})^q + \ldots] x,$$

si cette série converge uniformément pour un ensemble de signaux x et pour un intervalle de temps.

La solution y d'un système différentiel linéaire à coefficients dépendant du temps peut être considérée comme l'erreur d'un servomécanisme où $\mathcal{F} = -\mathrm{S}a$; S opérateur d'intégration et $a(t)$ matrice dépendant du temps, définis dans une précédente Note ([1]); la série (2) traduit alors la méthode d'approximations successives de Picard ([2]).

Un système est stable ([3]) si à tout signal $x(t)$ nul pour $t < t_0$, borné pour $t_0 \leqq t < +\infty$, il donne une réponse bornée. Il suffit pour cela, que sa réponse à tout signal nul pour $t < \tau$, constant et de module donné pour $t \geqq \tau$, soit inférieure en module à une exponentielle décroissante du temps.

Condition suffisante de stabilité du système $\mathcal{F} = -\mathrm{S}a$. — Prenons $x(t)$ nul pour $t < t_0$, constant pour $t \geqq t_0$; alors $y' = ay$ et le carré scalaire $\Delta(y) = \delta_{ij} y^i y^j$ a pour dérivée :

$$\delta_{ij} y^i a^j_k y^k + \delta_{ij} a^i_k y^k y^j = \gamma_{ij} y^i y^j = \Gamma(y); \qquad \gamma_{ij} = a^i_j + a^j_i$$

et sa demi-dérivée logarithmique $\Gamma/2\Delta$ est comprise entre la plus petite ρ_1 et la plus grande ρ_n des racines de l'équation :

$$(3) \qquad \text{dét}\left(\rho\Delta - \frac{\Gamma}{2}\right) \equiv \text{dét}(\rho - \sigma) = 0; \qquad \sigma^i_j = \frac{1}{2}(a^i_j + a^j_i);$$

$$(4) \qquad \sqrt{\Delta(y_0)} \exp \int_{t_0}^{t} \rho_1 \, dt \leqq \sqrt{\Delta(y)} \leqq \sqrt{\Delta(y_0)} \exp \int_{t_0}^{t} \rho_n \, dt.$$

Si toutes les valeurs caractéristiques de la *matrice symétrisée* σ restent inférieures à une *constante négative*, le système est stable.

Continuité paramétrique. — Soit un servomécanisme « idéal » $\mathcal{F}$ et un « non idéal » dont l'opérateur de boucle $\mathcal{F}_\mu$ dépend du paramètre μ de sorte que

(*) Séance du 11 février 1952.

([1]) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1168.

([2]) *Traité d'analyse*, II, 1925, p. 368.

([3]) James, Nichols et Phillips, *Theory of servomechanisms*, M. I. T., R. L. S., vol. 25

$(\mathcal{F}_\mu - \mathcal{F})y$ tende vers zéro uniformément pour un ensemble de signaux y et un intervalle de temps. Des limites supérieures de $|y_\mu - y|$ peuvent être obtenues à partir de :

$$(5)\qquad y_\mu - y = -(1+\mathcal{F}_\mu)^{-1}(\mathcal{F}_\mu - \mathcal{F})(1+\mathcal{F})^{-1}x,$$

$$(6)\qquad y_\mu - y = \{-(1+\mathcal{F})^{-1}(\mathcal{F}_\mu - \mathcal{F}) + \ldots + [-(1+\mathcal{F})^{-1}(\mathcal{F}_\mu - \mathcal{F})]^q + \ldots\}(1+\mathcal{F})^{-1}x,$$

(5) suppose certaine *a priori* la stabilité des servomécanismes quel que soit μ : exemple, le multiplieur électronique cité ([1]); (6) suppose uniformément convergente la série $\Sigma[-(1+\mathcal{F})^{-1}(\mathcal{F}_\mu - \mathcal{F})]^q y$.

Exemple. — Soit

$$n = 1;\qquad \mathcal{F} = Sb;\qquad \mathcal{F}_\mu = S(1+S\theta^{-1})^{-1}S\theta^{-1}b;$$

et

$$(7)\qquad 0 < \alpha < b(t) < A;\qquad |b'(t)| < C;\qquad 0 < \theta(t, \mu) < \mu \quad \text{et} \quad \mu \to 0.$$

Posons $\xi_0 = x$ et $\xi_{q+1} = -(\mathcal{F}_\mu - \mathcal{F})(1+\mathcal{F})^{-1}\xi_q$:

$$\xi_{q+1} = S(1+S\theta^{-1})^{-1}\left\{b(t_0)\xi_q(t_0) + S\frac{d}{dt}b(1+Sb)^{-1}\xi_q\right\}.$$

Prenons x *dans un ensemble de signaux* nuls pour $t < t_0$, *inférieurs* en module à M pour t_0, à *dérivée inférieure* en module à N pour $t > t_0$; utilisons l'intégration par échelons, Note ([1]), équation (4) :

$$|(1+Sb)^{-1}x| \leqq |E_{t_0}^t x(t_0)| + \left|\int_{t_0}^t E_\tau^t x'(\tau)\,d\tau\right| < M\exp\int_{t_0}^t - b(u)\,du + \frac{N}{\alpha},$$

$$\left|\frac{d}{dt}(1+Sb)^{-1}x\right| = |x' - b(1+Sb)^{-1}x| < N + A\left(M + \frac{N}{\alpha}\right),$$

$$\left|\frac{d}{dt}b(1+Sb)^{-1}x\right| < C\left(M + \frac{N}{\alpha}\right) + A\left[N + A\left(M + \frac{N}{\alpha}\right)\right],$$

$$|\xi'_1| < MA\exp\int_{t_0}^t - \frac{dt}{\theta} + \mu\left\{C\left(M + \frac{N}{\alpha}\right) + A\left[N + A\left(M + \frac{N}{\alpha}\right)\right]\right\} \leqq N_1.$$

Si $\mu(C + A\alpha + A^2) < \alpha$, la série $|\xi'_1| + \ldots + |\xi'_q| + \ldots$ converge; sa somme tend vers zéro avec μ, uniformément dans l'intervalle $(t_1, +\infty)$ si t_1 est supérieur, non égal, à t_0. On en déduit :

$$(8)\qquad \begin{cases} |y_\mu - y| \to 0 & \text{uniformément dans l'intervalle } (t_0, +\infty), \\ |y'_\mu - y'| \to 0 & \text{» » » } (t_1, +\infty);\quad t_1 > t_0. \end{cases}$$

Ces conclusions s'appliquent à la solution de l'équation différentielle

$$\theta(\mu, t)(y_\mu)'' + (y_\mu)' + b(t)y_\mu = f(t),$$

$$y_\mu = [1 + S(1+S\theta^{-1})^{-1}S\theta^{-1}b]^{-1}\{y(t_0) + S(1+S\theta^{-1})^{-1}[y'(t_0) + S\theta^{-1}f]\}$$

tend, au sens de (8), vers $y = (1+Sb)^{-1}[y(t_0) + Sf]$, *sous les conditions* (7) et pour un ensemble de seconds membres $f(t)$ et de données initiales $y(t_0)$, $y'(t_0)$.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la transmission d'un caractère héréditaire dans les générations successives d'une population stationnaire.* Note de M. **Jean Méric** présentée par M. Émile Borel.

Dans une Note récente [1], M. Émile Borel a donné une esquisse d'une étude statistique sur la transmission d'un caractère chromosomique ou conventionnel (par exemple le nom de famille) dans les générations successives d'une population stationnaire. Il porte son attention sur les probabilités pour que, étant donnés n hommes mariés. de même nom de famille A, ce nom soit transmis à k garçons de la $m^{\text{ième}}$ génération.

M. Paul L. Richards [2] a, par l'emploi des fonctions génératrices, résolu l'un des problèmes suggérés par cette Note. Il a, en particulier, dégagé les deux propriétés suivantes (que l'on peut également mettre en évidence directement).

1. Le nombre moyen d'hommes portant le même nom que leurs n ancêtres reste égal à n dans les générations successives.

2. La probabilité d'extinction du nom tend vers 1 lorsqu'on s'éloigne, de génération en génération, des n ancêtres initiaux. De notre côté, nous avons essayé d'expliquer l'apparition du facteur 5 dans les valeurs des probabilités Q_k^n correspondant à la deuxième génération, valeurs dont le calcul a été ébauché par M. Borel.

Partant des hypothèses de base admises par M. Borel [3], on aboutit, pour la première génération, à l'expression générale de la probabilité :

$$P_k^n = C_{2n}^k p^k q^{2n-k}.$$

Pour la deuxième génération, on obtient :

$$Q_k^n = \sum_{i=\left[\frac{k}{2}\right]}^{2n} P_j^n P_k^j = \sum_{j=\left[\frac{k}{2}\right]}^{2n} C_{2n}^j C_{2j}^k p^{j+k} q^{2n+j-k}.$$

$[k/2]$ désignant le plus petit entier supérieur ou égal à $k/2$. Nous avons, dans ce qui suit, distingué deux cas, selon que k est pair ou impair :

1° k est pair. Posant $k = 2\lambda$, on obtient

$$Q_{2\lambda}^n = C_{2n}^\lambda \frac{\lambda!}{(2\lambda)!} \times 2^\lambda p^{3\lambda} q^{2n-\lambda} \sum_{l=\lambda}^{2n} \alpha_j C_{2n-\lambda}^{j-\lambda} (pq)^{j-\lambda}$$

---

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1241.

(2) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 505.

(3) Ces hypothèses sont les suivantes : 1° Tout couple met au monde deux enfants vivant eux-mêmes assez longtemps pour procréer; 2° p est la probabilité de la naissance d'un garçon, et $q = 1 - p$, q et p sont voisins de 1/2, et M. Borel leur attribue cette valeur dans les calculs numériques.

avec

$$\alpha_j = (2j-1)(2j-3)\dots(2j-2\lambda+1).$$

Ce polynome, de degré λ, en j, peut toujours se mettre sous la forme

$$a_0 + a_1(j-\lambda) + a_2(j-\lambda)(j-\lambda-1) + \dots + a_\lambda(j-\lambda)(j-\lambda-1)\dots(j-2\lambda+1).$$

Les coefficients $a_0, \dots, a_\lambda$ se déterminent par récurrence, grâce à la relation

$$a_0 + 1!\, C^1_{j-\lambda} a_1 + 2!\, C^2_{j-\lambda} a_2 + \dots + (j-\lambda)!\, C^{j-\lambda}_{j-\lambda} a_{j-\lambda} = \frac{1}{2^\lambda}\frac{(2j)!}{j!} \times \frac{(j-\lambda)!}{(2j-2\lambda)!}.$$

On en déduit

$$Q^n_{2\lambda} = 2^\lambda C^{2n}_\lambda \times \frac{\lambda!}{(2\lambda)!} p^{3\lambda} q^{2n-\lambda}$$
$$\times \left[a_0(1+pq)^{2n-\lambda} + pq a_1 \frac{d}{d(pq)}(1+pq)^{2n-\lambda} + \dots (pq)^\lambda a_\lambda \frac{d^\lambda}{d(pq)^\lambda}(1+pq)^{2n-\lambda} \right]$$

Si k est inférieur à $2n$, et seulement dans ce cas, on voit apparaître le facteur $(1+pq)^{2n-k}$. Lorsqu'on pose ([1]) $p = q = (1/2)$, ce facteur devient égal à $(5/4)^{2n-k}$.

2° k est impair. On pose $k = 2\lambda - 1$. La probabilité correspondante a pour expression

$$Q^n_{2\lambda-1} = C^{2n}_\lambda \frac{\lambda!}{(2\lambda-1)!} 2^\lambda p^{3\lambda-1} q^{2n-\lambda+1} \sum_{j=\lambda}^{2n} \beta_j C^{j-\lambda}_{2n-\lambda}(pq)^{j-\lambda},$$

avec

$$\beta_j = (2j-1)(2j-3)\dots(2j-2\lambda+3).$$

Ce polynome β_j, de degré $\lambda-1$ en j peut toujours se mettre sous la forme :

$$b_0 + b_1(j-\lambda) + \dots + b_{\lambda-1}(j-\lambda)(j-\lambda-1)(j-2\lambda+2),$$

les coefficients $b_0, b_1, \dots, b_{\lambda-1}$ se déterminant par récurrence. On en déduit :

$$Q^n_{2\lambda-1} = C^{2n}_\lambda \frac{\lambda!}{(2\lambda)!} 2^\lambda p^{3\lambda-1} q^{2n-\lambda+1}$$
$$\times \left[b_0(1+pq)^{2n-\lambda} + \dots + b_{\lambda-1}(pq)^{\lambda-1} \frac{d^{\lambda-1}}{d(pq)^{\lambda-1}}(1+pq)^{2n-\lambda} \right].$$

Là encore, si k est inférieur à $2n$, apparaît, dans $Q^n_{2\lambda-1}$, le facteur $(1+pq)^{2n-k}$.

En résumé, le facteur 5, dont la présence est liée à celle du facteur $(1+pq)^{2n-k}$, n'apparaît que pour des valeurs de k inférieures à $2n$. Cette condition étant réalisée, les probabilités se présentent sous la forme :

$$Q^n_{2\lambda} = A(n, \lambda) p^{3\lambda} q^{2n-\lambda}(1+pq)^{2n-2\lambda} f_\lambda(pq);$$
$$Q^n_{2\lambda-1} = B(n, \lambda) p^{3\lambda-1} q^{2n-\lambda+1}(1+pq)^{2n-2\lambda+1} f_{\lambda-1}(pq).$$

([1]) Cette hypothèse est nécessaire lorsque l'on étudie les noms de famille, puisque ceux-ci ne se transmettent que dans la descendance masculine; il faut donc que cette descendance soit stationnaire, c'est-à-dire que les deux descendants d'un couple à chaque génération aient une probabilité égale d'être un garçon ou une fille.

f_λ et $f_{\lambda-1}$ sont des polynomes en pq de degrés respectifs λ et $\lambda-1$, dont on peut déterminer les coefficients à partir de a_0, ... a_λ, b_0, ..., $b_{\lambda-1}$. Cette détermination, aisée si λ est faible, devient laborieuse si λ est grand.

Pour cette raison, la mise en évidence du facteur $(1+pq)^{2n-k}$ ne semble présenter que peu d'intérêt si k est voisin de $2n$. Elle semble par contre très utile si k est faible devant $2n$, car elle simplifie notablement les expressions correspondantes des probabilités.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur l'énergie cinétique d'un écoulement possédant une surface de discontinuité de vitesse.* Note (*) de M. **Pierre Casal**, présentée par M. Joseph Pérès.

Théorème de minimum relatif aux surfaces de discontinuité de vitesses qu'on introduit dans la théorie des surfaces portantes.

On sait que les équations du mouvement d'un fluide visqueux ne peuvent pas être déduites d'un théorème de minimum [1]. Par contre celles d'un fluide parfait peuvent être déduites du principe de Hamilton. Si le mouvement d'un milieu continu rend minimum l'intégrale d'action hamiltonienne, ce mouvement vérifie les équations d'Euler dans lesquelles la pression s'introduit comme un multiplicateur de Lagrange relatif à la condition de continuité et, s'il existe une surface de discontinuité de vitesse, cette surface est d'équipression.

D'autre part, si un écoulement incompressible possède une énergie cinétique minimum, sa vitesse dérive d'un potentiel harmonique sauf, peut-être, sur certaines surfaces où elle subit une discontinuité tangentielle. Cela n'est du reste que l'application aux fluides du principe de Maupertuis.

Les minimums sont relatifs aux mouvements voisins, c'est-à-dire, dans le premier cas, à ceux pour lesquels les trajectoires de chaque particule sont voisines et, dans l'autre cas, à ceux dont les vitesses en chaque point sont voisines. Dans les deux cas deux écoulements voisins possèdent donc les mêmes surfaces de discontinuité.

Nous établirons le théorème suivant :

Si l'écoulement permanent autour d'un obstacle S *d'un fluide incompressible de viscosité nulle comporte une surface de discontinuité* Σ *et si son énergie cinétique est minimum par rapport à tout écoulement possédant les mêmes conditions à l'infini et une surface de discontinuité* Σ' *voisine de* Σ, *cet écoulement est irrotationnel en dehors de* Σ *et* Σ *est une surface d'équipression.*

(*) Séance du 11 février 1952.

(1) *Cf.* H. Villat, *Leçons sur les fluides visqueux*. Gauthier-Villars, Paris.

Démonstration. — Si nous prenons $\Sigma' = \Sigma$, le principe de Maupertuis nous montre que l'écoulement est irrotationnel.

Il nous suffit de comparer l'énergie de l'écoulement irrotationnel autour de $S + \Sigma$ à celle de l'écoulement irrotationnel autour de $S + \Sigma'$.

Pour montrer que la pression en un point M de Σ est la même de part et d'autre, entourons M d'un petit contour et déformons l'élément $\Delta\Sigma$ intérieur à ce contour en un autre élément $\Delta\Sigma'$. Choisissons pour Σ' la surface Σ ainsi déformée. Appelons $\Delta\Omega$ le volume compris entre $\Delta\Sigma$ et $\Delta\Sigma'$, Ω le volume de l'écoulement.

$\vec{V} = \overrightarrow{\text{grad}\,\Phi}$ et $\vec{V'} = \overrightarrow{\text{grad}\,\Phi'}$ étant les vitesses des deux écoulements, la différence des énergies cinétiques est

$$\delta E = \frac{\rho}{2} \iiint_{\Omega} (V^2 - V'^2)\, d\tau.$$

Nous supposerons que δE est fini. Il n'est pas nécessaire d'admettre que les énergies des écoulements eux-mêmes le soient.

Les vitesses normales des deux écoulements étant nulles sur S et sur la partie commune à Σ et à Σ' nous aurons

$$\delta E = \frac{\rho}{2} \iint_{\Delta\Sigma + \Delta\Sigma'} (\Phi_i - \Phi_e + \Phi'_i - \Phi'_e)(\vec{V} - \vec{V'})\, \vec{n}_e\, d\sigma.$$

Les indices i et e indiquant les valeurs par continuité intérieure et extérieure.

Or Φ est continu sur $\Delta\Sigma'$, Φ' sur $\Delta\Sigma$; $\vec{V}.\vec{n} = 0$ sur $\Delta\Sigma$, $\vec{V'}.\vec{n} = 0$ sur $\Delta\Sigma'$. En appelant alors Ψ la fonction harmonique à l'intérieur de $\Delta\Omega$ égale à $\Phi'_i - \Phi'_e$ sur $\Delta\Sigma'$ et $\Phi_e - \Phi_i$ sur $\Delta\Sigma$, nous obtenons

$$\delta E = \frac{\rho}{2} \iint_{\Delta\Sigma + \Delta\Sigma'} \Psi (\vec{V} + \vec{V'})\, \vec{n}_e\, d\sigma.$$

Soit encore

$$\delta E = \frac{\rho}{2} \iiint_{\Delta\Omega} \vec{W} (\vec{V} + \vec{V'})\, d\tau \qquad \text{avec} \qquad \vec{W} = \overrightarrow{\text{grad}\,\psi}.$$

Si nous supposons que le plan tangent à Σ est continu et en choisissant $\Delta\Sigma'$ pour qu'il existe une direction $\vec{n}$ telle que les normales à $\Delta\Sigma$ et $\Delta\Sigma'$ fassent toutes avec $\vec{n}$ un angle inférieur à ε arbitrairement petit, nous pouvons décomposer chaque vecteur suivant une composante parallèle à $\vec{n}$ et une composante orthogonale et obtenir

$$\vec{W} = \vec{n}\, W_n + \vec{W}_t, \qquad \text{avec} \quad \vec{W}_t = \vec{V}_e - \vec{V}_i + \varepsilon \vec{\varpi}$$

$$\vec{V} + \vec{V'} = \vec{n}(V + V')_n + \vec{V}_t + \vec{V'}_t$$

avec

$$(V+V')_n < \varepsilon \{ |V_e| + |V_i| \} \quad \text{et} \quad \vec{V}_t + \vec{V}'_t = \vec{V}_e + \vec{V}_i + \varepsilon \vec{v},$$

W_n, $|\vec{w}|$ et $|\vec{v}|$ étant finis.

Nous voyons alors que δE est de l'ordre de $(\rho/2)(V_e^2 - V_i^2)\Delta\Omega$.

Si l'énergie de l'écoulement $\vec{V}$ est minimum, cet infiniment petit principal doit être nul, et $V_e^2 = V_i^2$. Le module de la vitesse est bien continu à la traversée de Σ. Σ est une surface d'équipression. C. Q. F. D.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Les équations générales des corrélations spatio-temporelles dans un fluide turbulent.* Note de M. **Jean Bass**, présentée par M. Maurice Roy.

On introduit les corrélations d'espace et de temps en turbulence homogène et stationnaire On définit l'isotropie dans des axes liés au fluide et l'on écrit les équations différentielles fondamentales qui relient les corrélations doubles et triples.

Hypothèses et notations. — Considérons un écoulement turbulent *incompressible* dont la vitesse d'ensemble (U, o, o) soit uniforme. Soient u_1, u_2, u_3 sa vitesse d'agitation et p sa pression au point x_1, x_2, x_3 et à l'instant t, ρ sa masse spécifique. Ces grandeurs vérifient par hypothèse les équations de Navier-Stokes,

$$\frac{\partial u_\alpha}{\partial t} + \sum_\beta \frac{\partial}{\partial x_\beta}(u_\alpha u_\beta) + U\frac{\partial u_\alpha}{\partial x_1} + \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x_\alpha} = \nu \Delta u_\alpha. \tag{1}$$

Nous dirons que la turbulence est *homogène* si les diverses moyennes prises en deux points x_α, x'_α et à deux instants t, t' sont seulement fonctions des quantités $x'_\alpha - x_\alpha = \xi_\alpha$, t, t'. Nous dirons que la turbulence est *stationnaire*, si ces mêmes moyennes sont fonctions de la différence $t' - t = \tau$, des x_α et des x'_α. Nous supposerons la turbulence à la fois homogène et stationnaire. Nous introduirons les quantités

$$(2)\quad \begin{cases} R_{\alpha\beta}(\xi, \tau) = \overline{u_\alpha(x_i, t)\, u_\beta(x'_i, t')}, & R = \sum_\beta R_{\alpha\alpha}; \\ R_{\alpha\beta\gamma}(\xi, \tau) = \overline{u_\alpha(x_i, t)\, u_\beta(x_i, t)\, u_\gamma(x'_i, t')}, & R_\alpha = \sum_\beta R_{\beta\alpha\beta}; \\ R'_{\alpha\beta\gamma}(\xi, \tau) = \overline{u_\alpha(x_i, t)\, u_\beta(x'_i, t')\, u_\gamma(x'_i, t')}, & R'_\alpha = \sum_\beta R'_{\beta\alpha\beta}; \end{cases}$$

$$(3)\quad \begin{cases} S_{\alpha\beta}(y, \tau) = R_{\alpha\beta}(y_1 + U\tau, y_2, y_3, \tau), \\ S_\alpha(y, \tau) = R_\alpha(y_1 + U\tau, y_2, y_3, \tau), \quad S'_\alpha(y, \tau) = R'_\alpha(y_1 + U\tau, y_2, y_3, \tau). \end{cases}$$

Équations fondamentales — On multiplie les équations (1) par $u_\alpha(x', t')$,

on prend les moyennes, on ajoute, et l'on obtient l'équation

$$\frac{\partial R}{\partial \tau} + U\frac{\partial R}{\partial \xi_1} + \sum_\alpha \frac{\partial R_\alpha}{\partial \xi_\alpha} = -\nu \sum_\alpha \frac{\partial^2 R}{\partial \xi_\alpha^2}. \tag{4}$$

Par une opération analogue, on a de même

$$\frac{\partial R}{\partial \tau} + U\frac{\partial R}{\partial \xi_1} + \sum_\alpha \frac{\partial R'_\alpha}{\partial \xi_\alpha} = +\nu \sum_\alpha \frac{\partial^2 R}{\partial \xi_\alpha^2}. \tag{5}$$

Par le changement de variables

$$\xi_1 = y_1 + U\tau, \qquad \xi_2 = y_2, \qquad \xi_3 = y_3,$$

ces équations deviennent

$$\frac{\partial S}{\partial \tau} + \sum_\alpha \frac{\partial S_\alpha}{\partial y_\alpha} = -\nu \sum_\alpha \frac{\partial^2 S}{\partial y_\alpha^2}, \tag{6}$$

$$\frac{\partial S}{\partial \tau} + \sum_\alpha \frac{\partial S'_\alpha}{\partial y_\alpha} = +\nu \sum_\alpha \frac{\partial^2 S}{\partial y_\alpha^2}. \tag{7}$$

Cas de la turbulence isotrope. — Nous dirons que la turbulence est *isotrope*, si les tenseurs $S_{\alpha\beta}$ et $S_{\alpha\beta\gamma}$ sont des tenseurs isotropes dans l'espace. La turbulence est alors isotrope au sens classique pour $\tau = 0$. $S(y, \tau)$ devient une fonction $S(r, \tau)$ de $r = \sqrt{\sum_\alpha y_\alpha^2}$ et τ, et S_α, S'_α sont des vecteurs radiaux de la forme

$$S_\alpha(y, \tau) = y_\alpha K(r, \tau), \qquad S'_\alpha(y, \tau) = y_\alpha K'(r, \tau).$$

Si l'on pose, en généralisant les notations classiques de Karman et Howarth [1]

$$u_0^2 f(y_1, \tau) = S_{11}(y_1, 0, 0, \tau), \qquad u_0^2 g(y_2, \tau) = S_{11}(0, y_2, 0, \tau), \qquad u_0^2 = \overline{u_\alpha^2}, \tag{8}$$

on a, grâce à l'incompressibilité,

$$g(r, \tau) = f(r, \tau) + \frac{r}{2}\frac{\partial}{\partial r} f(r, \tau), \qquad u_0^2 f(r, \tau) = \frac{1}{r^3}\int s^2 S(s, \tau)\, ds;$$

les équations fondamentales deviennent

$$\frac{\partial S}{\partial \tau} + 3K + r\frac{\partial K}{\partial r} = -\nu\left(\frac{\partial^2 S}{\partial r^2} + \frac{2}{r}\frac{\partial S}{\partial r}\right), \tag{9}$$

$$\frac{\partial S}{\partial \tau} + 3K' + r\frac{\partial K'}{\partial r} = +\nu\left(\frac{\partial^2 S}{\partial r^2} + \frac{2}{r}\frac{\partial S}{\partial r}\right). \tag{10}$$

---

(1) *Proc. Roy. Soc.*, A, 164, 1938, p. 192; *voir* aussi H. P. ROBERTSON, *Proc. Cambridge Phil. Soc.*, 36, 1949, p. 209.

Dans une certaine mesure, elles jouent, pour la turbulence stationnaire, et pour les corrélations spatio-temporelles, un rôle analogue à celui de l'équation de propagation de Karman et Howarth pour la décroissance des corrélations d'espace dans le cas non stationnaire.

AÉRODYNAMIQUE. — *Efforts aérodynamiques qui s'exercent sur le profil dans le cas de mouvements non stationnaires à circulation constante.* Note de M. **Gérard Couchet**, présentée par M. Joseph Pérès.

Cette nouvelle répartition des efforts conduit à une famille de mouvements dans lesquels les forces aérodynamiques ne travaillent pas; elle donne, en outre, la résultante cinétique et le moment cinétique du fluide.

1. Dans une Note précédente (¹) nous avons signalé l'existence, pour un profil à pointe, de mouvements non stationnaires à circulation constante dans un fluide en repos à l'infini (²). En conservant les notations de cette Note et en séparant dans les formules les termes qui dépendent de l, m, ω de ceux qui dépendent de leurs dérivées par rapport au temps, on obtient, pour la force rapportée aux axes liés au profil et le moment par rapport au centre du profil :

$$\text{(I)} \qquad F = X + iY = 2\pi\rho(U + V), \qquad \mathcal{M}_0 = 2\pi\rho\mathcal{R}[P_0 + Q_0].$$

avec

$$U = \frac{i(l + im)\Gamma}{2\pi} + i\omega(Al + Bm + C\omega), \qquad V = Al' + Bm' + C\omega',$$

$$P_0 = -i(l - im)[a_1(l - im) + C\omega], \qquad Q_0 = C(l' - im') - \frac{P\omega'}{2},$$

où les coefficients de l, m, ω et de leurs dérivées ne dépendent que du profil.

a_i A_i $\mathcal{A}\zeta$ ont été définis dans la Note déjà citée et

$$A = \frac{\mathcal{A}}{2\pi} - a^2 + a_1, \qquad B = i\left(\frac{\mathcal{A}}{2n} - a^2 - a_1\right),$$

$$C = i\left(\frac{\mathcal{A}\zeta}{2\pi} - A_{-1}\right), \qquad P = \sum_{n=1}^{\infty} n A_n A_{-n}.$$

2. En notant α et β les coordonnées du centre instantané de rotation dans les axes liés au profil, on voit que les efforts aérodynamiques du fluide sur le profil équivalent à deux forces :

$$2\pi\rho U = 2\pi\rho\omega\left[(\alpha + i\beta)\frac{\Gamma}{2\pi} + i(A\beta - B\alpha + C)\right]$$

(¹) *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 280.

(²) On trouvera une étude plus complète de ces mouvements dans la publication O. N. E. R. A., nº 31.

dont le support passe par le centre instantané de rotation [3]

$$2\pi\rho V = 2\pi\rho(Al' + Bm' + C\omega'),$$

dont le support a pour équation

$$\text{(II)} \qquad \mathcal{R}\left[C(l' - im') - \frac{P\omega'}{2} + (x - iy)(Al' + Bm' + C\omega')\right] = 0.$$

Pour un mouvement à circulation constante, $m' + \omega'\Omega$ est nul [4] : le support de la deuxième force passe par un point fixe par rapport au profil et situé à l'intersection des deux droites

$$\mathcal{R}[C + (x - iy)A] = 0 \qquad \mathcal{R}\left[iC\Omega - \frac{P}{2} + (x - iy)(C - B\Omega)\right] = 0.$$

(Pour le profil réduit à la plaque $y = 0$, $-2a \leqq x \leqq 2a$ ce point a pour coordonnées $x = -(a/2)\, y = 0$.)

3. En remarquant que la seule force $2\pi\rho V$ intervient, on obtient pour le travail élémentaire l'expression

$$\mathcal{R}\pi\rho\, d\left[\left(\frac{\mathcal{A}}{2\pi} - a^2\right)(l^2 + m^2) - \frac{P}{2}\omega^2 + a_1(l - im)^2 + 2C\omega(l - im)\right]$$

qui permet les remarques suivantes :

a. Si l, m, ω sont périodiques (avec la même période) le travail est nul pour chaque période.

b. Pour obtenir un mouvement dans lequel les forces aérodynamiques ne travaillent jamais, il suffit d'écrire que la différentielle précédente est nulle. En introduisant les coordonnées $\alpha\beta$ du centre instantané de rotation et en utilisant la condition de circulation constante on obtient

$$\mathcal{R}\left[\left(\frac{\mathcal{A}}{2\pi} - a^2\right)(\alpha^2 + \beta^2) + a_1(\alpha i + \beta)^2 + 2C(\alpha i + \beta) - \frac{P}{2}\right] = \lambda(\Omega - \alpha)^2$$

qui montre que la roulante du mouvement appartient à un faisceau linéaire de coniques bitangentes.

4. Quand on utilise des axes fixes, quand on désigne par $x_0 y_0$ les coordonnées du centre du profil par rapport à ces axes, par θ l'angle du premier axe du profil avec l'axe fixe des abscisses, les expressions

$$F_1 = 2\pi\rho\frac{d}{dt}[We^{i\theta}], \quad M_{0_1} = 2\pi\rho\mathcal{R}\frac{d}{dt}\left[-\frac{x_0^2 + y_0^2}{4\pi}\Gamma - \frac{\omega P}{2} + C(l - im) - i(x_0 - iy_0)We^{i\theta}\right],$$

---

(3) *Comptes rendus*, 233, 1946, p. 974.

(4) La constante Ω ne dépend que du profil et vaut $\frac{1}{2a}\sum_{n=1}^{\infty}\frac{nA_{-n}}{a^n}$.

avec

$$W = \frac{i(x_0 + iy_0)}{2\pi}\Gamma e^{-i\theta} + Al + Bm + C\omega$$

donnent la force rapportée aux axes fixes et le moment par rapport à l'origine O_1 de ces axes, en mettant en évidence la résultante cinétique et le moment cinétique du fluide.

Remarque. — Les formules I et II, qui ne nécessitent pas la condition de Joukowsky, sont valables pour le mouvement le plus général d'un profil sans pointe.

ASTROPHYSIQUE. — *Évolution du spectre de AG Pegasi.* Note de Mlle **Marie Bloch** et M. **Tcheng Mao-Lin**, présentée par M. André Danjon.

Le spectre de AG Pegasi a beaucoup varié de 1948 à 1951. Des mesures spectrophotométriques permettent de déterminer la température de couleur, la température électronique et la discontinuité de Balmer.

Les premières observations de l'étoile AG Pegasi, qui datent de 1915, lui avaient fait attribuer le type Bep. Les études ultérieures, dues principalement à P. W. Merrill (1), ont montré que son spectre évoluait de façon continue.

Nous avons observé cette étoile avec le spectrographe à un prisme de flint monté sur le télescope de 120 cm d'ouverture de l'Observatoire de Haute-Provence, au cours des années 1946, 1948 et 1951. Les spectrogrammes obtenus cette dernière année montrent un changement très important des raies d'émission de l'étoile.

En 1946 et 1948 (2), la plupart des raies brillantes appartenaient à des éléments de potentiels d'ionisation relativement peu élevés, surtout à He I, Fe II, N II, Si II. On ne décelait que faiblement quelques séries de He II, Si III et Si IV. N III, qui représentait la plus haute ionisation du spectre (47,24 eV) n'était caractérisé que par les deux raies 4641 et 4097 Å, à peine visibles en 1946, un peu plus marquées en 1948; encore faut-il remarquer que ce sont les deux principales raies sélectionnées par le mécanisme de fluorescence de Bowen.

En 1951, au contraire, les raies de faible excitation se sont affaiblies ou effacées, tandis que l'intensité des raies de forte excitation a beaucoup augmenté. Seules les raies de He I ne montrent pas de variation sensible d'intensité de 1946 à 1951. Celles de Fe II ont considérablement diminué. N II, qui

(1) *Astrophys. J.*, 95, 1942, p. 386; 113, 1951, p. 605.

(2) *Ann. Astrophys.*, 13, 1950, p. 51.

était l'un des éléments prépondérants en 1946-1948, est mal représenté en 1951, et, fait remarquable, on ne trouve plus trace de l'une de ses raies les plus importantes à 3995 Å. Par contre, la raie 4686 Å de HeII est devenue l'une des plus brillantes du spectre. NIII s'est fortement développé et montre toutes ses principales raies. Les raies 4089 et 4116 Å de SiIV sont très intenses. Enfin, on identifie de nouveaux ions : CIV (64,22 eV) caractérisé par la raie 5806 Å. NIV (77,09 eV) caractérisé par la raie 4058 Å. Les raies interdites de OIII et celles de NeIII, 3869 et 3968 Å (cette dernière s'ajoutant à H_ε) sont aussi présentes.

Les mesures de l'intensité énergétique des raies d'émission permettent de préciser la grandeur des variations. On a trouvé ainsi, pour le rapport des intensités des raies voisines HeII 4686 Å et HeI 4713 Å, pendant les années 1946, 1948 et 1951, les valeurs respectives 0,6, 1,1 et 5,8. De même, le rapport des intensités des raies SiIV 4088 Å et HeI 4144 Å est passé de 0,7 à 1,0, puis à 1,9.

Pour [OIII], on observe, en 1951, la raie $^1D - {}^1S$, 4363 Å, et l'une des raies $^3P - {}^1D$, 5007 Å; l'autre raie $^3P - {}^1D$, 4959 Å, est très affaiblie par la bande d'absorption de TiO dégradée vers le rouge dont l'arête est à 4955 Å. Le rapport des intensités des raies 5007 et 4363 Å a permis de calculer la température électronique de l'étoile, $\simeq$ 7000° K.

L'étude photométrique du fond continu du spectre a conduit, d'autre part, à la mesure de sa température de couleur. On trouve, dans la région bleue, au-dessous de 5000 Å et jusqu'à la limite de la série de Balmer, $\simeq$ 6400° K pour les années 1946 et 1948; $\simeq$ 7700° K pour l'année 1951.

Dans les grandes longueurs d'onde, de 5000 à 6500 Å, cette température de couleur est sensiblement la même pour les trois années, environ 4400° K.

Quelques clichés obtenus en 1948 au spectrographe à quatre prismes d'uviol monté sur le télescope de 80 cm d'ouverture permettent d'étudier le spectre dans la région des courtes longueurs d'onde jusqu'à 3600 Å environ, et montrent, en émission, le spectre continu lié à la série de Balmer. La mesure de l'un d'entre eux a donné la *grandeur de la discontinuité*, $D = -0,11$ (3).

Le spectre est toujours fortement entamé par les bandes d'absorption de TiO, caractéristiques des spectres de la classe M. Il faut donc ranger définitivement AG Pegasi dans la catégorie des étoiles à spectre composite, telles que Z *Andromedæ* (4) et T *Coronæ Borealis* (5), qui demeurent encore des objets énigmatiques.

(3) La définition de la discontinuité de Balmer est donnée par MM. Arnulf, Barbier, Chalonge et Mlle Canavaggia, *J. Observ.*, **19**, 1936, p. 149.

(4) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 348; *Ann. Astrophys.*, **12**, 1949, p. 226.

(5) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 134; *Ann. Astrophys.*, **9**, 1946, p. 157.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur la colorimétrie de 51 étoiles doubles visuelles.* Note de M. **Paul Muller**, présentée par M. André Danjon.

Nous avons rendu compte en 1949 ([1]) des résultats obtenus jusqu'alors dans la photométrie des étoiles doubles visuelles à l'aide de notre micromètre à double image, adapté à cet usage, en soulignant les perspectives qui s'offraient dans cette voie quant à la colorimétrie des mêmes objets. Lorsqu'en effet les composantes d'une étoile double ne sont pas de même couleur, leur différence de magnitude Δm mesurée avec divers écrans dépend de la couleur utilisée.

Nous venons de terminer une première série de plus de 850 mesures de Δm en plusieurs couleurs, portant sur 51 couples et effectuées principalement aux équatoriaux de Strasbourg (16 et 49 cm), occasionnellement à celui du Pic-du-Midi (60 cm). Tous les couples ont été mesurés au moins avec deux mêmes écrans Wratten 64 (vert) et 24 (rouge), quelques-uns, en outre, avec un ou plusieurs des trois écrans Parra-Mantois 5506 (bleu), VV_1 (vert) et VR_1 (rouge). La précision des résultats est de même ordre que celle des mesures sans écrans; l'écart moyen d'une mesure est de 0,06 m.

Les observations fournissent donc, pour chaque couple, de deux à cinq valeurs de Δm en autant de couleurs, auxquelles nous avons joint celle que nous avions obtenue antérieurement, sans écrans. Pour caractériser le résultat de façon uniforme, nous avons admis que l'on pouvait représenter Δm linéairement en fonction d'une certaine valeur de la longueur d'onde λ, attachée à la couleur considérée. Les six valeurs de λ ont été déterminées à partir de valeurs provisoires déduites des courbes de transmission des écrans, ajustées ensuite d'après les résidus des observations par rapport aux droites construites sur ces valeurs provisoires. La représentation au moyen des valeurs définitives est très satisfaisante; pour les couples mesurés en cinq couleurs au moins, les points figuratifs ne s'écartent des droites que de 0,02 m en moyenne (37 écarts).

La pente de la droite obtenue pour un couple donné a été définie par la variation $\Delta^2 m$ de Δm pour $\Delta\lambda = + 0,10\,\mu$.

Nous avons pu traduire les $\Delta^2 m$ en différences d'indices de couleur $\Delta C = C_2 - C_1$ en passant par les spectres qui, à défaut des indices, sont connus séparément pour un grand nombre d'étoiles doubles, dont 29 parmi les 51 de notre liste; la relation spectres-indices a été empruntée aux conclusions d'un Mémoire de Seares et Joyner ([2]). Les indices globaux ont été déduits des équivalents de couleur c_2/T, du catalogue de Hertz-

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 981.

([2]) *Astrophys J.*, 98, 1943, p. 261 et *Mt. Wilson Contr.*, n° 684.

sprung (³), sauf pour sept couples absents de ce catalogue, mais dont nous avions le spectre.

Connaissant l'indice global de chaque couple et la différence des deux indices, on peut calculer finalement ceux-ci.

On constate que la distribution des indices dans les étoiles doubles est entièrement conforme à la répartition générale des étoiles dans le diagramme de Russell-Hertzsprung, transposé des spectres aux indices. Les relations entre Δm et ΔC sont celles que l'on peut prévoir, selon que l'on a affaire à un couple géante-géante, naine-naine ou, enfin, géante-naine. Notons simplement les faits suivants :

a. Dans les couples de naines, la différence des indices n'est pas toujours de l'ordre de grandeur, voire même du signe qui correspondent à la valeur de Δm et à la pente du tracé de la branche principale à l'endroit considéré; l'erreur dépasse souvent notablement l'effet de la dispersion des mesures.

b. Lorsque les deux étoiles sont de type B, Δm peut être grand, alors que les couleurs restent voisines ou égales; ceci est conforme à l'allure du diagramme, mais non aux estimations qui, le plus souvent, conduisent à attribuer à un compagnon faible une coloration sensiblement différente de celle de l'étoile principale. Ce n'est là qu'une des illusions les plus courantes en la matière.

c. Les deux variables rouges irrégulières η Gem et α Her ont des compagnons également rouges et situés comme elles parmi les géantes.

d. Dans quatre des cinq couples géante-géante (dont les deux précédents), le compagnon est moins rouge que l'étoile principale, ce qui pourrait s'expliquer par une allure d'ensemble légèrement montante de la branche des géantes; le cinquième a un Δm particulièrement faible et nos mesures donnent un ΔC nul.

e. La différence des couleurs ne paraît pas liée à l'écartement vrai des composantes; on peut retenir, par contre, une faible indication en faveur d'une relation déjà signalée comme possible par Léonard (⁴) à propos des spectres : la différence des couleurs varierait en sens inverse de la masse totale du système.

ASTROPHYSIQUE. — *Exploitation numérique de l'équation intégrale d'assombrissement au bord solaire.* Note de MM. **Henri Mineur** et **Roger Peyturaux**, présentée par M. André Danjon.

1. Désignons par θ l'angle de position d'un point du disque solaire par rapport au centre du Soleil, par $\varphi(\mu)$ ($\mu = \cos\theta$) l'assombrissement en ce point

(³) *B. A. N.*, 9, nº 329, 1940, p. 101.
(⁴) *Lick Obs. Bull.*, 10, nº 343, 1923, p. 169.

par rapport au centre du disque et par $S(\tau)$ la fonction source de la photosphère, c'est-à-dire le rapport du coefficient d'émission au coefficient d'absorption à la profondeur optique τ. Ces fonctions sont liées par l'équation intégrale de première espèce

$$\varphi(\mu)=\int_0^\infty S(\tau)\,e^{-\frac{\tau}{\mu}}\frac{d\tau}{\mu}. \qquad (1)$$

L'un de nous a déterminé $\varphi(\mu)$ en 10 points du disque solaire pour la longueur d'onde λ 16550. Nous nous proposons d'en déduire la fonction source $S(\tau)$. La transformation de Laplace est inapplicable dans le cas présent, car $\varphi(\mu)$ n'est connu qu'en quelques points de l'axe réel et l'intégrale qui exprime S est étendue à l'axe imaginaire.

2. Nous avons procédé à diverses tentatives de résolution en fixant *a priori* la forme analytique de S, forme dépendant linéairement de constantes inconnues a, b, c, ... et non linéairement d'une constante α. Dans chacun des cas, nous avons choisi une série de valeurs de α; en les portant dans l'équation (1) nous avons calculé par les moindres carrés les valeurs les plus probables de a, b, c, ... et tracé le faisceau de courbes que l'on obtient en faisant varier α. Les formes analytiques adoptées ont été successivement :

$$a+(b+c\tau+d\tau^2)\,e^{-\alpha\tau},\quad a+(b+c\tau)\,e^{-\alpha\tau},\quad \frac{a\tau^2+b\tau+c}{\tau+\alpha},\quad a+\frac{b}{\tau+\alpha}+\frac{c}{(\tau+\alpha)^2},$$

deux segments de droites séparées par une discontinuité verticale, car ces fonctions nous ont paru *a priori* représentatives de ce que nous devinons de S.

De l'examen des résultats, il résulte d'abord que dans chaque cas la somme des carrés des résidus varie lentement en fonction de α, ceci révèle que, si l'équation (1) définit $S(\tau)$, elle définit très mal cette fonction.

3. Il en résulte aussi ce résultat commun aux cinq essais que les courbes d'un même faisceau présentent deux ou trois points de passages obligés ou tout au moins d'étranglement.

En reportant ces points sur un graphique, nous avons obtenu une courbe très régulière, constituant une première approximation, que nous avons améliorée par le procédé suivant : en calculant $\varphi(\mu)$ au moyen de la fonction S de première approximation, par une méthode que l'un de nous a développée pour le calcul des intégrales de 0 á $+\infty$ lorsque l'élément différentiel contient en facteur e^{-x}, nous avons obtenu une fonction φ_c qui diffère de la fonction mesurée φ_m d'une constante égale à $-0{,}005$. Il en résulte que les valeurs de première approximation de S doivent être augmentées de la quantité opposée.

Voici la table de la fonction $S(\tau)$ admise définitivement :

τ	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
$S(\tau)$	0,636	0,724	0,798	0,866	0,931	0,989	1,039	1,080
τ		0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	$\to\infty$
$S(\tau)$		1,114	1,138	1,154	1,167	1,173	1,175	1,175

Si l'on adopte cette fonction $S(\tau)$ les valeurs de $\varphi(\mu)$ sont représentées à 0,001 près, ce qui est la précision des mesures expérimentales.

La méthode utilisée se justifie *a posteriori* par le fait que nous obtenons pour $S(\tau)$ un résultat bien déterminé.

La fonction $S(\tau)$ ne présente pas de point d'inflexion.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la théorie relativiste des forces nucléaires. I. Théorie générale.* Note de M. **Maurice Lévy**, présentée par M. Louis de Broglie.

Extension de la méthode « non adiabatique » de Tamm-Dancoff ([1]) au cas d'une interaction quelconque, incluant la présence, dans les états virtuels intermédiaires, d'un nombre arbitraire de particules en interaction.

Considérons deux champs nucléoniques $\psi(1)$ et $\psi(2)$, couplés par un champ mésique ([2]) neutre Φ. Le vecteur Ψ, qui décrit l'évolution du système dans la représentation de Schrödinger, obéit à l'équation

$$(H_0 + H')\Psi = -i\frac{\partial\Psi}{\partial t}, \tag{1}$$

où H_0 est l'hamiltonien du système libre, H' l'énergie d'interaction. Dans le cas d'un état stationnaire d'énergie totale W, Ψ peut être exprimé au moyen de l'ensemble complet et orthonormé des fonctions propres de H_0 :

$$\Psi = \sum_{m,n,\lambda} \mathbf{a}_\lambda^{(m,n)} \psi_\lambda^{(m,n)} e^{iWt}. \tag{2}$$

Si l'on pose $(\psi_\mu^{(p,q)}, H'\psi_\lambda^{(m,n)}) = (\lambda, m, n \mid H' \mid \mu, p, q)$, la résolution de (1) conduit au système d'équations intégrales

$$(W - E_\lambda^{(m,n)})\,\mathbf{a}_\lambda^{(m,n)} = \sum_{q=n-1}^{n+1} \sum_{p=m\pm 1} \sum_\mu (\lambda, m, n \mid H' \mid \mu, p, q)\,\mathbf{a}_\mu^{(p,q)}. \tag{3}$$

Dans ces équations, un état libre du système où m mésons et n paires de nucléons sont présents est défini par sa fonction propre $\psi_\lambda^{(m,n)}$ et la valeur propre correspondante de l'énergie $E_\lambda^{(m,n)}$; λ est une variable spécifiant les moments, spins, etc., des particules du système, et $\mathbf{a}_\lambda^{(m,n)}$ l'amplitude de probabilité quantifiée de l'état (λ, m, n). Un moyen pratique pour résoudre les équa-

([1]) I. Tamm, *J. Phys. U.R.S.S.*, 9, 1945, p. 449; S. M. Dancoff, *Phys. Rev.*, 78, 1950, p. 382.

([2]) Nous supposons que les nucléons (1) et (2) ne sont pas de même nature et ne peuvent pas s'annihiler. Les paires de nucléons présentes dans les états intermédiaires devront donc être désignées, elles aussi, par les indices (1) et (2), suivant qu'elles appartiennent à l'un ou l'autre type. On utilise dans ce qui suit un système d'unités tel que $\hbar = c = 1$.

tions (3) consiste à éliminer toutes les amplitudes, excepté celle qui correspond à $m = n = 0$, au moyen de substitutions successives. On obtient une équation de la forme

$$(4) \qquad (W - E_{\lambda}^{(0,0)})\, \mathbf{a}_{\lambda}^{(0,0)} = \sum_{p,q} \sum_{\lambda'} \Delta_{\lambda\lambda'}^{(p,q)}\, \mathbf{a}_{\lambda'}^{(0,0)},$$

où $\Delta_{\lambda\lambda'}^{(p,q)}$ est un terme d'interaction proportionnel à la puissance $2p$ de la constante de couplage g, et résulte d'une série de processus virtuels tels que les nombres *maxima* de mésons et de paires de nucléons présents dans les états intermédiaires sont respectivement p et q. Nous considérons plus en détail deux cas particuliers importants :

1° *Les états où des paires de nucléons sont présentes ont une probabilité négligeable.* — Nous supposons d'abord que les états comprenant un nombre de mésons supérieur à $m_0 + 1$ (m_0 étant un entier positif arbitraire) ont eux aussi une probabilité négligeable. Nous obtenons pour $\mathbf{a}_{\lambda}^{(0,0)}$ l'équation

$$(5) \qquad (W - E_{\lambda}^{(0,0)})\mathbf{a}_{\lambda}^{(0,0)} = \sum_{\mu,\lambda'} \frac{(\lambda, 0, 0 \,|\, H' \,|\, \mu, 1, 0)}{W - E_{\mu}^{(1,0)}} K_{\mu\lambda'}^{(1)} \mathbf{a}_{\lambda'}^{(0,0)},$$

le noyau $K_{\mu\lambda'}^{(1)}$ étant défini par le système d'équations

$$(6) \qquad K_{\lambda\mu}^{(m)} = (\lambda, m, 0 \,|\, H' \,|\, \mu, m-1, 0) + \sum_{\mu',\lambda'} \frac{(\lambda, m, 0 \,|\, H' \,|\, \mu', m+1, 0) K_{\mu'\lambda'}^{(m+1)} K_{\lambda'\mu}^{(m)}}{(W - E_{\mu'}^{(m+1,0)})(W - E_{\lambda'}^{(m,0)})},$$

pour $m = 1, 2, \ldots, m_0$, et $K_{\lambda\mu}^{(m_0+2)} = 0$. Ces équations sont valables *quelle que soit la valeur de la constante de couplage*, s'il existe un nombre fini d'états intermédiaires dont la probabilité est supérieure à celle de tous les autres. Lorsqu'il est possible de développer en série de puissances de g^2, on peut remplacer (5) par une équation exacte de la forme de (4) avec $q = 0$ et

$$(7) \qquad \Delta_{\lambda\lambda'}^{(p,0)} = \sum_{\mu_i} \sum_{(r_i)} \frac{(\lambda, 0, 0 \,|\, H' \,|\, \mu_1, 1, 0)(\mu_1, 1, 0 \,|\, H' \,|\, \mu_2, 2, 0)}{(W - E_{\mu_1}^{(1,0)})(W - E_{\mu_2}^{(2,0)})} \times \left\{ \prod_{i=3}^{2p-2} \frac{(\mu_{i-1}, r_{i-1}, 0 \,|\, H' \,|\, \mu_i, r_i, 0)}{(W - E_{\mu_i}^{(r_i,0)})} \right\} \times \frac{(\mu_{2p-2}, 2, 0 \,|\, H' \,|\, \mu_{2p-1}, 1, 0)(\mu_{2p-1}, 1, 0 \,|\, H' \,|\, \lambda', 0, 0)}{(W - E_{\mu_{2p-1}}^{(1,0)})},$$

la sommation étant effectuée sur tous les ensembles de $(2p - 4)$ nombres entiers (r_i), avec $i = 3, \ldots, 2p - 2$, satisfaisant aux conditions $r_i \leqq p$, $r_{i+1} = r_i \pm 1$, $r_2 = r_{2p-2} = 2$.

2° *Les états où le nombre de mésons est supérieur à un ont une probabilité négligeable.* — Après élimination des amplitudes $a_{\mu}^{(1,n)}$, on obtient le système

d'équations

$$(8) \qquad (\mathrm{W} - \mathrm{E}_{\lambda}^{(0,n)})\,\mathbf{a}_{\lambda}^{(0,n)} = \sum_{0 \leq p = n-1}^{n+1} \; \sum_{0 \leq q = p-1}^{p+1} \; \sum_{\mu,\lambda'} \frac{(\lambda, 0, n \,|\, \mathrm{H}' \,|\, \mu, 1, q)(\mu, 1, q \,|\, \mathrm{H}' \,|\, \lambda', 0, q)}{\mathrm{W} - \mathrm{E}_{\mu}^{(1,p)}}\,\mathbf{a}_{\lambda'}^{(0,q)},$$

qui ne contient plus que les amplitudes des états où aucun méson n'est présent et auquel il est possible d'appliquer sans difficulté les deux méthodes du paragraphe précédent.

On peut éliminer les divergences qui apparaissent dans la théorie en appliquant à H′ une transformation canonique analogue à celle qui a été utilisée par Dyson (3); ou encore, en faisant usage de l'équivalence de la présente théorie avec le formalisme covariant de Bethe et Salpeter (4), équivalence qui sera démontrée dans une Note ultérieure.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur certaines transformations fonctionnelles de l'équation d'évolution.* Note de M. **Antoine Visconti**, présentée par M. Louis de Broglie.

Étude : de l'équation d'évolution dans le cas des collisions ainsi que des fonctions attachées au positon de Stuckelberg-Feynman; de certaines transformations unitaires de cette équation et d'une méthode de perturbations analogue à la méthode BKW; de ses transformées de Fourier et enfin application à une équation du second ordre.

1. L'opérateur d'évolution $\mathcal{U}(t, t_0)$ d'un système satisfait à (1) :

$$(1) \qquad \mathcal{U}(t, t_0) = \mathcal{U}_0(t - t_0) - i\int_{t_0}^{t} \mathcal{U}_0(t - \tau)\mathrm{R}(\tau)\mathcal{U}(\tau, t_0),$$

où $\mathcal{U}_0(t - t_0)$ est l'opérateur d'évolution du système libre (pratiquement correspond à la partie de l'hamiltonien indépendante de t, serait d'ailleurs remplacé par $\mathcal{U}_0(t, t_0)$ si cette partie contenait t); on a vu que le cas des collisions s'obtient en rendant infinies les limites de cette intégrale

$$(2) \qquad \mathcal{U}^{\mathrm{col}}(t, t_0) = \mathcal{U}_0(t - t_0) - i\int_{-\infty}^{+\infty} \mathrm{G}(t - \tau)\mathrm{R}(\tau)\mathcal{U}^{\mathrm{col}}(\tau, t_0)\,d\tau,$$

avec $\{\mathcal{H}_0 - i\,\partial/\partial t\}\,\mathrm{G}(t) = -i\delta(t)$: G est une fonction de Green du problème alors que $\mathcal{U}_0(t)$ était une solution à singularité spatiale en δ pour $t = 0$. Les diverses formes de G peuvent commodément s'obtenir par l'emploi de la for-

(3) *Phys. Rev.*, **83**, 1951, p. 1207.

(4) *Phys. Rev.*, **82**, 1951, p. 309 (A); **84**, 1951, p. 1232.

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1744, et *J. Phys.*, **12**, 1951, p. 726.

mule de Fourier généralisée $\mathcal{L}_{\mp} G = \lim_{\delta=0} \int_{0 \atop -\infty}^{+\infty \atop 0} e^{\mp\delta t} e^{i\lambda t} G(t)\, dt$:

$$(3) \qquad G(t) = \lim_{\delta=0} \frac{1}{2} \varepsilon(t) \exp[-\varepsilon(t)\delta t] \bar{\mathcal{U}}_0(t), \qquad \varepsilon(t) = \pm 1 \quad \text{pour} \quad t \gtrless 0$$

G n'étant déterminée qu'à une solution de l'équation homogène près, décomposant $\mathcal{H}_0$ en $\mathcal{H}_0^+$ et $\mathcal{H}_0^-$ hamiltoniens portant respectivement sur les fonctions propres à énergies positives et négatives on obtient, après quelques considérations, la fonction de Green du positon :

$$(4) \quad G^{pos}(t) = \lim_{\delta=0} \exp[-it(\mathcal{H}_0^+ - i\delta)] \quad \text{si } t > 0 \quad \text{et} \quad \lim_{\delta=0} \exp[-it(\mathcal{H}_0^- + i\delta)] \quad \text{par } t < 0,$$

l'introduction des quantités infinitésimales δ revient à choisir pour chemins d'intégration ceux de R. P. Feynman ([2]) comme le montrerait un calcul détaillé : elles suffisent à donner un sens à l'intégrale généralisée de (2). La théorie du positon s'obtient en remplaçant dans (2) $\mathcal{U}_0$ et G par G^{pos} et pour un R indépendant de t, on trouve la formule de Born.

2. On peut chercher les transformées des équations (1) et (2) par des transformations unitaires commutant avec $\int_{t_0}^{t} \cdots d\tau$: $\mathcal{U}(t, t_0) = S(t)\, U_S(t, t_0)\, S^{-1}(t_0)$, on obtient :

$$(5) \qquad U_S(t, t_0) = U_{0S}(t, t_0) - i \int_{t_0}^{t} U_{0S}(t, \tau)\, \mathcal{H}_S(\tau)\, U(\tau, t_0)\, d\tau,$$

où $\mathcal{H}_S = S^{-1}(\tau)\, R(\tau)\, S(\tau)$. Une forme simple de (5) est obtenue en imposant à $U_{0S}(t, \tau)$ d'être indépendant de τ, alors $S(t) = \mathcal{U}_0(t)$, $U_{0S}(t, t_0) \equiv 1$ et l'on obtient l'équation intégrale d'interaction. Appliquant le développement déjà utilisé : $\{1 - F\}^{-1} = \Pi \exp[(1/(n+1)) F^{n+1}]$ ([3]), on obtient :

$$(6) \quad \mathcal{U}(t, t_0) = \mathcal{U}_0(t) \times \left\{ \prod_0 \exp\left[\frac{(-i)^{n+1}}{n+1} \int_{t_0}^{t_n} \cdots \int_{t_0}^{\tau_1} d\tau_{n+1} \ldots d\tau_1\, \mathcal{H}_{int}(\tau_{n+1}) \ldots \mathcal{H}_{int}(\tau_n) \right] \right\} \mathcal{U}_0^{-1}(t_0),$$

où $\mathcal{H}_{int} = \mathcal{U}_0^{-1}(\tau)\, R(\tau)\, \mathcal{U}_0(\tau)$.

3. L'étude de la transformée de Fourier ([4]) de (1) lorsque R est indépendant de t peut se généraliser; utilisant des propriétés connues du produit de composition et de la transformée du produit de deux opérateurs, on obtient

$$(7) \qquad u(\lambda) = u_0(\lambda) - \frac{i}{2\pi} \int u_0(\lambda)\, r(\lambda - \lambda')\, u(\lambda')\, d\lambda'$$

([2]) *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 757.

([3]) *J. de Phys.*, *loc. cit.*, p. 732.

([4]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 333 et M. Schönberg, *Nuovo Cimento*, VIII, 9, 1951, p. 651.

les lettres minuscules indiquant les transformées et où

$$(8)\qquad u_0(\lambda) = i(\lambda - \mathcal{H}_0)^{-1} = i\sum \frac{\Phi_n(\boldsymbol{\xi})\,\tilde{\Phi}_n(\mathbf{x})}{\lambda - \mathrm{E}_n}\{.\}\,d^3\boldsymbol{\xi},$$

la sommation se transformant en intégrale pour les parties continues du spectre. Si R est indépendant de t, λ est identique à E : $\mathcal{L}\mathrm{R} = 2\pi\delta(\mathrm{E} - \mathrm{E}')$, on obtient alors la formule précédemment donnée ([4]).

L'équation (2) nécessite l'introduction des transformées de Fourier généralisées ainsi que la formule connue : $\mathcal{L}_{\pm}\mathrm{A}(t-\tau) = e^{i\tau\lambda}\mathcal{L}_{\pm}\mathrm{A}(t)$ ou zéro suivant que $t - \tau \gtrless 0$. On obtient alors pour le cas du positon par exemple :

$$(9)\qquad u^{\mathrm{pos}}(\lambda, t_0) = e^{it_0\lambda}g^{\mathrm{pos}}(\lambda) - i\int g^{\mathrm{pos}}(\lambda)\,r(\lambda - \lambda')\,u^{\mathrm{pos}}(\lambda')\,d\lambda'.$$

Entre $\mathrm{G}^{\mathrm{pos}}(t)$ et $g^{\mathrm{pos}}(\lambda)$ existe la relation

$$\mathrm{G}^{\mathrm{pos}}(t) = \frac{1}{2\pi}\int_{\mathrm{C}} g^{\mathrm{pos}}(\lambda)\,e^{-i\lambda t}\,d\lambda,$$

C étant un chemin dans le plan λ obtenu en menant les demi-droites $-i\delta$ et $+i\delta$, les raccordant au voisinage de zéro et complétant ce chemin par le demi-cercle inférieur si $t > 0$, supérieur si $t < 0$. La formule se démontre par la considération de $g_+(\lambda + i\delta)$, $g_-(\lambda - i\delta)$ et le choix de $\lambda + i\delta$ et $\lambda - i\delta$ comme variables indépendantes. Une formule analogue s'obtient pour les transformées de Hilbert, enfin l'emploi de formules de Fourier intéressant en plus de t, les variables spatiales donne des résultats formellement identiques.

4. On peut appliquer la méthode pour obtenir une équation d'évolution à une équation $\partial^2\mathcal{U}/\partial t^2 = \{\mathcal{L}_0 + \mathcal{L}'\}\,\mathcal{U}(t, t_0)$ ou $\mathcal{L}_0$ et $\mathcal{L}'$ sont deux opérateurs linéaires indépendants de t, $\mathcal{U}(t_0, t_0) = 1$ et $(\partial\mathcal{U}/\partial t)_{t_0,t_0}$ est arbitraire. Appelant $\mathcal{U}_0(t - t_0)$ la solution de $\partial^2\mathcal{U}_0/\partial t^2 = \mathcal{L}_0\mathcal{U}_0$ qui obéit aux mêmes conditions initiales que $\mathcal{U}$, on trouve l'équation intégrale

$$(10)\qquad \mathcal{U}(t, t_0) = \mathcal{U}_0(t - t_0) + \int_{t_0}^{t} \frac{\sin\{(t-\tau)\sqrt{-\mathcal{L}_0}\}}{2\sqrt{-\mathcal{L}_0}}\,\mathcal{L}'(\tau)\,\mathcal{U}(\tau, t_0)\,d\tau,$$

le noyau représentant sous forme condensée la série de puissances entières de $\mathcal{L}_0$ obtenue en développant le sinus par la formule de Taylor.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Les fondements d'un nouvel électromagnétisme.* Note de M. **Bernard Jouvet**, présentée par M. Louis de Broglie.

Étude des lois de composition des champs dans l'hypothèse de l'existence d'un maximum pour leur intensité.

Déduction d'un invariant fondamental.

Le problème de l'énergie propre de l'électron a conduit M. Born à introduire une limite supérieure au champ électrostatique, en postulant que :

(P) « l'invariant $E^2 - H^2$ ne peut en aucun cas être supérieur à une constante universelle b^2 ».

On atteint en général ce résultat par un choix convenable de lagrangien. Nous étudierons ici particulièrement l'incidence du postulat (P) sur le principe de superposition des champs dans le vide. Nous faisons les trois hypothèses naturelles suivantes :

(H.1) Le champ électromagnétique peut toujours être représenté par un tenseur antisymétrique B_{ik} relié aux quatre seuls potentiels $A_i(X)$ par $B_{ik} = \partial_i A_k - \partial_k A_i$.

(H.2) La composition des champs forme un groupe abélien. Il est clair que la loi de composition qui doit satisfaire (P) ne peut être la loi de l'addition tensorielle valable en théorie de Maxwell.

(H.3) Définissant le carré du « module de B_{ik} » par l'expression $|B|^2 = -(1/2) B_{ik} B^{ik} = E^2 - H^2$, la loi de composition est telle que si l'on compose deux champs B^1_{ik} et B^2_{ik} satisfaisant respectivement à $|B^1|^2 < b^2$ et $|B^2|^2 < b^2$, le champ composé $B^3_{ik} = B^1_{ik} \oplus B^2_{ik}$ satisfait aussi à $|B^3|^2 < b^2$.

Il résulte de (P) et (H.3,2) que si un champ B^0_{ik} est tel que $|B^0|^2 = b^2$, le champ $\overline{B}^0_{ik} = B^0_{ik} \oplus B_{ik}$, où B_{ik} est un champ « normal » $|B|^2 < b^2$, satisfait aussi à $|\overline{B}^0|^2 = b^2$. Donc le carré du module d'un champ maximum est invariant pour la composition de ce champ avec un champ de module inférieur au champ maximum. On a donc la condition

$$\text{(C)} \quad (|\overline{B}_0|^2 - b^2)\, Q(B_0, B) = (|B_0|^2 - b^2), \qquad \text{avec} \quad Q(B_0, B) \neq 0 \quad \text{pour} \quad |B_0|^2 = b^2.$$

Représentant maintenant un champ $B_{ik}(X)$ par une surface S donnée par les potentiels $A^i(X)$, dans l'espace affine $X \oplus A$, l'addition classique d'un champ constant B^0_{ik} à ce champ, correspond au changement de coordonnées

$$\text{(A. C.)} \qquad \overline{A}^i = A^i - T^i_k X^k, \qquad \overline{X}^k = X^k, \qquad \text{avec} \quad T_{ik} - T_{ki} = B^0_{ik}.$$

Si T_{ik} est symétrique, le changement (A. C.) correspond à un changement de jauge qui conserve manifestement le champ maximum; on peut donc dans le nouvel électromagnétisme profiter de tels changements pour choisir des potentiels $\mathring{A}_k$ de telle façon qu'au point d'univers X_0, le champ B_{ik} ait la forme d'un gradient antisymétrique : $B_{ik}(X_0) = 2\partial_i \mathring{A}_k = -2\partial_k \mathring{A}_i = \partial_i \mathring{A}_k - \partial_k \mathring{A}_i$.

On ne peut pas en général étendre cette propriété à tout l'univers, à moins que B_{ik} ne soit constant; mais le principe (P) imposant des conditions « locales » sur le champ, il suffit de faire ce choix au point X_0 que l'on considère.

Si T_{ik} est antisymétrique, on ne peut conserver le changement (A. C.) qui ne satisfait pas le principe (P). Cependant le nouvel électromagnétisme, ne faisant intervenir, d'après (H.1), que les A et les X, doit encore pouvoir s'interpréter dans l'espace $A \oplus X$. D'autre part les lois classiques étant vérifiées expérimentalement pour les champs faibles, la nouvelle loi de composition doit se réduire au principe de superposition classique quand les champs

sont faibles. Le changement de coordonnées représentant la nouvelle loi doit donc se réduire à (A.C) lorsque B^0_{ik} est petit. La forme la plus générale de tels changements est le changement général des coordonnées

$$\overline{A}^i = \overline{A}^i(X, A), \qquad \overline{X}^k = \overline{X}^k(X, A);$$

pour un changement différentiel,

$$\text{(C. D.)} \qquad \overline{A}^i = \mu^i_k(A^k - \tau^k_j X^j), \qquad \overline{X}^j = \alpha^j_k X^k - \beta^j_l A^l.$$

Le champ $\overline{B}_{ik} = B_{ik}(X) \oplus B_{0ik}$ est défini par l'opération $\overline{B}_{ik} = \overline{d}_i \overline{A}_k - \overline{d}_k \overline{A}_i$. Le changement classique (A. C.) correspond à ($\mu^i_k = \alpha^i_k = \delta^i_k$, $\tau^k_j = T^k_j$, $\beta^j_l = 0$). Ces valeurs doivent être les valeurs limites vers lesquelles les coefficients α, β, μ, τ qui dépendent de T_{ik}, tendent lorsque $T_{ik} \to 0$; avec (H.2) on montre que $\tau^l_i = T^l_i$.

La condition (C) devrait en principe suffire pour déterminer les coefficients en fonction de $T_{ik} = (1/2)B^0_{ik}$. En fait, l'identification des deux membres induit, à cause d'un déterminant du quatrième ordre et de mineurs du troisième ordre qui interviennent dans le calcul, un système d'équations non linéaires trop vaste pour calculer pratiquement les coefficients.

Considérons alors le tenseur covariant relativiste $G_{ik} = \delta_{ik} + (1/b^2)B_{ij}B_k{}^j$; il est le seul à satisfaire aux conditions suivantes :

a. $G_{lm} = \overline{G}_{ik}(d\overline{X}^i/dX^l)(d\overline{X}^k/dX^m)$ au cours des transformations (C. D.);

b. Son déterminant G est de la forme $K(|B|^2 - b^2)^p$, exactement

$$\left[1 - \frac{|B|^2}{b^2} + \frac{1}{b^4}\left(\frac{B_{ik}B^{\star ik}}{4}\right)^2\right]^2;$$

[le terme $(1/b^4)(BB^\star/4)^2 = \left(\vec{E}.\vec{H}/b^2\right)^2$ invariant relativiste, est en général négligeable, et est nul dans le cas statique qui est celui pour lequel le principe (P) a été admis].

c. La condition *a* induit un système d'équations qui permettent de déterminer les coefficients.

On montre, d'une façon générale, que la fonction $D(B, B_0) \equiv (d^4X/d^4\overline{X})$ a les mêmes propriétés de transformation que la fonction Q de (C). D'après *a* il résulte l'égalité $\sqrt{\overline{G}}\,d^4\overline{X} = \sqrt{G}\,d^4X$, qui est donc équivalente à la condition (C). Étant entendu que dans les calculs on a choisi au point X_0 les potentiels $\mathring{A}$ définis plus haut, les transformations (C. D.) doivent satisfaire les invariants

$$dS^2 = \left(\delta_{ik} + \frac{1}{b^2}B_{ij}B_k{}^j\right)dX^i\,dX^k \qquad \text{ou} \qquad dS^2 = dX^i\,dX_i + \frac{4}{b^2}d\mathring{A}^i\,d\mathring{A}_i.$$

Donc moyennant un choix particulier de la jauge on peut considérer que les nouvelles lois de composition sont des rotations de « l'univers-electromagnétique » défini par le produit topologique des espaces X et A. On vérifie

que $(d^4 X / d^4 \overline{X})$ reste fini non nul lorsque B_{ik}^0 a pour module b. Si $B_{ik} = 2\,\partial_i \mathring{A}_k$, le champ résultant $\overline{B}_{ik} = 2\,\bar{d}_i \overline{\mathring{A}}_k$ est aussi antisymétrique. Il est remarquable que le tenseur de MM. Born-Infeld, $G_{ik} = \delta_{ik} + (B_{ik}/b)$ ne permet pas d'obtenir une loi explicite de composition, au sens de cette théorie.

La signification physique des équations (C. D.), en relation avec une théorie de la mesure des champs, ainsi que les bases d'une théorie de la charge paraîtront ultérieurement.

SPECTROSCOPIE. — *Variation avec la température de la transparence du quartz dans l'ultraviolet de Schumann.* Note (*) de Mlle **Andrée Gilles**, présentée par M. Eugène Darmois.

Préalablement à des études d'absorption sur des vapeurs à haute température, il nous a paru utile de connaître les variations éventuelles de la transparence du quartz fondu avec la température. En effet, le quartz fondu est le seul matériel transparent dans l'ultraviolet de Schumann, susceptible de convenir à la fabrication des cuves soudées qui paraissent le plus facilement utilisables à haute température. Comme nous avons constaté une augmentation rapide de l'absorption avec la température aux courtes longueurs d'onde, nous avons jugé intéressant d'entreprendre une étude quantitative de ce phénomène et de l'étendre au quartz cristallin.

Les mesures ont été effectuées à l'aide d'un spectrographe déjà décrit (1). Le quartz étudié est placé dans un four constitué par deux demi-cylindres de nickel entourés d'un enroulement de fil de nickel-chrome isolé par des perles de stéatite, et par deux réflecteurs de nickel. La longueur du four, égale à 30 fois l'épaisseur maxima des lames étudiées, assure au centre l'uniformité de la température qui est mesurée à l'aide d'un thermocouple dont la soudure est placée contre ces lames.

Nous nous sommes astreinte, après chaque montée de 200°, à redescendre en température pour vérifier qu'il n'y a pas de variation irréversible de l'absorption, ce que nous avons constaté. La température a été stabilisée longtemps avant chaque mesure.

Les figures 1 et 2 représentent le logarithme du coefficient d'extinction $K = (1/x)\log_{10}(AI_0/I)$ en fonction de λ pour des échantillons de quartz fondu « homosil » très pur et de quartz cristallin à différentes températures. A représente les pertes autres que l'absorption et a été éliminé par la méthode des différences.

(*) Séance du 4 février 1952.

(1) Gilles-Vodar, *J. Phys. Rad.*, 11, 1950, p. 513.

Pour le quartz cristallin, on remarque une discontinuité dans la variation de l'absorption entre 550 et 600°, discontinuité qui correspond sans

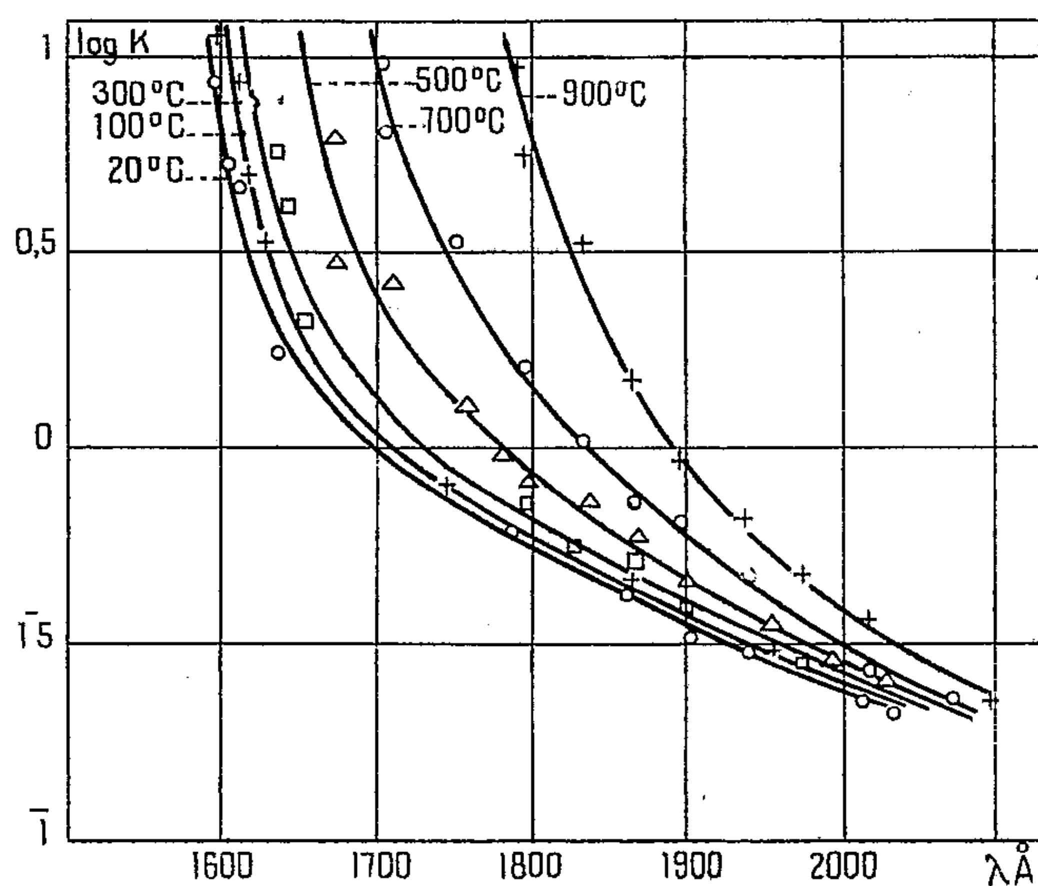


Fig. 1.

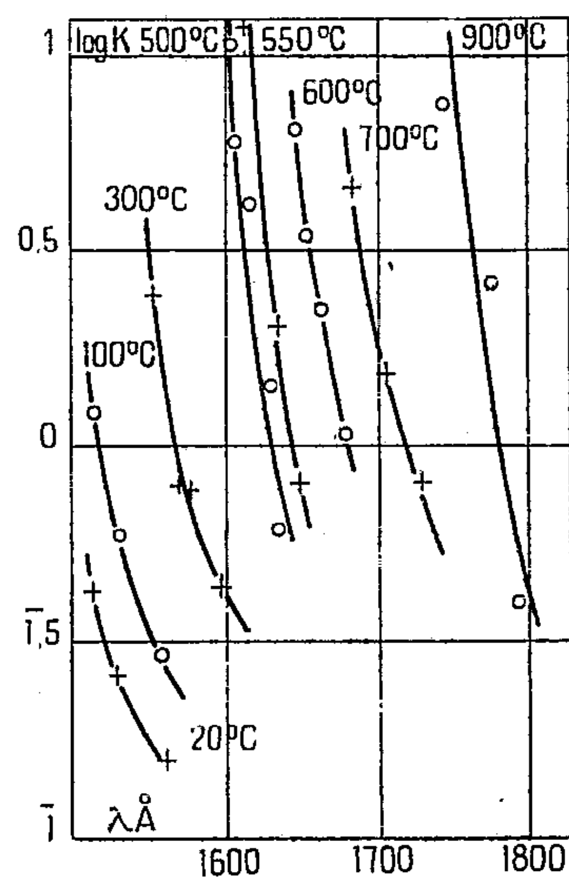


Fig. 2.

doute à la transition quartz α-quartz β qui se produit aux environs de 575°. Cette discontinuité est plus clairement mise en évidence par la figure 3 qui représente la variation de la température en fonction de la longueur

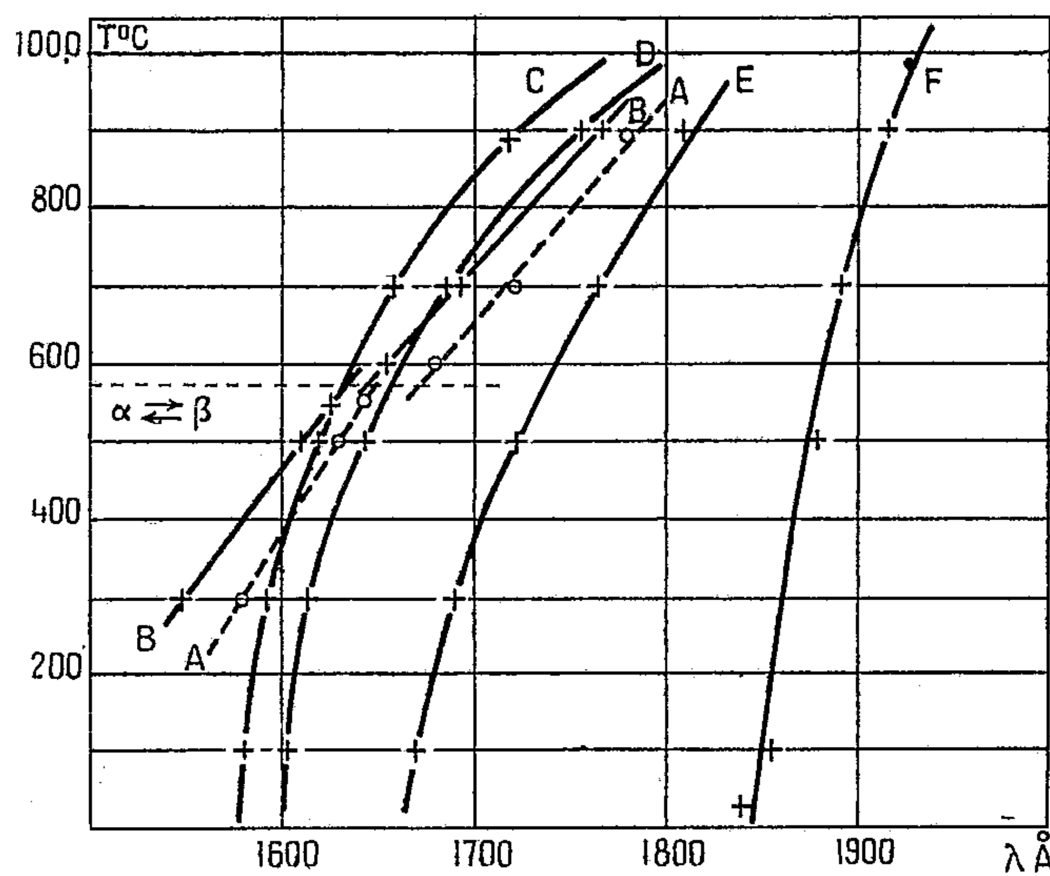


Fig. 3.

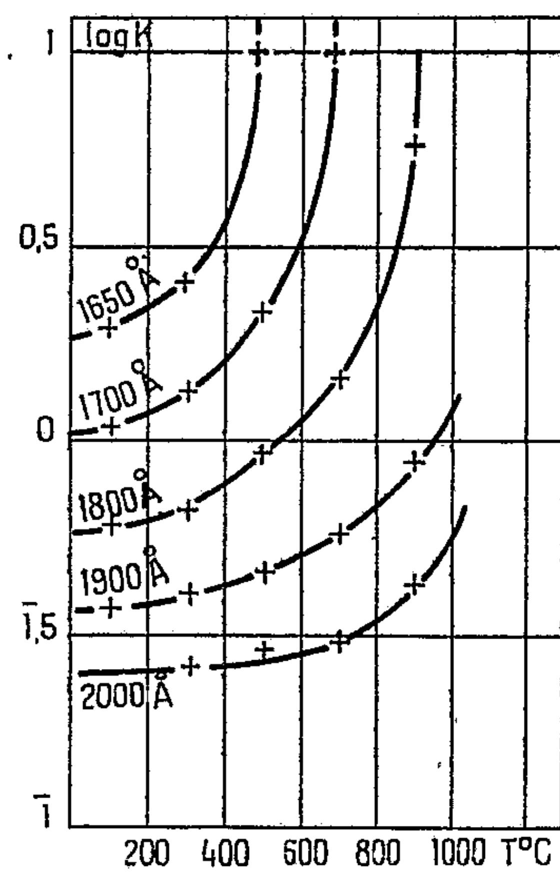


Fig. 4.

d'onde pour un coefficient d'absorption donné. Les courbes A, B correspondent à $\log K = 0$ et $\log K = 0,5$ dans le cas du quartz cristallin

C, D, E, F correspondent à log K = 1, log K = 0,5, log K = 0, log K = 1,5 dans le cas du quartz fondu. A et B se présentent sous la forme de deux segments de droite. La discontinuité se produit entre les températures de 550 et 600° qui encadrent le point de transition. Pour le quartz fondu, C, D, E, F sont des courbes continues.

La figure 4 donne la variation du coefficient d'extinction en fonction de la température pour une longueur d'onde déterminée, dans le cas du quartz fondu.

En dehors de l'action possible des impuretés, le fait que l'absorption du quartz cristallin se rapproche de celle du quartz fondu aux températures élevées semble indiquer que l'effet de la température sur la bande d'absorption est un effet dû à la fois au réarrangement de structure et au désordre créé par l'agitation thermique. La connaissance complète de la bande d'absorption serait nécessaire pour tenter une interprétation quantitative.

Au point de vue pratique, l'effet que nous signalons conduit à l'emploi de fenêtres soufflées très minces pour les cuves d'absorption soudées pour températures élevées dans l'ultraviolet lointain; toutefois, si d'autres matériaux tels CaF_2, Al_2O_3, LiF rèstent plus transparents, ils pourraient servir de fenêtres à des cuves non soudées. Une étude de ces matériaux est en cours.

SPECTROSCOPIE. — *Effet de température sur le spectre d'absorption de l'oxyde azoteux gazeux entre* 2 100 *et* 1 600 Å. Note de M. **Jacques Romand** et Mme **Janine Granier-Mayence**, présentée par M. Eugène Darmois.

Les auteurs décrivent l'effet de température sur la bande continue B (maximum à 1830 Å) de l'oxyde gazeux azoteux entre 183° K et 573° K. Il semble impossible d'interpréter cet effet sans faire appel à une combinaison des fréquences fondamentales.

Dans une Note précédente (1) nous avons donné les résultats obtenus dans l'étude du spectre d'absorption de N_2O gazeux dans la région de Schumann à 290K°. Cependant, Vodar (2) a montré que dans l'ultraviolet moyen, l'absorption varie avec la température. Il nous a donc paru intéressant de poursuivre cette étude en fonction de la température dans la région de Schumann.

A basse température, nous avons utilisé un cryostat à double enceinte. La cuve d'absorption est en quartz avec des fenêtres en quartz homosil. Elle est soudée à la première enceinte également en quartz de façon que

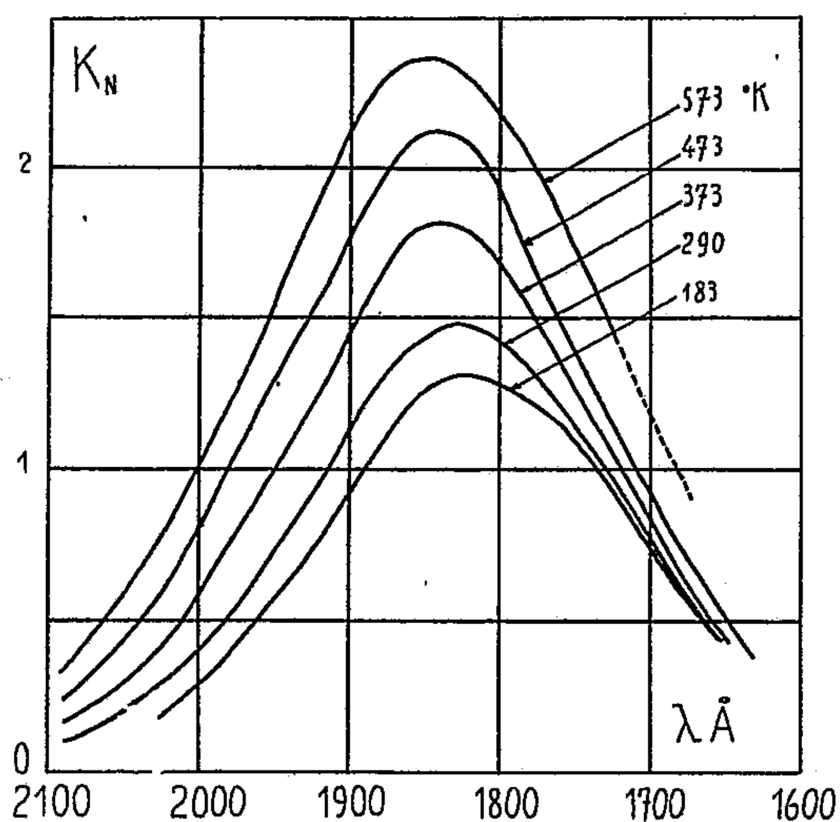
(1) J. Romand et J. Mayence, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 998.

(2) J. Nicolle et B. Vodar, *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 142.

le liquide réfrigérant n'intercepte pas le faisceau lumineux. L'ensemble se trouve dans une deuxième enceinte en pyrex dans laquelle on a fait le vide et qui porte deux fenêtres en homosil, collées au vernis « glyptal ». Le tout est placé dans l'appareil déjà décrit [3] pour les mesures d'absorption dans l'ultraviolet lointain. Le réfrigérant utilisé est l'oxyde azoteux lui-même qui bout à 183° K à la pression atmosphérique.

Les mesures à 373, 473 et 573° K ont été faites dans une cuve en quartz dont les fenêtres sont également en homosil et autour de laquelle est enroulée une résistance chauffante, la température étant repérée ici au moyen d'un couple cuivre-constantan. Les épaisseurs de cuve utilisées sont 15 et 27 mm et les pressions ont varié de 10 à 76 cm Hg. Les fenêtres en homosil (quatre pour le cryostat) limitant le spectre à 1600 Å, seule la bande B dont le maximum est à 1830 Å a donc pu être observée et mesurée. D'autre part, l'absorption due aux fenêtres nécessite un temps de pose plus long, ce qui augmente l'influence de la diffusion. Malgré les corrections faites, la précision des mesures ne dépasse pas 5 %.

Remarquons que la valeur du coefficient d'absorption du maximum à la température ordinaire, moyenne de nombreuses mesures, est légèrement supérieure à celle publiée auparavant.



Les résultats obtenus dans ces conditions sont résumés sur la figure ci-dessus qui représente les variations de K_N en fonction de λ, pour les diverses températures. Les courbes à 183 et 290° K se raccordent bien avec celles de Vodar dans l'ultraviolet moyen.

(3) J. Romand, *Ann. Phys.*, 4, 1949, p. 529.

On remarque que l'absorption croît avec la température et, en même temps que la courbe subit un faible déplacement vers les grandes longueurs d'onde (environ 30 Å pour le maximum entre 183 et 573° K). Notons enfin que ces courbes sont semblables, sauf celle à 573° K. Il n'est pas impossible qu'à cette température une impureté ait pu perturber les mesures du côté des courtes longueurs d'onde.

On sait qu'un tel effet de température est dû à la variation de la répartition des molécules absorbantes sur les différents niveaux vibratoires de l'état fondamental. Cependant, la molécule N_2O étant triatomique, une interprétation quantitative du phénomène paraît difficile. Les vibrations fondamentales de N_2O sont $\nu_1 = 1285\ \text{cm}^{-1}$, $\nu_2 = 589\ \text{cm}^{-1}$, $\nu_3 = 2.223\ \text{cm}^{-1}$; or, les deux fréquences ν_1 et ν_3 étant trop élevées, seule peut intervenir la vibration ν_2. Mais on pense (4) et (5) que la dissociation correspondant à la bande B se fait en N_2 et O et qu'en conséquence cette bande est principalement due à la vibration ν_1. Un premier essai de calcul a été fait (4) en considérant que la bande B était uniquement due à la fréquence ν_1 et que la répartition des molécules était à peu près celle due à la fréquence ν_2.

Ces calculs d'une approximation grossière donnent des résultats assez concordants avec l'expérience. De plus, la méthode de calcul appliquée dans le cas des molécules diatomiques (6) conduit ici à une anharmonicité bien supérieure à celle donnée par les spectres infrarouge. Mais ceci nous conduit seulement à penser que la bande B est bien liée à la fréquence ν_1, mais que celle-ci est notablement abaissée (5), de sorte que le nombre de molécules qui ne sont pas au niveau $v = 0$ soit suffisamment grand, aux températures élevées.

Il est donc nécessaire, pour effectuer des calculs probants de considérer le couplage des différentes vibrations et d'utiliser les surfaces d'énergie potentielle (7). Il serait enfin intéressant d'étudier, dans les mêmes conditions, d'autres molécules triatomiques, linéaires et non symétriques par exemple HCN ou OCS. En effet, nos résultats relatifs à N_2O semblent constituer les premières données sur la variation des bandes d'absorption électroniques des molécules triatomiques dans un grand intervalle de température.

---

(4) J. Mayence, *Thèse*, Paris, 1950 (en cours d'impression).

(5) A. B. F. Duncan, *J. Chem. Phys.*, 4, 1936, p. 638.

(6) G. E. Gibsan, O. K. Rice et N. S. Bayliss, *Phys. Rev.*, 44, 1933, p. 193.

(7) A. E. Stearn et H. Eyring, *J. Chem. Phys.*, 3, 1935, p. 778.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Étude de l'émission de sources de polonium par des plaques photographiques.* Note (*) de Mlle MARIE ADER, MM. JEAN DEBIESSE et THÉO KAHAN, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

Une série d'expériences a permis, à l'aide d'émulsions nucléaires, de déceler l'émission relativement abondante de particules de grands parcours provenant de sources de polonium.

1° Une plaque photographique Ilford C_2 de 50 μ enveloppée de papier noir est exposée à une source de polonium. Pesant 12,1 mg: cm^2, ce papier correspond à une épaisseur équivalente d'air de 9,3 cm et par suite arrête largement le rayonnement α. Après développement, la plaque présente cependant des traces de particules ionisantes de longueur variant de quelques microns à plusieurs dizaines de microns. Ces traces débutent à la surface de l'émulsion. On n'aperçoit pas d'indices de particules projetantes.

2° Une plaque photographique nue, disposée sur un plan incliné reçoit en incidence rasante le rayonnement d'une source de polonium, située à 3,5 cm de la plaque. Après développement, la plaque présente des traces jusqu'à une distance de plus de 10 cm de la source.

3° Nous avons utilisé la méthode des tubes ([1]). Ceux-ci sont emplis d'une solution d'un sel de polonium. Après développement des plaques, les tubes apparaissent hérissés des traces des α normaux avec çà et là de très grands parcours. Sur les clichés (*a*) et (*b*) ([2]) ces grands parcours se distinguent aisément de la gaine à aspect de velours qui entoure les tubes, gaine due aux rayons α. On aperçoit de plus des traces d'assez nombreux électrons. Des tubes vides inclus dans les mêmes plaques à titre de témoins ne présentent aucune trace de rayonnement.

4° Nous avons renouvelé les expériences précédentes avec des sources de provenances diverses (France, Angleterre, Canada) garanties très pures, d'intensité et d'âges différents. Dans tous les cas, le nombre des grandes traces observées est proportionnel à l'intensité de la source et à la durée du temps de pose.

Des plaques témoins étudiées en même temps prouvent qu'il ne s'agit pas de contaminations extérieures à la source. Ces grands parcours pourraient être ceux de protons de projection issus de celle-ci, dépôt électrolytique dans un cas, colonne aqueuse dans l'autre. Dans un choc α/proton, ce dernier reçoit

---

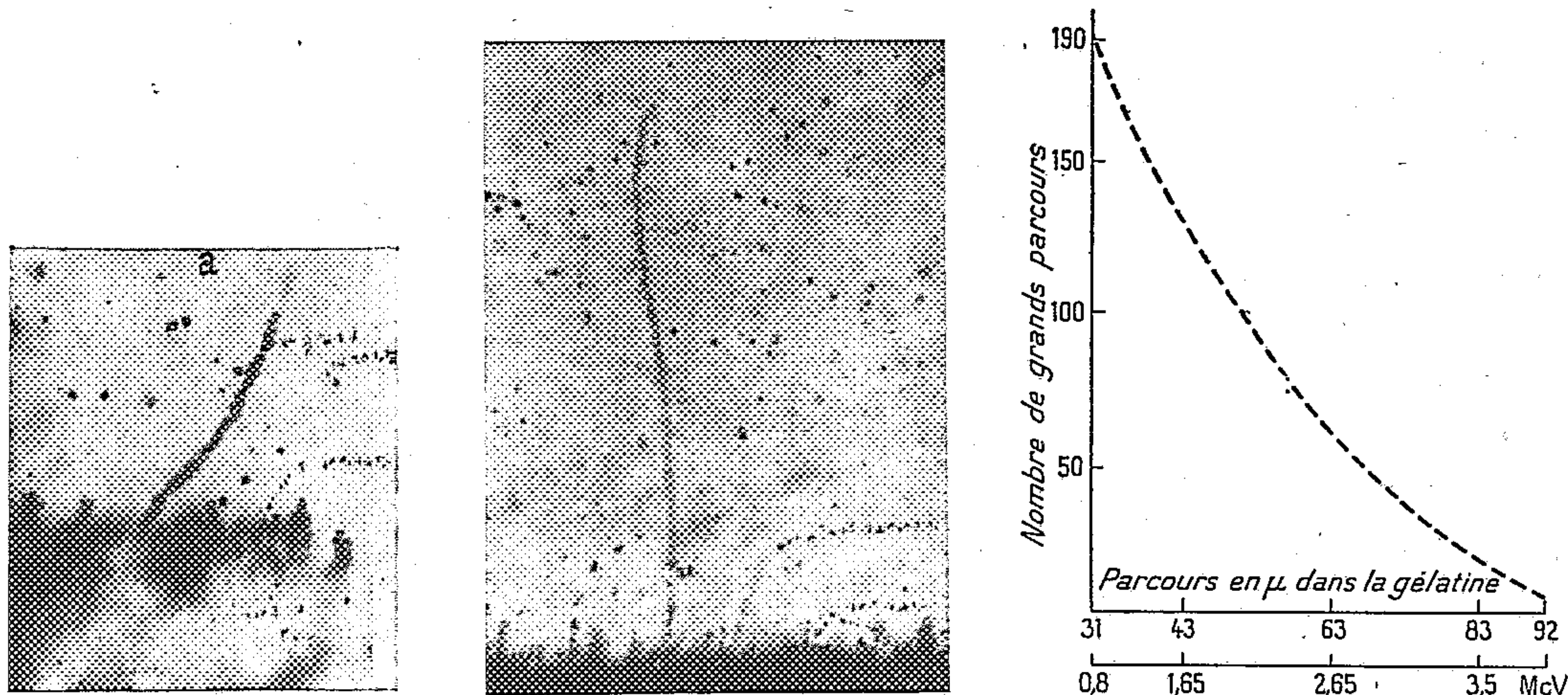
(*) Séance du 11 février 1952.

([1]) *J. Phys.*, 13, 1952 (sous presse).

([2]) Les photographies ont été obtenues grâce à Mlle G. Albouy, Laboratoire Curie (Institut du Radium), et M. R. Chastel, Laboratoire de Chimie nucléaire (Collège de France).

une fraction d'énergie $a = 4mM/(M+m)^2 \cos^2\theta$ qui est au maximum les 16/25 de l'énergie des rayons α incidents.

Les protons pourraient donc avoir une énergie maximum de 3,32 MeV à laquelle correspondrait un parcours de 16 cm dans l'air et de plus de 80 μ dans la gélatine d'une plaque photographique.



Répartition statistique de 1250 grands parcours.

Nous avons mesuré les longueurs de 1700 traces obtenues à 3,5 cm de la source (expérience 2), et celles de 1600 grands parcours sortant des tubes capillaires (expérience 3).

Dans les deux cas, les particules ont subi une absorption analogue : en effet, les 3,5 cm d'air correspondent à 4,5 mg : cm², la paroi de verre des capillaires à 4,3 mg : cm², aussi les protons de faible énergie ($\theta > 62°$) sont absorbés.

On devrait donc s'attendre si l'hypothèse envisagée est acceptable :

1° à des traces de protons correspondant à une énergie maximum de 3,3 MeV;

2° à une répartition du nombre des traces en fonction de l'énergie analogue dans l'une et l'autre expérience.

C'est bien ce que vérifient nos mesures.

Compte tenu de l'absorption, les plus grands parcours correspondent à 80 μ dans la gélatine (3,3 MeV). La répartition statistique du nombre de traces en fonction de l'énergie est la même dans les deux cas et correspond à la courbe ci-jointe.

En conclusion, le rayonnement relativement abondant observé caractérisé par de longs parcours peut, si l'on s'en tient à ces premières mesures, être attribué à des protons de projection provenant de la source.

RADIOACTIVITÉ. — *Rayonnement de conversion interne de l'uranium* 238. Note de M[lle] **Georgette Albouy** et M. **Jean Teillac**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Après avoir introduit par imprégnation de l'uranium à l'intérieur d'une émulsion photographique (Ilford G_5, épaisseur 200 μ), on observe les trajectoires d'électrons associées aux rayons α. Le nombre d'électrons par α ainsi que la répartition énergétique suggèrent que ces électrons sont dus à la conversion d'un γ d'environ 50 keV. L'intensité de cet état excité serait de l'ordre de 24 %. Ces résultats sont en accord avec ceux de B. Zajac.

B. Zajac (¹) a récemment montré à l'aide d'émulsions photographiques que l'émission α de U_1 laissait l'atome UX_1 dans un état excité de 48 keV dans 23 ± 3 % des désintégrations.

Nous avons indépendamment entrepris le même travail. Nous nous sommes servis d'émulsions Ilford (type G_5, épaisseur 200 μ) imprégnées, soit d'une solution acétique 5 % contenant 1 g de nitrate d'urane au litre, soit d'une solution où l'uranium était sous forme de complexe « uranyl-carbonate ». Dans ce second cas, les plaques avaient été « effacées » suivant la méthode proposée par l'un de nous (²).

Nous avons examiné 2400 trajectoires parallèles à la surface de l'émulsion dont nous avons mesuré le parcours; l'étude de leur répartition permet de distinguer celles dues à U_I de celles dues à U_{II}. En tenant compte d'autre part que ^{235}U émet 4 % du nombre de rayons émis par U_1 on trouve que 1175 rayons α proviennent de U_I.

Nous avons observé que 341 traces α attribuables à U_I étaient accompagnées d'un électron dont l'origine était commune avec celle du rayon α. La figure 1 donne la répartition de ces électrons.

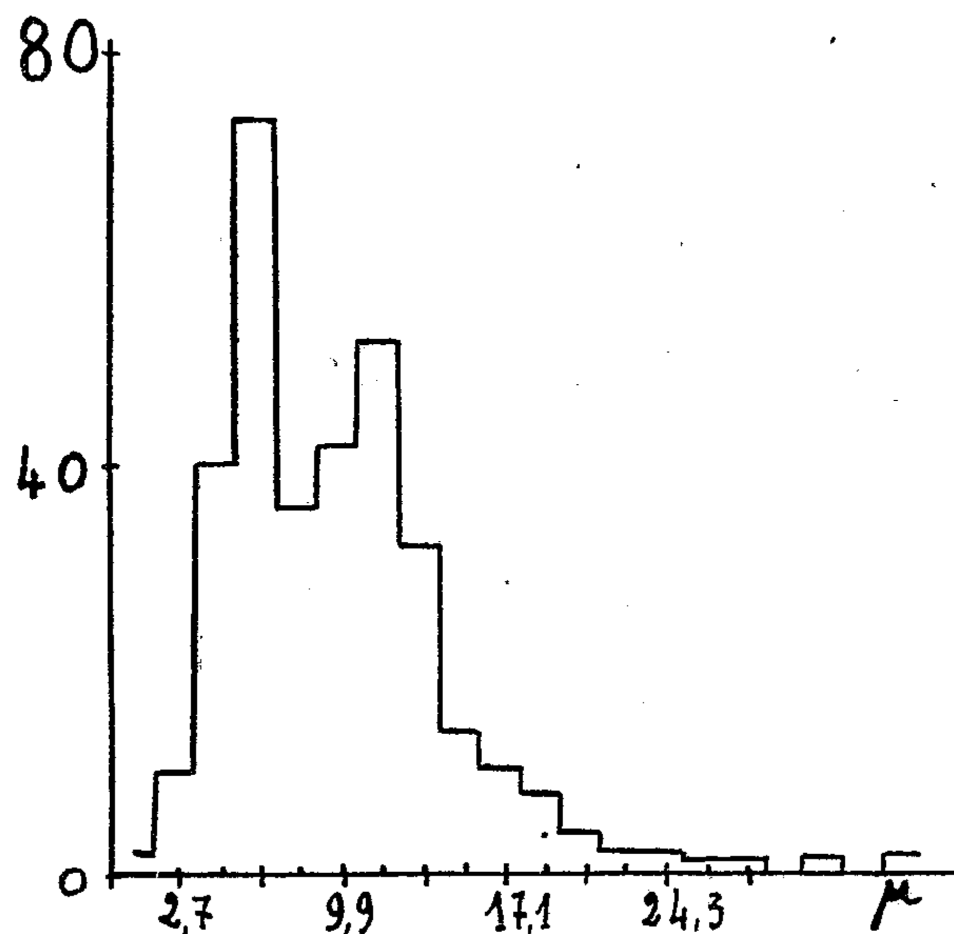
On calcule que pendant la période de 4 jours qui sépare l'imprégnation du développement, la proportion de rayons α de U_I suivis du rayonnement β de UX_I est environ 1 % et que d'autre part chaque α de AcU est suivi du β UY. Comme il est difficile de distinguer les α de AcU de ceux de U, on admettra qu'au maximum 5 % des α dont le parcours correspond sensiblement aux α de U_I seront suivis d'un β produit par la désintégration des dérivés.

Il résulte des mesures ci-dessus que 29 % des α de U_1 sont accompagnés d'une trajectoire d'électrons et que la répartition énergétique de ces électrons présente deux maxima vers 30 keV ($\sim 6\,\mu$) et 45 keV ($\sim 12\,\mu$); la différence d'énergie entre ces deux maxima étant grossièrement égale à la différence des énergies de liaison des couches L et M de UX. Ces résultats s'interprètent bien

(¹) *Phil. Mag.*, 43, 1952, p. 264.

(²) G. Albouy, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1351.

si l'on admet que dans au moins 24 % des désintégrations l'émission α de U_1 laisse UX_1 dans un état excité de 50 keV. Les électrons dont l'énergie ne correspond pas à ces raies étant les β de désintégrations de UX_1.



Par ailleurs, nous avons également observé que 14 α étaient accompagnés de deux trajectoires d'électrons dont les énergies étaient souvent très différentes; il est vraisemblable que ces événements sont dus à la filiation $U_1 \xrightarrow{\alpha} UX_1 \xrightarrow{\beta} UX_2 \xrightarrow{\beta}$ ou quelquefois à ^{235}U suivi du β de UY et d'un électron de conversion.

Tous ces résultats sont en excellent accord avec ceux de B. Zajac; il résulte que, comme nous l'avons déjà montré pour U_{II} (³), l'uranium 238 doit présenter une raie de structure fine α dans au moins 24 % des désintégrations à 50 keV du niveau fondamental.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les propriétés thermodynamiques standard des oxydes de cuivre. II. Activité du cuivre dans ses alliages avec l'or et entropie de l'oxyde cuivreux.* Note de M. **Pierre Chiche**, présentée par M. Frédéric Joliot.

La tension de dissociation de l'oxyde cuivreux n'atteignant le millimètre de Hg qu'au moment où il fond, à 1200° C, la mesure directe de l'affinité du cuivre pour l'oxygène est très difficile. L'emploi d'un diluant du cuivre, tel que l'or, permet de relever la pression de dissociation dans des proportions considérables (¹) et de rendre les mesures beaucoup plus précises. Il faut par

(³) J. Teillac, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1056.

(¹) P. Chiche et M. Dode, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 618.

contre, pour obtenir l'affinité cherchée, connaître l'activité a du cuivre dans l'alliage formé.

Nous avons déterminé cette activité a en fonction du titre en cuivre par mesure de la f. é. m. de la pile :

Cu/eutectique ClCu, ClK/alliage Cu, Au

$$E = -\frac{RT}{F}\operatorname{Log} a,$$

où R est la constante des gaz et F le Faraday.

A basse température, la faible mobilité des atomes dans le réseau de l'alliage fait que l'on n'obtient pas les véritables valeurs des f. é. m. d'équilibre; cette perturbation n'existe plus dans la zone où nous avons travaillé.

Les alliages furent préparés par fusion des constituants au fond d'un tube de quartz, sous atmosphère d'azote désoxygéné. Celui-ci s'échappait par un capillaire que l'on enfonçait au bout d'un certain temps dans l'alliage fondu; la surpression ainsi créée ayant fait monter le liquide dans le capillaire jusqu'à une hauteur où son extrémité supérieure se solidifiât, on laissait refroidir. Nous avons ainsi préparé neuf électrodes de concentrations en cuivre, calculées, puis vérifiées par analyse chimique

0,099 — 0,202 — 0,299 — 0,410 — 0,525 — 0,642 — 0,740 — 0,845 — 0,932.

L'électrolyte, était contenu dans un tube en U dont les deux branches étaient réunies par une tubulure permettant le passage continu d'azote désoxygéné. Un four vertical, relié à un régulateur, maintenait une température constante à 1° près.

Chaque mesure était effectuée avec une baguette d'alliage de 5 cm seulement, prolongée vers l'extérieur par une tige de cuivre à l'extrémité de laquelle elle était solidement encastrée; la jonction était ainsi à une température suffisamment voisine de celle du bain pour ne pas donner naissance à un couple thermoélectrique parasite, sans cependant être atteinte par le liquide montant par capillarité le long de l'électrode.

La f. é. m., lue à 0,2 mV près, décroissait légèrement après la plongée des électrodes pour se stabiliser au bout de quelques minutes. La précision des résultats peut être estimée à environ 5 %.

On trouvera dans le tableau ci-dessous les valeurs de l'activité du cuivre dans l'alliage, en fonction du titre du cuivre et de la température.

t °C. N.Cu......	0,099.	0,202.	0,299.	0,410.	0,525.	0,642.	0,740.	0,845.	0,932.
401............	0,015	0,032	0,055	0,092	0,184	0,360	0,542	0,804	0,915
463............	0,022	0,046	0,069	0,121	0,212	0,370	0,560	0,807	0,926
532............	0,026	0,058	0,087	0,137	0,240	0,416	0,590	0,822	0,938
597............	0,031	0,070	0,104	0,158	0,276	0,451	0,628	0,828	0,927
708............	0,040	0,086	0,157	0,240	0,358	0,526	0,685	0,837	0,939
848............	0,062	0,143	0,235	0,348	0,484	0,630	0,744	0,840	0,925

Une grandeur importante restait encore à déterminer : l'entropie de l'oxyde cuivreux Cu_2O, qui n'est connue qu'avec une incertitude de $\pm 1,5$ unité [2]. Cette entropie pourrait, en principe, être déduite de la valeur de la constante d'intégration de l'équation de Clapeyron relative à la dissociation de l'oxyde cuivreux en cuivre et oxygène; mais c'est là, comme on sait, une méthode assez imprécise. Nous avons heureusement pu atteindre la grandeur cherchée à partir des excellentes mesures de Roberts et Smyth sur la dissociation de l'oxyde cuivrique en oxyde cuivreux et oxygène [3].

Lorsque l'on calcule les pressions d'équilibre de ce système en utilisant les valeurs actuellement admises pour les entropies standards du CuO et du Cu_2O :

$$(1) \qquad \operatorname{Log} p = \frac{-68700}{RT} + \frac{1}{R}\Sigma\nu_i S_i^0 - \frac{1}{RT}\int_{298}^{T}\Sigma\nu_i C_{ip}\,dT + \frac{1}{R}\int_{298}^{T}\frac{\Sigma\nu_i C_{ip}}{T}\,dT,$$

on obtient en effet, *quelle que soit la température*, des pressions d'oxygène presque rigoureusement trois fois plus grandes que les pressions mesurées. La forme même de l'équation (1) implique que seul le terme constant $(1/R)\Sigma\nu_i S_i^0$ puisse être entaché d'erreur. Il suffit effectivement de ramener à 2,2 unités la différence d'entropie standard entre Cu_2O et 2 CuO pour obtenir les pressions d'équilibre avec une très haute précision :

t°C	900.	920.	940.	960.	980.	1000.	1040.	1080
p calculée	12,45	19,35	30,40	44,6	66,2	96,7	206,3	386
p mesurée [3]	12,6	19,4	29,6	44,6	66,2	97,2	201,6	401

L'entropie du CuO étant connue avec précision ($10,4 \pm 0,2$) ceci conduit à fixer celle du Cu_2O à 23,0 unités, valeur qui est bien dans la limite de l'incertitude laissée par les mesures de chaleurs spécifiques : $24,1 \pm 1,5$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude par diffraction électronique de la décomposition du chlorure de magnésium hydraté.* Note de Mme **René Lecuir** et M. **René Lecuir**, présentée par M. Paul Pascal.

La décomposition du chlorure de magnésium hydraté dans l'appareil de diffraction électronique conduit à un diagramme caractérisé par une raie large et floue précédant la formation du sel basique. Le diagramme de la magnésie se substitue ensuite progressivement à celui du chlorure basique à température plus élevée. L'action du faisceau d'électrons doit être limitée au temps de pose nécessaire à la prise des clichés.

Dans une Note précédente [1] nous avons montré qu'il était possible

(2) K. K. Kelley, *Bureau of Mines Bull.*, 434, 1940 et 371, 1934, pour les chaleurs spécifiques C_{ip}.

(3) *J. Amer. Chem. Soc.*, 43, 1921, p. 1061.

(1) Mme R. Lecuir et R. Lecuir, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 93.

d'appliquer les méthodes d'analyse par diffraction électronique à l'étude de l'évolution des sels dissociables sous l'action du vide et de la chaleur. Le nitrate de cuivre, corps particulièrement instable, nous avait permis de mettre en évidence la phase intermédiaire et la formation du sel basique. Nous avons étudié la décomposition plus lente du chlorure de magnésium hydraté.

Dans une première série d'expériences, le chlorure de magnésium hydraté, placé dans l'appareil sous un vide de l'ordre de 10^{-4} mm de mercure, donne le diagramme d'un corps caractérisé par les raies 5,5, 4,35, 3,45, 3,02 F, 2,76 F, 2,65, 2,20 F, 2,12 Å. Les trois raies les plus intenses du chlorure de magnésium tétrahydraté, données par les tables A. S. T. M., se retrouvent dans ce diagramme.

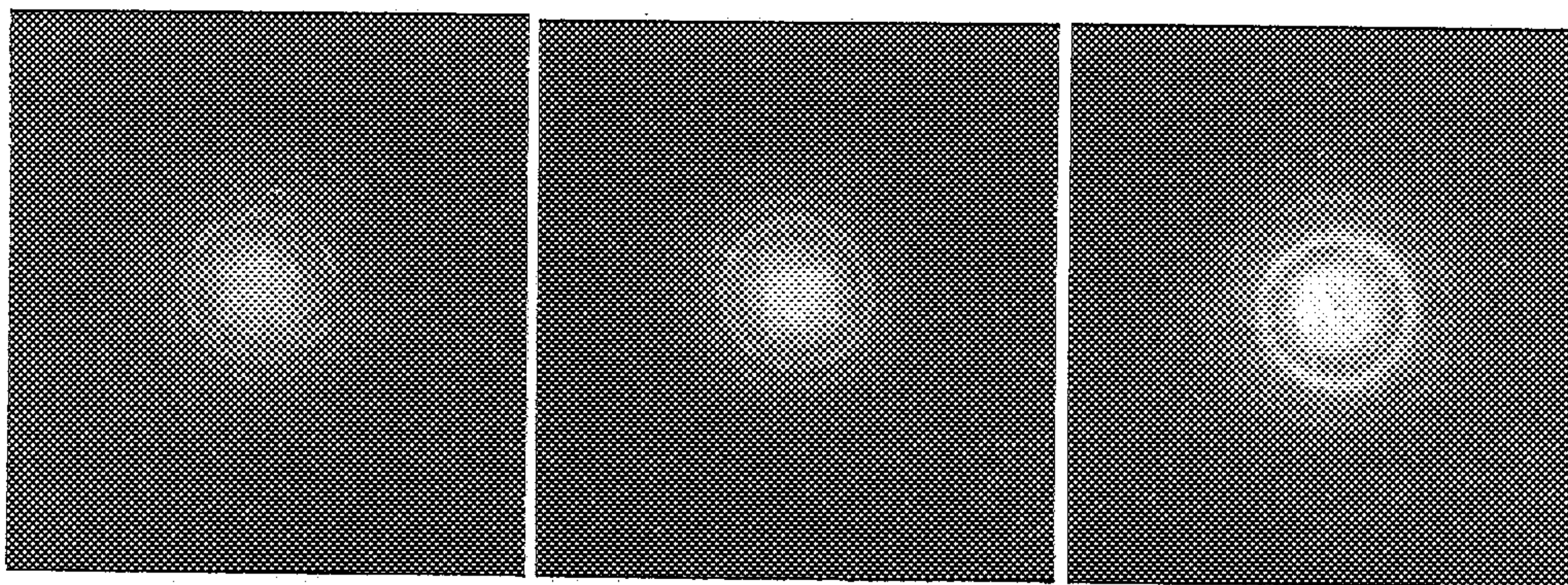


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

L'échantillon, maintenu sous vide pendant 60 mn, nous a donné des diagrammes évoquant l'orientation de feuillets d'assez grande dimension ([2]) ou des diagrammes de corps microcristallin suivant l'emplacement étudié (*fig.* 1 et 2), sans que nous ayons décelé une modification du réseau.

Cet hydrate est donc stable dans les conditions opératoires, où l'action du faisceau est limitée au temps de 10 à 20 s nécessaires à la prise du cliché dont l'allure varie évidemment suivant les dimensions des cristallites.

Nous avons alors, dans une seconde série d'expériences, soumis l'échantillon à des températures croissant de 25° par 5 mn. Le diagramme obtenu traduit une diminution des cristallites, à 70° (*fig.* 3), les raies du corps initial persistent très affaiblies et une raie floue intense dont le centre correspond à 2,76 Å apparaît. A 90° (*fig.* 4), deux raies intenses à 2,95 et 2,50 Å encadrent une zone floue; cette dernière disparaît pour laisser le diagramme d'un sel orienté, caractérisé par les raies : 5,75, 2,95, 2,50,

([2]) G. I. Finch, *La diffraction des électrons et la structure des surfaces*. Liége, 1938, I, p. 34-35.

1,80, 1,56, 1,42 Å (*fig.* 5). Le calcul des raies correspondant au sel Mg(OH)Cl, à partir de la structure hexagonale donnée par W. Feitknecht et Held [3] ($a = 3{,}36$ Å, $c = 17{,}3$ Å) semble montrer une grande parenté entre ce composé et le chlorure basique obtenu par nous; l'agitation thermique

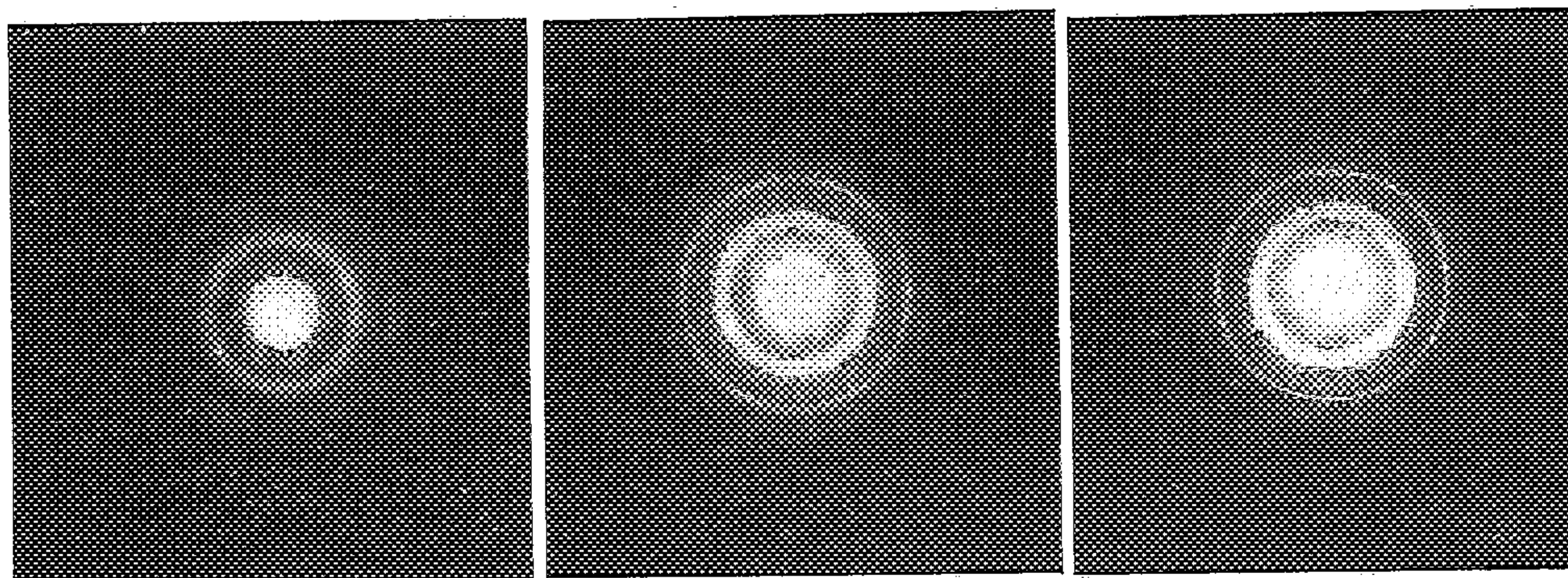


Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6

détruit progressivement l'orientation (*fig.* 6). A partir de 250°, les raies les plus faibles de ce composé disparaissent et les raies les plus intenses de la magnésie apparaissent (*fig.* 7). A 350° (*fig.* 8), le diagramme est celui de la magnésie.

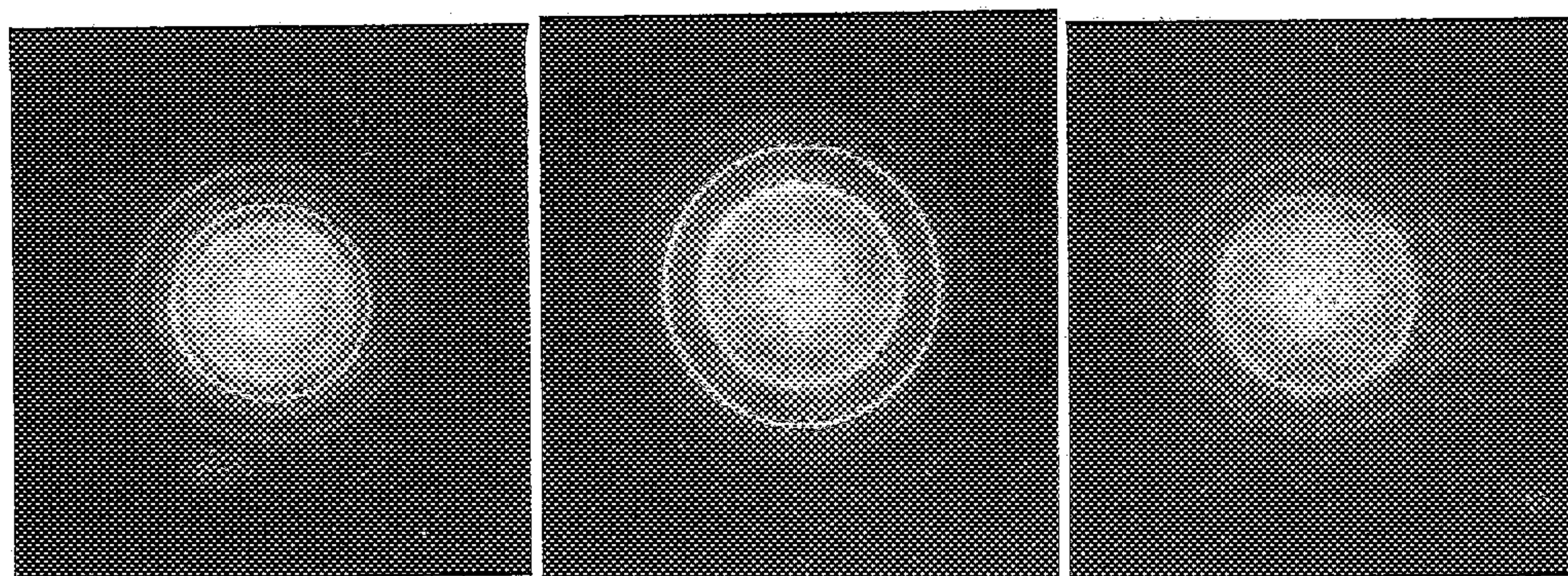


Fig. 7. Fig. 8. Fig. 9.

Ces diagrammes ont été obtenus en limitant l'action du faisceau au temps de pose des clichés qui, dans ces conditions, n'avait pas apporté de modification du diagramme dans les expériences à température ordinaire en fonction du temps. Des expériences faites en maintenant le faisceau sur le même point de l'échantillon nous ont donné les mêmes diagrammes

---

(3) *Helvetica chimica acta.*, 27, 1944, p. 1480.

(la figure 9 correspond à celui de la magnésie) présentant l'aspect général de ce dernier cliché, mais décalés au maximum vers une température plus basse de 50°.

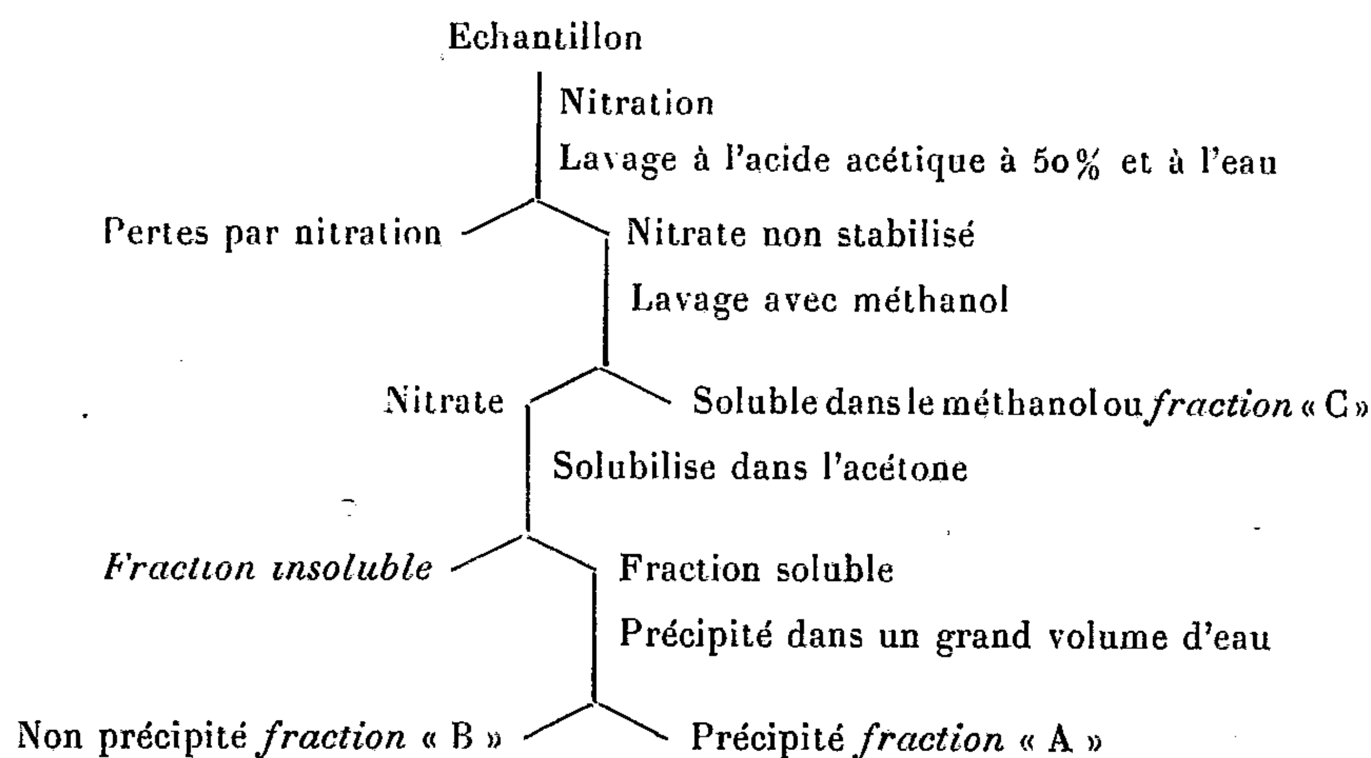
La décomposition du chlorure hydraté s'accompagne donc de l'apparition d'une raie floue, qui précède l'apparition du diagramme du sel basique, sans que le cliché révèle un désordre aussi intense que celui qu'on observe en partant du nitrate de cuivre. La destruction du sel basique s'effectue au contraire par substitution progressive des raies de la magnésie à celles du chlorure basique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Comparaison de la destruction du bois par les cuissons bisulfitiques et par les hydrolyses acides*. Note de M. **François-André Abadie**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans la présente Note, il est montré que les résidus des cuissons bisulfitiques et des hydrolyses acides du bois sont comparables au début de ces réactions, sauf en ce qui concerne la dégradation de la cellulose qui est très avancée dans le cas des hydrolyses et insignifiante dans celui des cuissons.

Nous avons étudié le bois de sapin après sa cuisson bisulfitique et après son hydrolyse avec l'acide chlorhydrique concentré à froid et dilué à chaud. La méthode d'investigation est le fractionnement par nitration d'après Bryde ([1]).

Cette méthode est résumée dans le tableau suivant



La fraction « C » comprend surtout de la nitrolignine.

La fraction « Insoluble » correspond à la lignine combinée aux hydrates de carbone ([2]).

([1]) Ö. Bryde et T. H. Smith, *Norsk Skogindustri*, 11, 1950, p. 308.

([2]) F. A. Abadie, *Norsk Skogindustri*, 11, 1949, p, 290.

La fraction « A » correspond à l'α-cellulose libre [3]. C'est sur elle qu'est déterminé le degré de polymérisation par la méthode viscométrique.

La fraction « B » comprend surtout des hydrates de carbone de faible degré de polymérisation.

Quelle que soit la nature du traitement à ses débuts, les fractions du tableau ci-dessus varient en importance suivant les mêmes règles, au fur et à mesure que se produisent les réactions. Les fractions augmentent toutes, sauf la fraction insoluble. Cette dernière est plus vite détruite que ses composants, même la lignine dans le cas des cuissons bisulfitiques, même les hydrates de carbone dans les cas des hydrolyses acides. La lignine se retrouve dans la fraction « C » et les hydrates de carbone dans les fractions « A » et « B », ce qui cause l'augmentation de ses trois fractions.

Les variations de la fraction « A », c'est-à-dire l'α-cellulose libre, suivent toujours la même courbe indépendamment de la nature de la réaction. Sa quantité augmente d'abord et atteint un maximum qui se situe aux environs de 45 % du poids à l'origine, ensuite, après un palier plus ou moins long, la quantité de fraction « A » diminue au profit de la fraction « B », la destruction de la fraction « A » étant toujours plus rapide que celle des hydrates de carbone qui la composent.

Il y a cependant entre les variations des résidus des hydrolyses acides et des cuissons bisulfitiques deux différences importantes. La première est dans la destruction de la liaison lignine-hydrates de carbone. La seconde est dans la variation du degré de polymérisation de l'α-cellulose libre.

Lors des cuissons bisulfitiques les hémicelluloses combinées à la lignine sont libérées en même temps que l'α-cellulose et la destruction complète de la liaison correspond au maximum d'α-cellulose libre. Lors des hydrolyses acides les hémicelluloses ne sont libérées qu'après l'α-cellulose qui a presque été complètement transformée en fraction « B » lorsque la destruction de la liaison est totale.

Les cuissons bisulfitiques coupent entièrement la liaison avant que les pertes totales atteignent 20 % alors qu'avec les hydrolyses acides elles dépassent toujours 25 %.

La différence la plus importante est celle des variations du degré de polymérisation de l'α-cellulose libre. Lors des cuissons, il augmente avec la libération de l'α-cellulose et sa valeur est doublée lorsque toute l'α-cellulose est libre. Il se stabilise ensuite pour ne diminuer qu'avec les cuissons très poussées.

Comme Bryde [4] l'a fait remarquer, les chaînes liées à la lignine sont bien plus longues dans le bois que celles qui sont libres et les cuissons bisulfi-

---

([3]) F. A. Abadie, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 629.

([4]) Ö. Bryde et B. Rånby, *Svensk Papperstidning*, 11 B, 1947, p. 34.

tiques n'ont aucune action sur leur degré de polymérisation. Au contraire, les hydrolyses acides diminuent rapidement le degré de polymérisation au fur et à mesure de la libération de l'α-cellulose qui est dégradée par les acides à l'intérieur du complexe lignine-hydrates de carbone, cependant insuffisamment pour détruire, même partiellement, l'α-cellulose avant sa libération complète. Ce n'est qu'après sa complète libération que l'α-cellulose est transformée très rapidement en fraction « B ».

CHIMIE PHYSIQUE MACROMOLÉCULAIRE. — *Sur l'hydratation de l'amidon.* Note (*) de M. **Georges Champetier** et Mme **Olga Yovanovitch**, présentée par M. Louis Hackspill.

L'amidon de maïs fixe l'eau en donnant un hydrate de formule $[C_6H_{10}O_5 . H_2O]n$.

L'un de nous [1] a décrit antérieurement une méthode apparentée à la « méthode des restes » de Schreinemakers [2] permettant de mettre en évidence les combinaisons d'addition des composés macromoléculaires et d'établir leurs formules, notamment dans le cas des alcali-celluloses, des hydrates de cellulose [1], des alcali-amidons [3], des hydrates d'alcool polyvinylique [4], etc.

Nous avons appliqué cette méthode à l'étude du système ternaire : amidon de maïs-eau-thiosulfate de sodium, afin de reconnaître si l'eau forme avec l'amidon des combinaisons d'addition du type hydrate, comme cela a lieu pour la cellulose.

A cet effet, 5 g d'amidon de maïs préalablement lavé à l'eau distillée, puis à l'alcool éthylique et séché à 105°, sont mis en contact, à 18-20°, pendant 48 h, avec 100 cm³ d'une solution de thiosulfate de sodium de concentration déterminée. L'amidon ne subit qu'un faible gonflement. Il peut être ensuite recueilli sur filtre de verre fritté et soumis à un essorage progressif à la trompe, ce qui permet de prélever une série de prises d'essai imprégnées de quantités décroissantes de solution saline. Dans chacun de ces prélèvements, le thiosulfate de sodium est dosé par une solution d'iode décinormale, puis l'amidon est lavé à l'eau par centrifugation, séché à 105° et pesé. L'eau contenue dans chacun des prélèvements

---

(*) Séance du 11 février 1952.

(1) G. Champetier, *Ann. Chim.*, **20**, 1933, p. 5; *Bull. Soc. Chim.*, **18**, 1951, p. 53; G. Champetier et J. Néel, *Bull. Soc. Chim.*, **16**, 1949, p. 930.

(2) *Z. Phys. Chem.*, **11**, 1893, p. 81.

(3) O. Yovanovitch, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1833; G. Champetier et O. Yovanovitch, *J. Chim. Phys.*, **48**, 1951, p. 589.

(4) G. Champetier et J. Neel, *J. Chim. Phys.*, **47**, 1950, p. 708.

est déterminée par différence. Les quantités de thiosulfate de sodium et d'eau dans les divers prélèvements successifs sont rapportées à un même poids d'amidon (par exemple au poids du motif $C_6H_{10}O_5$); elles varient linéairement, l'une en fonction de l'autre.

En répétant ces expériences pour diverses concentrations de la solution de thiosulfate de sodium initiale, on obtient un faisceau de droites qui, sauf pour les solutions très concentrées de thiosulfate de sodium, convergent en un même point correspondant à un prélèvement limite commun duquel toute la solution saline d'imprégnation aurait été éliminée et qui retient encore une molécule d'eau par motif $C_6H_{10}O_5$, ce qui met en évidence l'existence d'un hydrate d'amidon de formule $[C_6H_{10}O_5.H_2O]_n$ (*fig.* 1).

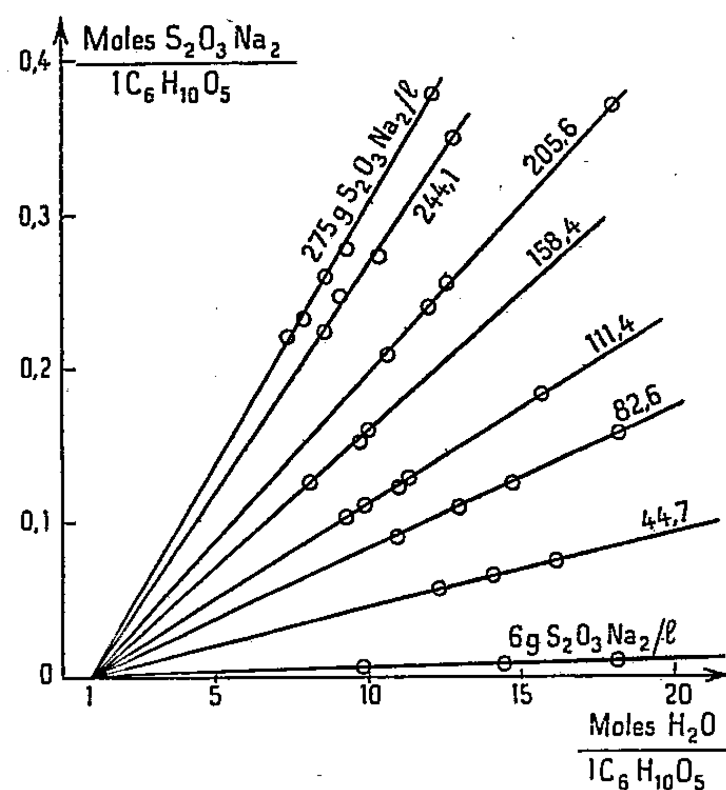


Fig. 1.

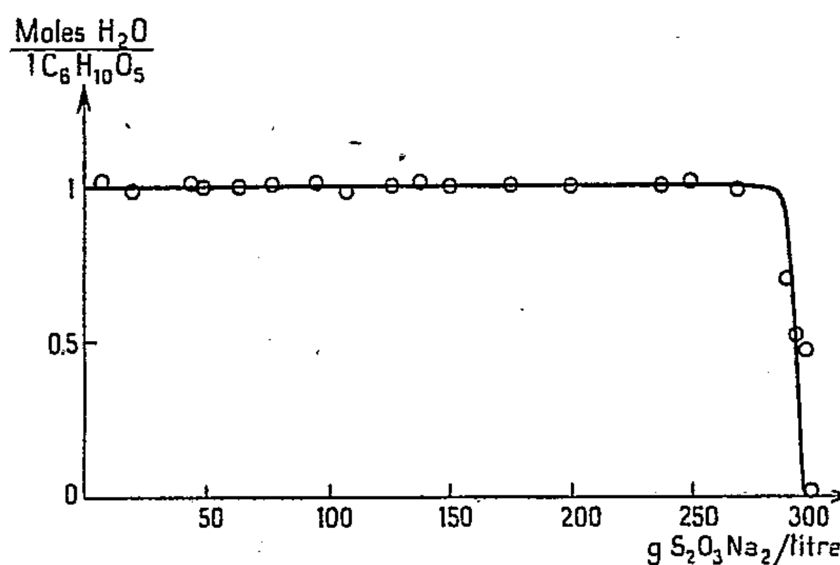


Fig. 2.

Ainsi, l'amidon de maïs forme avec l'eau un hydrate de même formule que l'hydrate de la cellulose-II (forme cristalline de la cellulose mercerisée ou régénérée dont le réseau est moins compact que celui de la cellulose native ou cellulose-I), ce qui n'est pas pour surprendre en raison de la similitude de constitution de la cellulose et de l'amidon.

L'hydratation de l'amidon de maïs demeure constante dans les solutions aqueuses de thiosulfate de sodium dont la concentration varie de 5 à 280 g de sel anhydre par litre. Dans les solutions plus concentrées, la quantité d'eau fixée diminue très rapidement et s'annule (*fig.* 2).

Si l'on rapproche ces résultats du fait que l'amidon de maïs, dans les conditions habituelles d'humidité, donne un cliché de diffraction de rayons X de substance microcristalline, alors que soigneusement desséché, il se comporte comme un corps amorphe, il est prévisible que l'eau joue un rôle important dans la stabilité du réseau cristallin en assurant vraisem-

blablement la liaison entre les chaînes macromoléculaires par des interactions hydrogène avec les hydroxyles de l'amidon.

Il reste à établir si les différentes variétés d'amidon donnent le même type d'hydrate.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'action des phosphates tricalcique et bicalcique hydratés sur le fluorure de calcium en suspension dans l'eau.* Note (*) de MM. GÉRARD MONTEL et GEORGES CHAUDRON, présentée par M. Pierre Jolibois.

Certaines eaux sont impropres à la consommation par suite de leur teneur élevée en fluor. On a déjà utilisé le phosphate tricalcique précipité pour éliminer pratiquement tout le fluor en solution dans l'eau ([1]). Le phosphate bicalcique hydraté a pu être également proposé pour la défluoration des eaux. Nous avons étudié dans cette Note le processus de ces réactions.

R. Wallaeys ([2]) a montré, au moyen des diagrammes de Debye-Scherrer, en rayonnement monochromatique, que le phosphate tricalcique précipité possède la structure d'une apatite. Ce phosphate se présente sous un état cristallin très médiocre et donne, par suite, un diagramme X avec des raies assez diffuses. Or, si l'on fait agir le phosphate tricalcique précipité sur du fluorure de calcium colloïdal en suspension dans l'eau, on constate qu'il se produit une réaction entre ces deux corps; en effet, les raies du diagramme de Debye-Scherrer du phosphate tricalcique s'affinent peu à peu et l'on obtient finalement le diagramme d'une fluorapatite (*voir* la figure). Le paramètre a du réseau hexagonal varie de 9,44 à 9,36 Å; le paramètre c demeure égal à 6,87 Å, ces deux dernières valeurs sont celles qui correspondent aux paramètres de la fluorapatite.

Nous avons observé que la solubilité dans le citrate d'ammoniaque alcalin de ces apatites synthétiques varie en sens inverse de leur teneur en fluor et s'annule lorsque l'on atteint sensiblement la composition de la fluorapatite normale. Ces apatites sont solubles dans l'acide citrique concentré. De plus, on constate que l'introduction de 0,1 mol de fluorure de calcium dans 1 mol de phosphate tricalcique hydraté suffit à rendre celui-ci inattaquable dans le phosphate monocalcique en solution concentrée.

Ces expériences où l'on observe une modification progressive des propriétés du phosphate tricalcique précipité conduisent à penser qu'il se forme des cristaux mixtes entre le phosphate tricalcique hydraté et l'apatite synthétique obtenue. Du reste, Wallaeys ([2]) a obtenu récemment une série

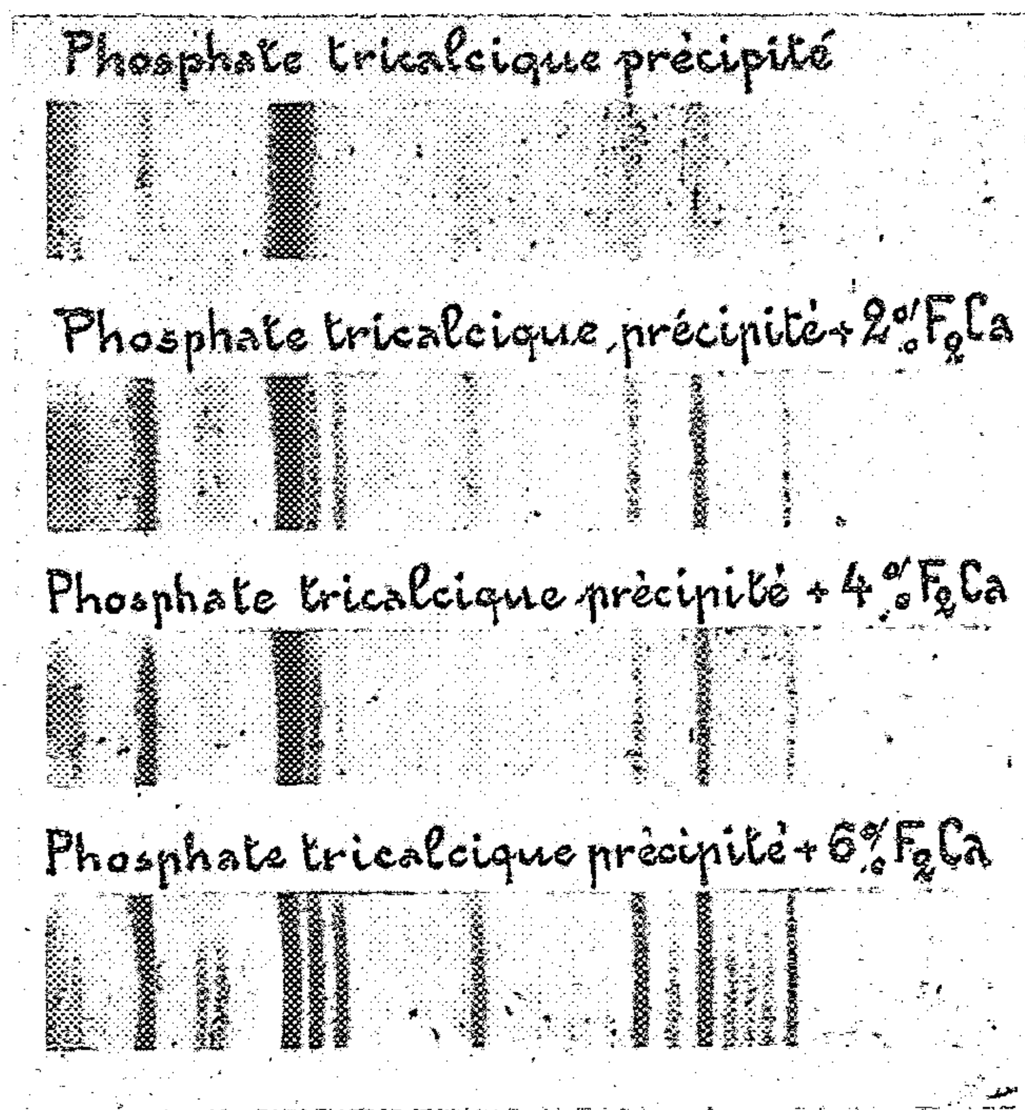
(*) Séance du 11 février 1952.

([1]) H. ADLER, G. KLEIN et F. K. LINDSAY, *Ind. Eng. Chem.*, 30, 1938, p. 163.

([2]) *Thèse*, Paris, 1951; R. WALLAEYS et G. CHAUDRON, *Réactions dans l'état solide* (*Colloque du Centre national de la Recherche scientifique*, Paris, octobre 1948).

de corps intermédiaires entre le phosphate tricalcique hydraté et la chlorapatite par réaction dans l'état solide du phosphate tricalcique hydraté sur le chlorure de calcium.

D'autre part, nous avons étudié également l'action du phosphate bicalcique hydraté sur le fluorure de calcium. On sait que l'hydrolyse du phosphate bicalcique est une réaction réversible qui donne du phosphate tricalcique et du phosphate monocalcique soluble. Le fluorure de calcium déplace cet équilibre et l'on obtient finalement une fluorapatite dont les paramètres et la teneur en fluor sont sensiblement les mêmes que ceux de l'apatite préparée par action directe du fluorure de calcium sur le phosphate tricalcique précipité.



Modification des diagrammes de rayons X d'apatites obtenues dans l'eau, suivant leur teneur en fluor.

La défluoration des eaux aboutit, dans les deux cas que nous venons d'étudier, à la formation d'une fluorapatite.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude du carbonate de nickel hexahydraté.* Note de Mme **Jeannine Rossetti-François**, présentée par M. Paul Pascal.

Pour des recherches ultérieures concernant l'activité catalytique des oxydes de nickel, nous avons été amenée à préparer des carbonates de nickel purs et aussi bien définis que possible, en utilisant les méthodes

actuelles d'étude de la structure et de la texture des solides. Nous avons repris, entre autres préparations, celle du carbonate de nickel hexahydraté, composé n'ayant été que rarement préparé et étudié. Nous avons trouvé, dans la bibliographie, deux modes de préparation : 1° la méthode par précipitation d'après Sainte-Claire Deville ([1]) et 2° la méthode de Müller et Luber ([2]).

Une première série d'essais a consisté à reprendre l'expérience de Sainte-Claire Deville, soit à additionner une solution de nitrate de nickel à une solution de bicarbonate de sodium ou de bicarbonate d'ammonium saturée de gaz carbonique. Il y a dans les deux cas, formation immédiate d'un précipité floconneux blanc verdâtre. Le diagramme Debye-Scherrer obtenu avec un échantillon de ce précipité est caractéristique d'une cristallisation très peu évoluée; on observe seulement quelques raies très larges et floues situées à 6,1 et 2,5 Å environ. L'analyse chimique de cet échantillon donne pour les différents constituants, les proportions suivantes : CO_2 19,8 %, H_2O 26,2 %, NiO 54,4 %, soit une composition voisine de celle d'un carbonate basique.

Maintenue à basse température, la préparation laisse déposer au bout d'une quinzaine de jours, des cristaux vert bleuâtre tandis que le précipité floconneux reste inaltéré.

On peut distinguer dans cette préparation deux étapes successives :

1. la formation immédiate et simultanée du carbonate basique et d'un liquide vert qui serait d'après Müller et Luber (*loc. citée*) le bicarbonate de nickel;

2. la formation, beaucoup plus tardive, aux dépens de cette liqueur, des cristaux de carbonate hexahydraté.

Une modification intéressante de cette méthode consistait donc à éliminer la précipitation du carbonate basique et favoriser la formation de la liqueur mère des cristaux de carbonate hexahydraté. Nous y sommes parvenue en agissant sur la dilution des solutions et sur les conditions de température. Nous avons employé une solution contenant 2,0 g de carbonate acide d'ammonium pour 150 cm³ d'eau saturée de gaz carbonique à 0°C et une solution renfermant 4,0 g de nitrate de nickel pour 350 cm³ d'eau, également à 0° C. Si l'on mélange ces deux solutions dans ces conditions de température, aucun précipité ne se produit. La liqueur obtenue conservée en flacons bouchés à 5° C, donne naissance après quelques jours à une pellicule microcristalline, à la surface du liquide, et après une semaine environ, des cristaux vert bleuâtre se déposent au fond du récipient.

([1]) *Ann. Chim. Phys.*, 35, 1852, p. 438.
([2]) *Z. anorg. Chem.*, 187, 1930, p. 209.

Dans une seconde série d'essais, nous avons repris la préparation de Müller et Luber. Ces auteurs ont obtenu le carbonate de nickel hexahydraté en soumettant le nickel métallique, en présence d'eau à l'action du gaz carbonique sous une pression de 50 atm et à une température de 40° C. Malheureusement dans ces conditions, la solubilité du nickel métallique est assez faible, de l'ordre de 300 mg : l. Nous avons alors essayé de remplacer le nickel métallique par son oxyde, mais là encore, la quantité de nickel entrant en réaction était insuffisante pour une préparation convenable. Par contre, en employant l'hydroxyde de nickel la dissolution est beaucoup plus importante et après cinq jours de réaction, nous avons recueilli le liquide vert qui, traité comme précédemment, nous a fourni des cristaux de carbonate hexahydraté.

Ces cristaux, obtenus par l'une ou l'autre méthode se présentent au microscope sous forme de rhomboèdres ou de prismes obliques. L'analyse chimique donne les résultats suivants :

	CO_2 (%).	H_2O (%).	NiO (%).
Échantillon obtenu par précipitation	19,1	48,[illegible]	33,2
Échantillon obtenu sous pression	19,8	47,3	33,1
$NiCO_3.6\,H_2O$ (théorique)	19,4	47,6	33,0

correspondant, aux erreurs d'expérience près, à la formule $NiCO_3.6\,HO_2$.

Comme l'avait déjà observé Sainte-Claire Deville, le carbonate de nickel hexahydraté est assez fragile, et surtout très sensible à l'action de la chaleur. Un échantillon de ce sel porté à 55° C pendant quelques heures se désorganise complètement; analysé aux rayons X il donne un cliché analogue à celui obtenu avec le précipité floconneux, obtenu selon la technique de Sainte-Claire Deville. Nous avons alors étudié la décomposition de ce composé à 38° C. Des échantillons ont été recueillis après 48, 96 140 et 188 h de traitement. On peut déjà constater certaines altérations au microscope, mais une étude par diffraction des rayons X nous permet de mettre en évidence et de suivre une désorganisation continue de l'état cristallin se terminant après 188 h de traitement par un état totalement désorganisé, semblable à celui obtenu à 55° C. L'analyse chimique faite sur ce produit de décomposition donne pour les différents constituants les proportions suivantes : H_2O 26,7 %, CO_2 19,1 % et NiO 54,0 %.

On constate que le rapport NiO/CO_2 ne reste pas constant, contrairement aux résultats de Sainte-Claire Deville. Une simple désorption sous vide (10^{-4} mmHg) à 18° C, comme le montrent nos derniers essais, une élévation de température très légère mais continue suffisent pour détruire complètement la structure de ce composé et en modifier profondément la composition. Le domaine de stabilité de ce corps est donc très restreint,

ce qui explique que la préparation en soit assez délicate. Il faut enfin noter que ce sel ne semble pas avoir été étudié aux rayons X, aussi croyons-nous utile de publier le tableau suivant donnant la liste des principales équidistances obtenues en rayonnement monochromatique Cu Kα :

d.	$\frac{I}{I_1}$.	d.	$\frac{I}{I_1}$.	d.	$\frac{I}{I_1}$.	d.	$\frac{I}{I_1}$.
9,33	1,0	4,78	0,1	3,19	0,3	2,60	0,2
6,53	1,0	4,63	0,1	3,72	0,4	2,54	0,1
5,33	0,3	3,72	0,2	2,95	0,2	2,35	0,5
5,12	0,25	3,61	0,8	2,75	0,4	2,28	0,3
4,95	0,15	3,37	0,6	2,65	0,2	2,23	0,1

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude des hydroxydes coprécipités de cuivre et d'aluminium.* Note de M[lle] **Yvette Carteret** et M. **Boris Imelik**, présentée par M. Paul Pascal.

On sait depuis longtemps que les hydroxydes coprécipités possèdent parfois une activité catalytique supérieure à celle du mélange mécanique des hydroxydes préparés séparément (1). Néanmoins la structure de ces coprécipités est peu connue. On constate en effet qu'en coprécipitant deux hydroxydes, on obtient souvent un mélange simple (les rayons X montrent la présence de ces deux phases), mais que dans certaines conditions il est possible d'obtenir un composé, qui ne possède la structure ni de l'un ni de l'autre des hydroxydes, mais bien une structure différente. On doit à Feitknecht (2) et à ses élèves les premières recherches systématiques à ce sujet. Plus tard, M[me] Longuet-Escard (3) a pu mettre en évidence l'existence d'un hydroxyde double de nickel et d'aluminium de structure particulière qu'elle a appelé hydroaluminate de nickel et elle a retrouvé ses homologues pour des cations tels que Zn, Mg, etc. (4). Par contre, il n'a pas été possible d'obtenir d'hydroxyde double de cuivre et d'aluminium ayant la structure d'hydroaluminate. Cet échec a été imputé au fait que les cations donnant des hydroaluminates ont des hydroxydes caractérisés par des structures appartenant au type C^6 (5), alors que celle de l'hydroxyde de cuivre est différente et en outre peu connue.

Le bien-fondé de cette conception est évident. Cependant, nous avons pensé que ces échecs pourraient être dus à la fragilité de l'hydroxyde de cuivre dans les conditions de précipitation. Il ressort des travaux cités que cette précipitation a été généralement faite en présence d'un excès d'alcalinité. Or on sait qu'en milieu alcalin, l'hydroxyde cuivrique est peu stable et se décompose assez rapidement en oxyde cuivrique. Les conditions de préparation de l'hydroaluminate de nickel (forte alcalinité, ébullition prolongée du

(1) Eric K. Rideal et Hugh S. Taylor, *Catalysis in Théorie and Practice*, London, 1926.
(2) *Kolloïd. Z.*, 92, 1940, p. 257; 93, 1940, p. 66.
(3) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 579; *J. Chim. Phys.*, 47, 1950, p. 238.
(4) S. Caillère et S. Hénin, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 580.
(5) *Strukturberichte*, II, Leipzig, 1937.

mélange, etc.) ne peuvent donc être appliquées à la préparation de l'hydroaluminate de cuivre. Si donc un hydroaluminate de cuivre existe, sa préparation doit être faite dans les conditions telles que l'hydroxyde double soit formé pendant la précipitation, en observant les conditions de stabilité de l'hydroxyde cuivrique. Afin de déterminer ces conditions, nous avons étudié la précipitation des hydroxydes de cuivre, d'aluminium et du mélange en fonction du pH.

Pour la précipitation des hydroxydes de cuivre et d'aluminium à partir de solutions de sulfate de cuivre et de nitrate d'aluminium, nous avons obtenu des courbes analogues à celles déjà signalées dans la bibliographie. Par contre si l'on précipite les hydroxydes à partir d'un mélange de sels de cuivre et d'aluminium, on obtient une courbe différente de celle qu'on attendrait si chacun des hydroxydes précipitait seul; la courbe présente un accident dans la région de pH 5,0-6,0 qui peut être interprétée comme un domaine de coprécipitation de ces deux hydroxydes. Un cliché de rayons X des hydroxydes coprécipités dans cette région de pH montre, outre les raies caractéristiques de l'hydroxyde d'aluminium et celles de l'hydroxyde de cuivre, des raies qui peuvent être attribuées à la présence d'un composé différent. Par la suite, nous avons observé que cette phase peut être obtenue dépourvue d'hydroxydes de cuivre ou d'aluminium (tout au moins dans les limites de sensibilité de la méthode de rayons X) en observant les conditions suivantes :

1° L'alcalinité doit être calculée de telle sorte que le pH final soit neutre ou légèrement acide.

2° La concentration de sels dans le mélange doit être convenable; nous avons obtenu des résultats satisfaisants avec des solutions de concentration de l'ordre de 10^{-2} mol : l.

La précipitation doit être effectuée en versant le mélange des sels dans la solution d'hydroxyde de sodium ou de potassium.

La préparation ainsi obtenue, séchée à 30° C à l'étuve, présente aux rayons X les équidistances suivantes, exprimées en angströms [nous donnons à titre de comparaison les raies de l'hydroaluminate de nickel, telles qu'elles ont été publiées par Mme Longuet-Escard (6)] :

	d_1.	d_2.	d_3.	d_4.
Hydroxyde double de cuivre et d'aluminium.	8,6	4,3	2,5	1,5
Hydroaluminate de nickel.................	7,8	3,9	2,5	1,5

On observe donc une analogie complète entre les deux composés et il y a lieu de croire que l'hydroxyde double de cuivre et d'aluminium préparé dans les conditions indiquées plus haut est un composé qui possède les mêmes caractéristiques de structure que l'hydroaluminate correspondant de nickel.

(6) *Bull. Soc. Chim.*, 1949, p. D 153.

Les propriétés ainsi que l'évolution de la structure et de la texture de ce composé en fonction de divers traitements (chaleur, réducteurs, etc.) sont encore à l'étude. Il faut cependant remarquer dès maintenant que les préparations séchées à 100° C à l'étuve montrent une évolution du diagramme X, caractérisée par un déplacement des raies d_1 et d_2 respectivement vers 6,9 et 3,5 Å et par l'apparition de deux nouvelles raies faibles, l'une à 3,1 Å et l'autre à 2,1 Å. Ce comportement semble indiquer que l'hydroaluminate de cuivre est constitué de feuillets qui peuvent être écartés par l'eau incorporée dans la préparation.

CHIMIE MINÉRALE. — *Les transformations allotropiques du strontium.* Note (*) de M. **Émile Rinck**, présentée par M. Louis Hackspill.

L'étude par l'analyse thermique, la résistivité électrique, la thermoélectricité différentielle et par la dilatation d'un échantillon de strontium pur redistillé permet de conclure à l'existence de trois variétés allotropiques avec points de transformation à 235 et 540° C.

Contrairement à ce qui se passe pour le calcium et le baryum, l'existence de variétés allotropiques du strontium ne semble pas avoir été établie avec certitude. En 1939, Van Arkel (1) signale deux variétés, mais sans indiquer de température de transformation. En 1949, Cubicciotti et Thurmond (2) ont observé sur des courbes de refroidissement de Sr un temps d'arrêt à 589° C qu'ils attribuent à une transformation. Nous avons repris l'étude du strontium en vue de préciser le nombre et les domaines de stabilité de ses variétés.

Du Sr métallique, mis à notre disposition par la Compagnie Péchiney, a été purifié par double distillation fractionnée dans le vide. Ce métal exclusivement manipulé sous argon pur, fut soumis aux déterminations suivantes :

1° *Analyse thermique.* — Nous avons enregistré des courbes de refroidissement et d'échauffement du Sr fondu sous argon. On observe deux paliers, l'un situé entre 770 et 768° C, correspondant à la température de solidification, l'autre, plus petit, à 540-541° C. Signalons toutefois que sur une seule courbe obtenue en 1931, nous avons trouvé un palier à 563° C, le palier de solidification restant à 768° C.

2° *Résistivité électrique.* — Selon une méthode décrite antérieurement (3),

(*) Séance du 4 février 1952.

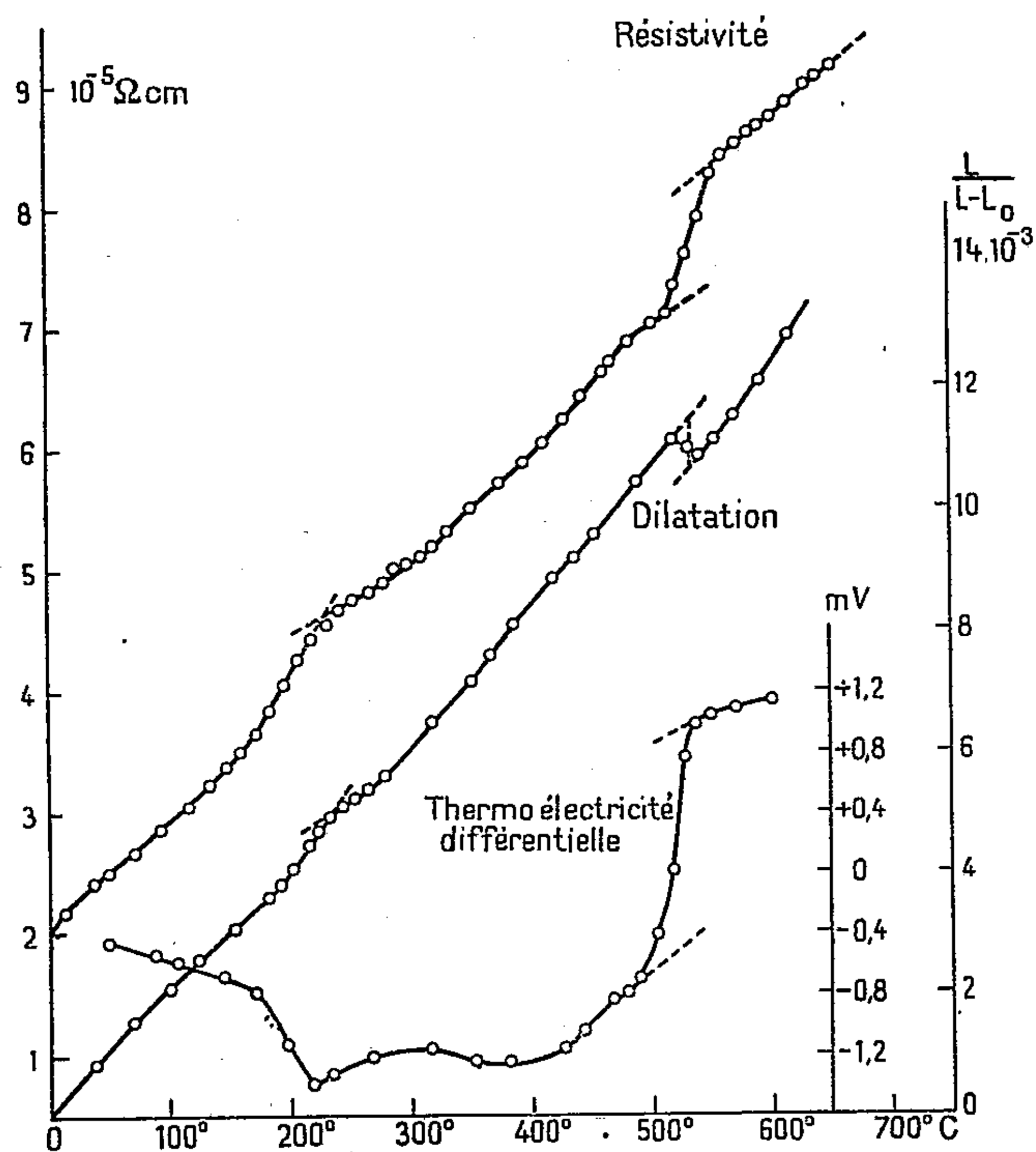
(1) *Reine Metalle*, Berlin, 1939, p. 132-138.

(2) *J. Amer. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 2149-2153.

(3) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 421 et 193, 1931, p. 1328; *Ann. Chim.*, 18, 1932, p. 101 et suiv.

nous avons fabriqué un cylindre de Sr par coulée dans un tube de fer préalablement décarburé. Le fer est enlevé au tour sur une longueur de 10 cm. Le cylindre obtenu est muni de conducteurs d'amenée de courant ainsi que de colliers à vis coniques permettant des mesures de potentiel entre deux points. La température du métal est mesurée à l'aide d'un couple dont la gaine de protection a été introduite dans le cylindre de Sr pendant la coulée. Le cylindre ainsi monté est enfermé sous argon dans un tube en Pyrex, lui-même placé dans un four électrique. On fait passer à travers la barre de Sr un courant constant de 1 A et l'on compare la différence de potentiel qui s'établit entre les colliers de contact à celle que le même courant crée aux bornes de mΩ étalon.

Dans la figure ci-jointe nous avons reproduit une courbe résistivité-température, obtenue à l'échauffement de notre échantillon de Sr. Cette courbe montre une brisure à 235° C et à 535/40° une discontinuité, corres-



pondant à un brusque accroissement de $10^{-5}\,\Omega$-cm. Les phénomènes sont parfaitement réversibles au refroidissement, avec cette différence que la brisure à 235° C est d'autant plus déplacée vers les températures inférieures que la vitesse de refroidissement est plus grande.

3° *Thermoélectricité différentielle.* — En raison de la dissymétrie des masses de fer se trouvant à chaque extrémité du cylindre de Sr, une force

thermoélectrique se développe à l'échauffement et au refroidissement; il faut en tenir compte lors des mesures de résistance. Mais la courbe donnant les valeurs de cette f. é. m. présente une brisure à 235° C et une discontinuité avec inversion de signe à 530° C (*figure*).

4° *Dilatation.* — Nous avons déterminé au dilatomètre de Chévenard l'allongement en fonction de la température d'une baguette de Sr prélevée sur le cylindre ayant servi aux mesures précédentes. La construction de notre dilatomètre ne nous a pas permis de préserver entièrement l'échantillon de l'attaque par l'air. Malgré cela le dilatogramme obtenu, reproduit dans la figure, accuse un point anguleux à 235° C et une brusque contraction de $0,9.10^{-3}$ à 535° C.

Conclusion. — Tous ces résultats permettent de conclure à l'existence de trois variétés allotropiques du strontium : l'une que nous appelons Srα, stable jusqu'à 235° C, à structure cubique à faces centrées; le Srβ, stable de 235° à 540° C et le Srγ, stable de 540° à 770° C (température de fusion); la structure des variétés β et γ étant encore inconnue.

Le Ca et le Sr existant, tous les deux, sous trois variétés allotropiques, il semble probable qu'il en soit de même pour le baryum dont on ne connaît actuellement que deux variétés. Une étude dans ce sens est en cours.

Remarque. — Lors des opérations de montage du cylindre de Sr, opérations que nous avons dû effectuer à l'air, nous avons constaté un fort échauffement du métal dû à l'action de N_2 et O_2. Des observations ultérieures nous font penser que des traces de nitrure ont pu diffuser sur une certaine profondeur vers le centre de la barre. Il n'est pas impossible que les valeurs absolues des constantes physiques indiquées sur le graphique, ainsi que les températures de transformations en soient légèrement affectées. Nous essayons actuellement de préciser ces grandeurs à l'aide d'un nouveau dispositif.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la structure électronique du carbone dans les composés hétérocycliques (série du thiofène).* Note de Mme **Pauline Ramart-Lucas** et M. **Joseph Hoch**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

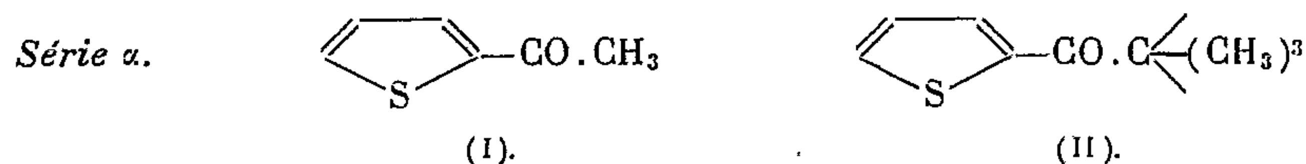
Poursuivant les recherches entreprises par l'un de nous, avec divers collaborateurs [1], [2], [3], sur l'étude de la structure électronique du carbone dans les corps possédant un hétérocycle pentagonal, au moyen de l'analyse spectrale, nous avons mesuré l'absorption des acétothiènones α(I) et β(III)

---

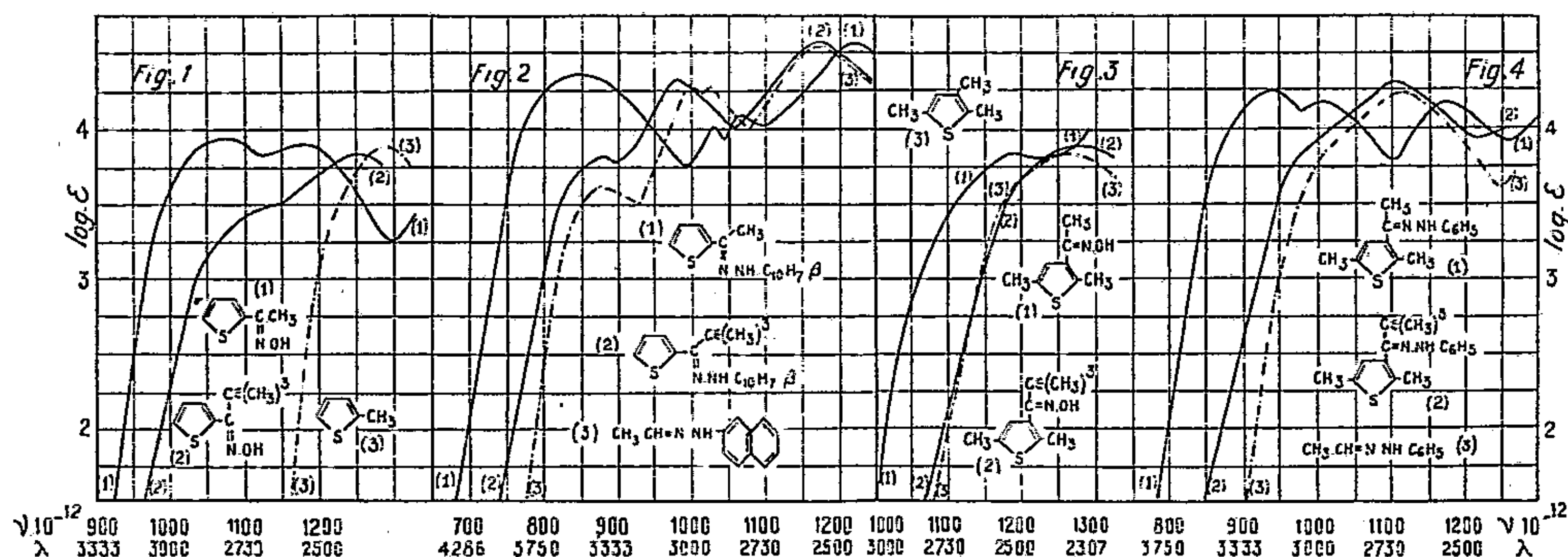
[1] Mme Ramart-Lucas, M. Hoch et Klein, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 336.
[2] Mme Ramart-Lucas et M. Roch, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 843.
[3] Mme Ramart-Lucas et M. Martynoff, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 517 et 1619.

et des triméthylacétothiènones α(II) et β(IV), ainsi que celle de leurs oximes, semicarbazones et phényl (ou β-naphtylhydrazones).

Série α.

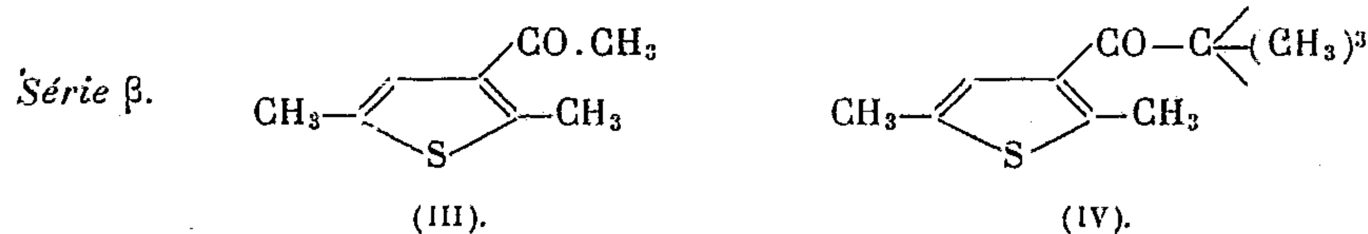


Les résultats obtenus montrent que, dans l'α-acétothiènone (I) et tous ses dérivés azotés, un « *couplage* » très important s'exerce entre l'hétérocycle et la fonction (voir *fig.* 1, courbe 1, la courbe de l'oxime et *fig.* 2, courbe 1 celle de la β-naphtylhydrazone). Tous ces composés ont la forme « *absorbante* ». Leurs spectres diffèrent entièrement de celui de l'α-méthylthiofène (*fig.* 1, courbe 3) pour l'oxime et de l'acétaldéhyde-β-naphtylhydrazone (*fig.* 2, courbe 3) dans le cas de la β-naphtylhydrazone.



Si, dans chacun de ces corps, on remplace CH_3 par un groupe pseudobutyle, on constate que le « *couplage* », entre la fonction et l'hétérocycle, diminue progressivement quand on passe de la cétone (II) à son oxime (*fig.* 1, courbe 2) puis à sa semicarbazone, pour devenir sensiblement nul dans sa β-naphtylhydrazone (*fig.* 2, courbe 2), laquelle possède la forme « *transparente* ». Son spectre est en effet très voisin de celui de l'acétaldéhyde-β-naphtylhydrazone (*fig.* 2, courbe 3). Il est intéressant d'observer que le groupe naphtyle, bien que séparé du carbone fonctionnel par deux atomes d'azote, renforce considérablement l'effet stérique du radical $-C(CH_3)^3$.

Série β.



Nous n'avons pu encore réaliser la synthèse des combinaisons non méthylées en α. D'après leurs spectres, la méthylcétone (III) et tous ses dérivés azotés ont la forme « *absorbante* ». Le « *couplage* » qui se produit dans chacun de ces corps, entre les deux chromophores, est moins important que celui qui se manifeste dans leurs isomères respectifs α (sans doute par suite de la présence des CH_3 en α) (voir *fig.* 3, courbe 1, la courbe de la diméthyl-2.5 acétothiènone-oxime et *fig.* 4, courbe 1, celle de la diméthyl-2.5 acétothiènone-phénylhydrazone).

L'effet stérique, dû à la présence du groupe tert.butyle dans les dérivés azotés de la cétone (IV), provoque la disparition complète du « *couplage* » entre l'hétérocycle et la fonction, exactement comme dans les séries benzénique et pyridinique. Le spectre de chacun d'eux se superpose en effet pratiquement à celui d'un mélange équimoléculaire de triméthyl-2.3.5. thiofène et d'une molécule ayant le spectre « *limite* » de la fonction présente.

C'est ainsi que la courbe d'absorption de la diméthyl-2.5-triméthyl-acéthothiènone-oxime (*fig.* 3, courbe 2) est très voisine de celle du triméthyl-thiofène (courbe 3) (l'absorption « *limite* » de la fonction oxime étant très faible n'apporte aucun changement notable à celle du noyau). C'est encore ainsi que le spectre de la triméthylacétothiènone-phénylhydrazone (*fig.* 4, courbe 2) est tout à fait semblable à celui de l'acétaldéhyde phényl-hydrazone (courbe 3) (le spectre « *limite* » de l'hétérocycle étant ici masqué par celui de la fonction).

En définitive, l'analyse spectrale des dérivés azotés des cétones α (I) et (II) a permis d'établir que le carbone α du thiofène ne se comporte comme un carbone benzénique que dans la β naphtylhydrazone de la cétone (II). Il semble donc que cet élément ne prend dans cette série la structure électronique du graphite que lorsque le carbone fonctionnel est lié à une chaîne ramifiée et qu'il est engagé dans un groupe β.naphtyl-hydrazonique.

Par contre, si la fonction azotée est liée au carbone β, tout se passe exactement comme dans les séries benzénique et pyridinique. Quelle que soit la nature de la fonction azotée, la présence, sur le carbone fonctionnel, d'un groupe tert.butyle suffit à supprimer tout « *couplage* » entre la fonction et l'hétérocycle. Tous les dérivés de la cétone (III) ont la forme « *absorbante* », alors que ceux de la cétone (IV) sont « *transparents* ». On peut en déduire que le carbone β est graphitique.

Il reste à connaître (et les recherches sont poursuivies en ce sens) l'influence exercée sur le phénomène par le groupe CH_3 en α.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Structure de la mayumbine.* Note de MM. **Maurice-Marie Janot**, **Robert Goutarel** et Mlle **Jacqueline Massonneau**, transmise par M. Marcel Delépine.

La mayumbine considérée comme un isomère de la δ-yohimbine, possède effectivement comme celle-ci un hétérocycle oxygéné porteur d'un groupe CH_3 angulaire et d'une fonction ester méthylique α-éthylénique. L'obtention d'alstyrine par déshydrogénation sélénique, ainsi que les spectres ultraviolet et infrarouge confirment cette isomérie.

La formule brute et quelques constantes de la mayumbine, alcaloïde isolé ([1]) des écorces d'une Rubiacée-Cinchonée : *Pseudocinchona mayumbensis* R. Hamet (*Pausinystalia mayumbensis* Good) viennent d'être précisées ([2]).

Répondant à la formule $C_{21}H_{24}O_3N_2$, cet alcaloïde se présente comme un isomère de la δ-yohimbine dont la constitution vient d'être établie par l'un de nous avec A. Le Hir ([3]). La présente Note démontre cette isomérie.

La mayumbine F 216°; $[\alpha]_D^{20°}$ — 68° (pyridine, $c=1$) est monobasique. Elle cristallise en belles aiguilles prismatiques, peu solubles dans les alcools méthylique et éthylique. Le chlorhydrate $C_{21}H_{24}O_3N_2$, ClH bien cristallisé est fusible à 293-294°; $[\alpha]_D^{20°}$ — 96° (méthanol, $c=0,56$), il est soluble dans le chloroforme.

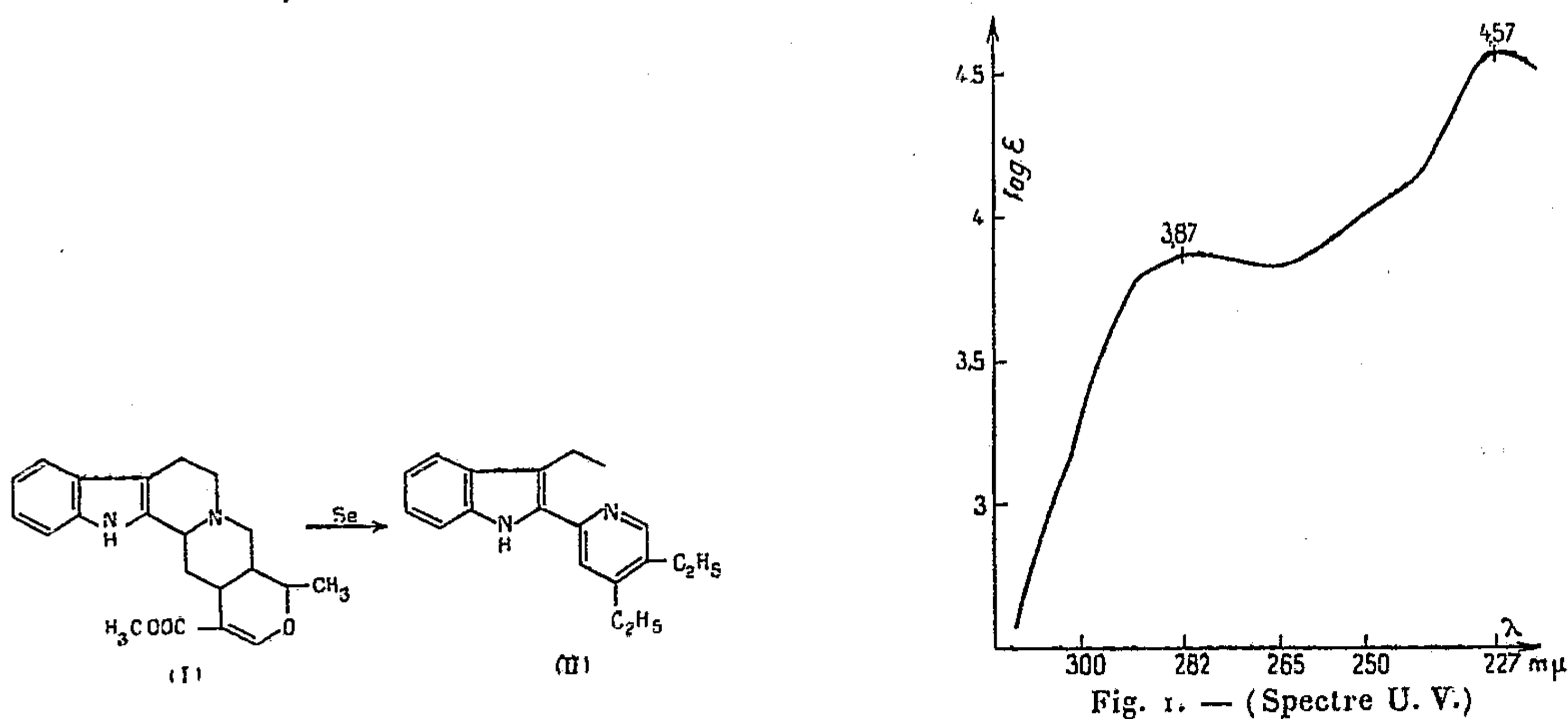


Fig. 1. — (Spectre U. V.)

Base faible (pK 5,85) la mayumbine renferme un OCH_3 (trouvé 8,89 % ; calculé 8,86), un hydrogène mobile (trouvé 0,39 % ; calculé 0,28 %).

L'oxydation chromique selon Kuhn-Roth donne 0,8 équivalent CH_3COOH, ce qui révèle la présence d'un groupe $C—CH_3$.

([1]) Raymond-Hamet, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2354. Produit remis par l'auteur.

([2]) Raymond-Hamet, et R. Goutarel, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 431.

([3]) R. Goutarel et A. Le Hir, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 18, 1951, p. 909-911.

La déshydrogénation sélénique conduit à l'alstyrine (II) isolée sous forme de son picrate F 213-214° [pas d'abaissement du point de fusion du mélange avec une préparation témoin ([4])].

Le spectre ultraviolet (*fig.* 1) (en solution alcoolique, spectrophotomètre de Beckman), présente les deux maximums des dérivés α-β substitués de l'indol : λ 227 mμ (log ε 4,57). λ 282 mμ (log ε 3,87), ainsi qu'une absorption dans la région de 250 mμ apparentant ce spectre à ceux de la corynanthéine ([4]), de la δ-yohimbine ([3]) et de la tétrahydroalstonine ([5]), absorption que deux de nous ont récemment attribuée à l'enchaînement ROOC — C̲ = C̲ — OR.

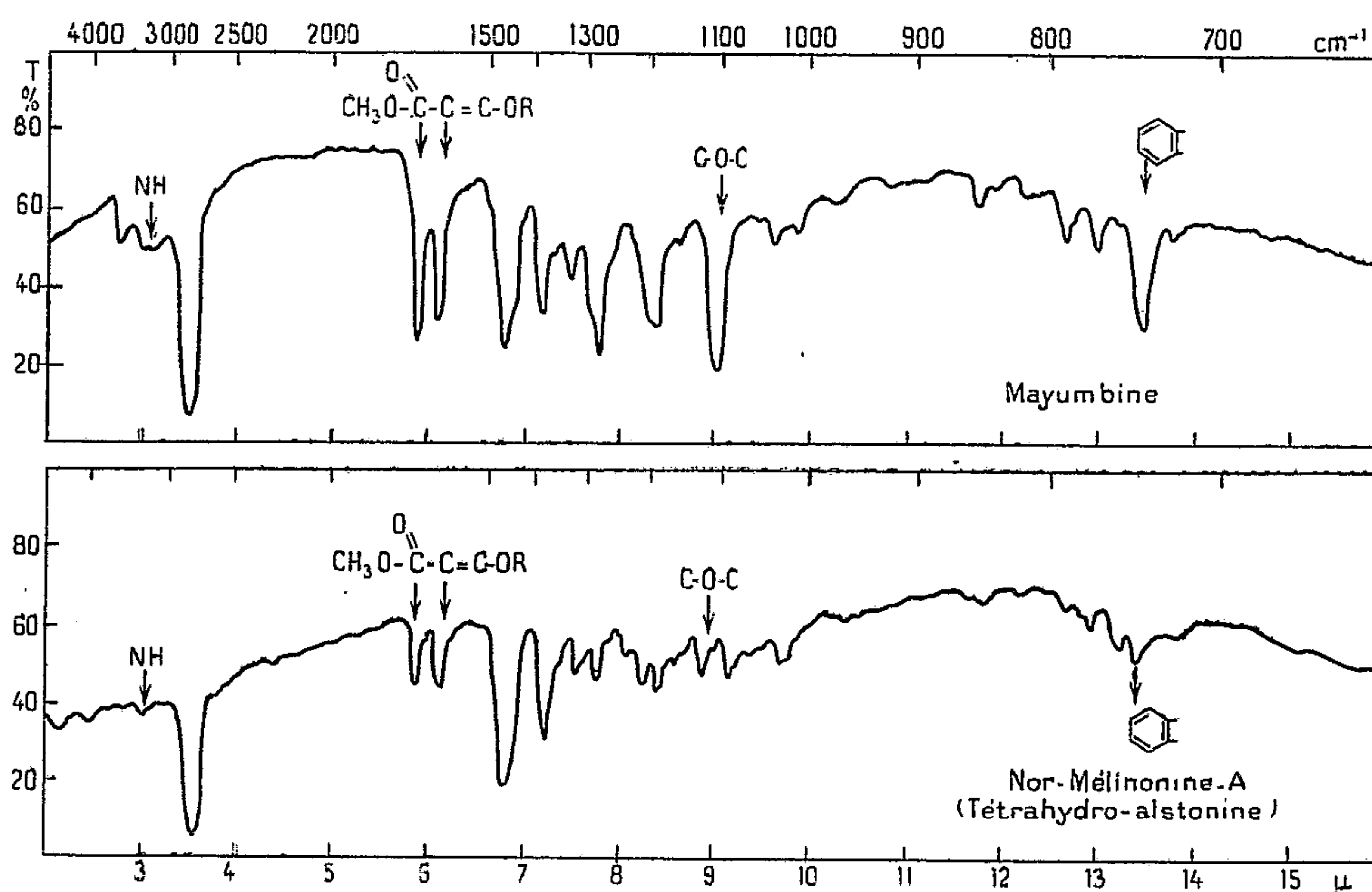


Fig. 2. — (Spectre I. R.)

Le spectre I. R. (déterminé par H.-H. Günthard; spectrographe de Baird) confirme ce point de vue (*fig.* 2). Comme ceux de la corynanthéine ([4]), de la δ-yohimbine ([3]) et de la nor-mélinonine A ([5]) (due à M. Schlittler (*fig.* 2) [tout récemment identifiée à la tétrahydroalstonine ([6])], il montre deux bandes vers 5,9 μ et 6,2 μ qui peuvent être rapportées au chromophore



$$H_3C-OOC-\overset{|}{C}=\overset{|}{C}-OR.$$

Conclusion. — Les faits ici résumés permettent d'attribuer à la mayumbine $C_{21}H_{24}O_3N_2$, F 216°, $(\alpha)_D$ —68° (py.) alcaloïde pentacyclique, la formule (I) qui en fait un isomère de la δ-yohimbine et de la tétrahydroalstonine.

([4]) M.-M. Janot et R. Goutarel, *Bull. Soc. Chim.*, (5), **18**, 1951, p. 588-602.

([5]) E. Schlittier et J. Hohl, *Helv.*, **35**, 1952, p. 29-45.

([6]) R.-C. Elderfield et A.-P. Gray, *J. Org. Chem.*, **16**, 1951, p. 506-523.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Le phényl-10 cœrthiène.* Note (*) de M. **Robert Panico**, présentée par M. Charles Dufraisse.

La phénylation du cœrthionol conduit à un diol doué, en raison de sa structure thioxanthénique, de propriétés halochromes marquées. La réduction de ce diol donne le phényl-10 cœrthiène dont le comportement photochimique a été étudié.

Decker et Würsch ([1]) ont décrit la cyclisation de la phénylthio-1 anthraquinone I en sel de cœrthionium II au moyen de l'acide sulfurique. En traitant ce sel par une base, ces auteurs ont obtenu le cœrthionol III qui, après recristallisation dans le benzène fondait vers 220° avec décomposition. J'ai repris ce travail, la quinone I étant devenue d'un accès facile grâce à une méthode que j'ai indiquée dans une précédente Note ([2]). J'ai retrouvé les résultats annoncés par Decker et Würsch, sauf toutefois en ce qui concerne le point de fusion : le cœrthionol, par cristallisation dans le benzène, donne en réalité un solvate, se décomposant sur bloc vers 220°. Par chauffage dans le vide vers 50°, le solvate est détruit, conduisant à un produit F_{inst} 233°.

Par action du bromure de phénylmagnésium sur le cœrthionol, il se forme le dihydroxy-9.10 phényl-10-cœrthianne : $C_{20}H_{18}O_2S$, IV, cristaux incolores, F_{inst} 234-235°. Il n'a été isolé dans cette réaction qu'un seul des stéréoisomères attendus. Ce diol présente la particularité de donner très facilement des sels violet foncé, V, avec les acides, même faibles comme l'acide acétique, alors que le cœrthionol exige des acides forts. Une halochromie semblable a déjà été signalée dans la série du cœroxène ([3]).

Les courbes d'absorption dans le visible et l'ultraviolet ont été déterminées pour le cœrthionol et le diol IV, dans l'alcool, puis pour la forme colorée V, dans l'acide acétique. Cette dernière forme présente des maxima d'absorption à 2590, 2960, 3925 et 5560 Å.

La réduction du dihydroxy-9.10 phényl-10 cœrthianne par le trichlorure de titane en milieu acétique conduit au phényl-10 cœrthiène : $C_{26}H_{16}S$, VI, cristaux orangés, F_{inst} 177-179°. Cette opération doit être conduite à l'obscurité en raison de la sensibilité du produit à l'action de la lumière.

La comparaison des courbes d'absorption du phényl-10 cœrthiène d'une part et du diphényl-9.10 anthracène d'autre part, met en évidence, outre un effet bathochrome important, une altération du spectre : les bandes caractéristiques de la structure anthracénique ont disparu, faisant place à une large bande, qui présente un maximum à 4570 Å.

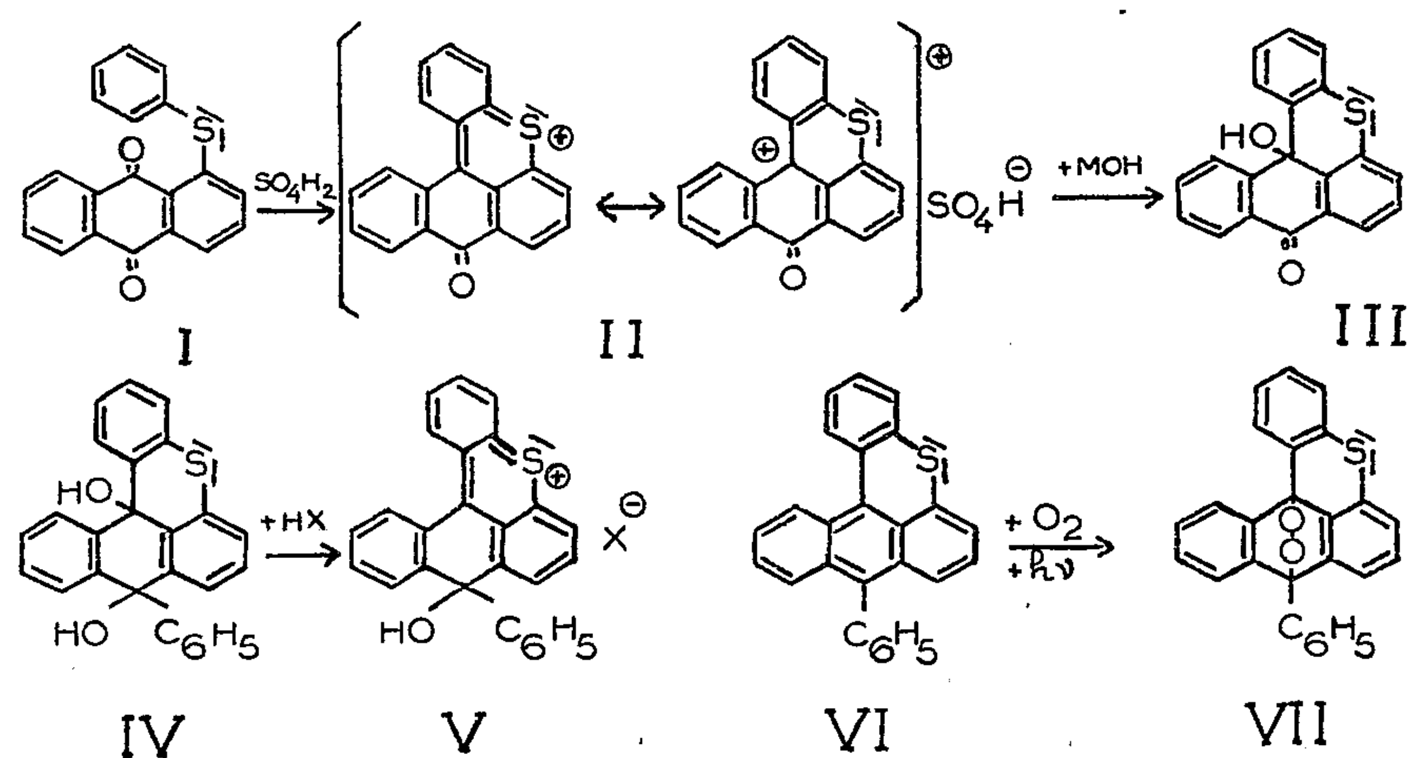
(*) Séance du 11 février 1952.

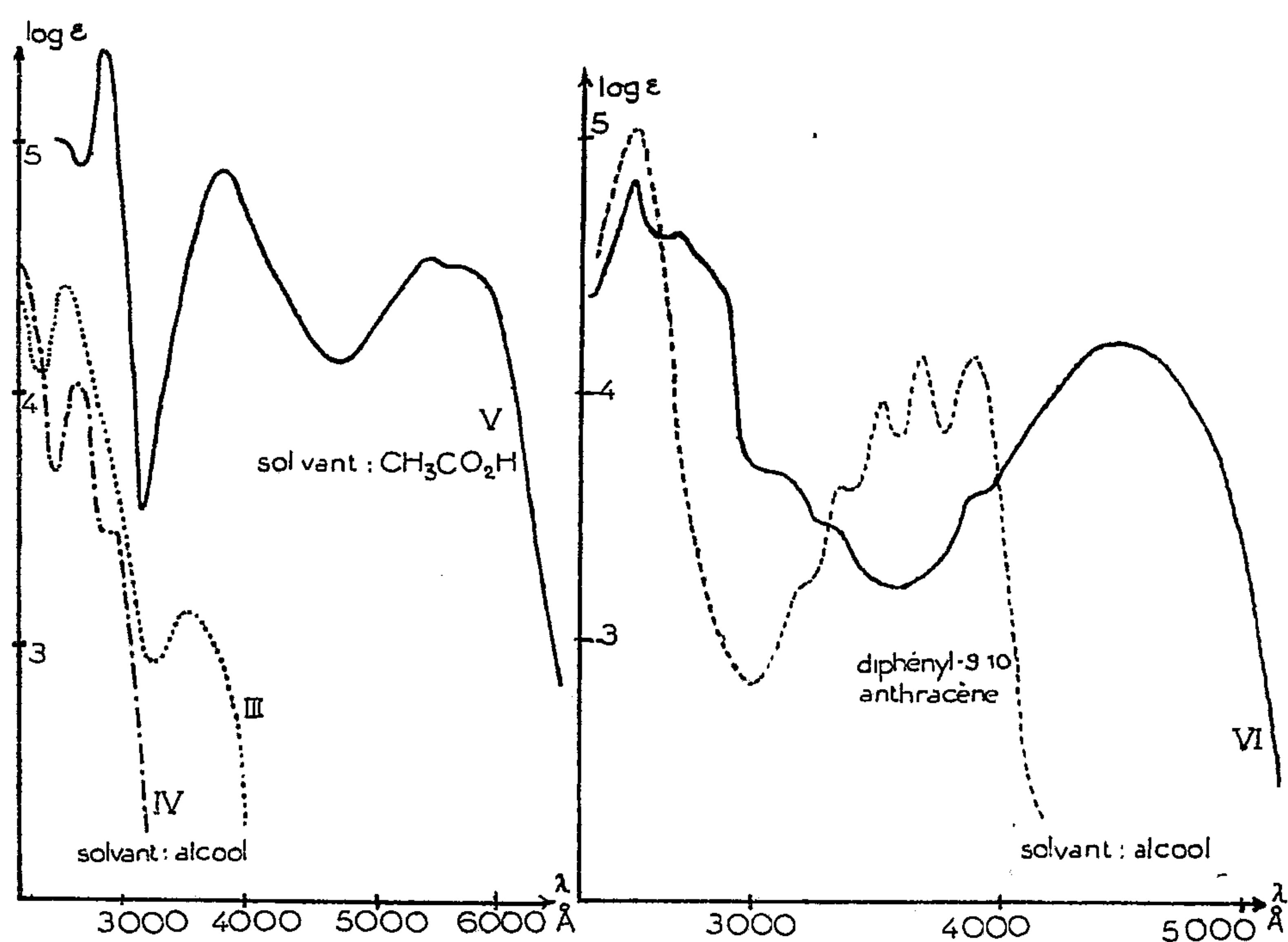
([1]) *Ann. Chem.*, 348, 1906, p. 239.

([2]) R. Panico, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 659.

([3]) Ch. Dufraisse et J. Baget, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 148.

Le phényl-10 cœrthiène n'en présente pas moins une propriété caractéristique des molécules anthracéniques : la photooxydation. La solution à $0{,}5\,^0/_{00}$ dans le sulfure de carbone, insolée pendant environ 3 minutes, se décolore en donnant le photooxyde : $C_{26}H_{16}O_2S$, VII, F_{inst} 256-259° (avec décomposition).





Chauffé lentement, celui-ci se dissocie vers 150° avec restitution de 95 % de son oxygène et régénération du phényl-10 cœrthiène accompagnée d'une très légère résinification.

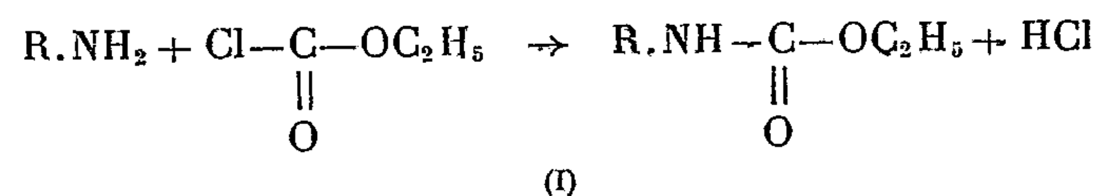
Ces résultats sont à rapprocher de ceux qu'ont obtenus Ch. Dufraisse et J. Baget (4) avec le phényl-10 cœroxène en ce qui concerne la grande photosensibilité de la substance, mais ils en diffèrent quant à la thermolyse du photooxyde : celle-ci est plus régulière dans le cas du phényl-10 cœrthiène que dans celui du phényl-10 cœroxène, où le photooxyde ne libère que 50 % de son oxygène à côté de 20 % d'anhydride carbonique, témoin d'une attaque profonde de la molécule.

L'hétérocyclisation hexagonale supplémentaire a pour effet de faciliter l'entrée de l'oxygène dans la molécule diarylanthracénique. La présence de l'atome de soufre semble plus favorable à la restitution de l'oxygène photooxydique que celle d'un atome d'oxygène, alors que dans le cas des éthers et thioéthers mésodiphénylanthracéniques β c'est l'inverse qui se produit (5).

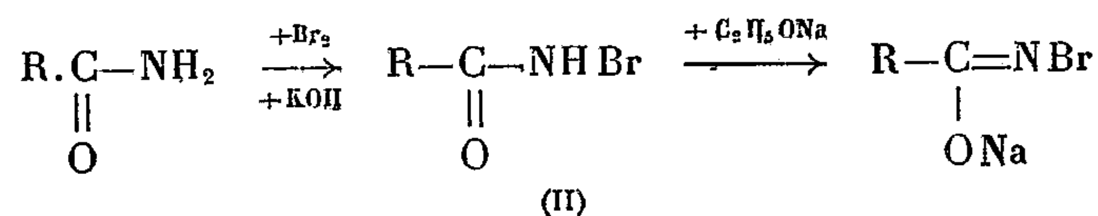
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les alcoyl- et acidyl-uréthanes*. Note de MM. **Henry Gault** et **Georges Zilberstein**, transmise par M. Charles Mauguin.

L'objet de cette Note est d'exposer quelques-uns des résultats que nous avons obtenus au cours de recherches sur la préparation des alcoyl- et acidyl-uréthanes.

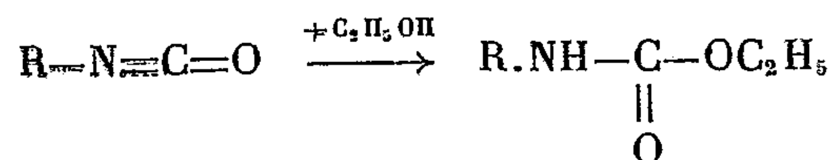
Alcoyluréthanes. — On les prépare le plus généralement soit par combinaison directe de l'ester chlorocarbonique avec les amines (I), soit, par la méthode de Ch. Mauguin (1), en faisant réagir l'éthylate de sodium en solution alcoolique sur les N-bromamides (II).



$$R.NH_2 + Cl-C(=O)-OC_2H_5 \rightarrow R.NH-C(=O)-OC_2H_5 + HCl \qquad (I)$$



$$R.C(=O)-NH_2 \xrightarrow[+KOH]{+Br_2} R-C(=O)-NHBr \xrightarrow{+C_2H_5ONa} R-C(ONa)=NBr \qquad (II)$$



$$R-N=C=O \xrightarrow{+C_2H_5OH} R.NH-C(=O)-OC_2H_5$$

La première méthode est d'une application difficile, pour certains laboratoires tout au moins.

(4) Ch. Dufraisse et J. Baget, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 47.
(5) R. Panico, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 719.

(1) *Ann. de Phys. et de Chim.*, 8e série, 22, 1911, p. 297.

La deuxième méthode qui comporte deux phases successives : préparation des N-bromamides par bromuration des amides en milieu alcalin, puis fixation de l'alcool sur les esters isocyaniques résultant de la transposition des N-bromamides formés est, de ce fait, lente et, d'autre part, assez ardue en raison des difficultés que représentent l'extraction et le séchage du bromacétamide.

Nous avons cherché et nous sommes parvenus à la simplifier dans le cas du méthyluréthane en réunissant les deux phases en une seule, c'est-à-dire en faisant réagir le brome sur une solution alcoolique d'acétamide et d'éthylate de sodium.

Voici les conditions expérimentales auxquelles nous nous sommes arrêtés :

On dissout 23 g (1 atome) de sodium dans 400 cm^3 d'alcool absolu et, d'autre part, 29,5 g (0,5 mol) d'acétamide dans 100 cm^3 d'alcool. On mélange les deux solutions et, après refroidissement on verse 80 g (0,5 mol) de brome en agitant. Il se forme immédiatement un dépôt de bromure de sodium. A la fin de l'addition du brome, la réaction tend à devenir très violente du fait de la forte exothermicité des deux réactions consécutives de formation du N-bromacétamide et de la fixation de l'alcool éthylique sur l'ester isocyanique résultant de la transposition du bromamide. Il importe, à ce moment, de refroidir extérieurement afin d'éviter que l'acétamide non entré en réaction se fixe lui-même sur l'ester isocyanique en donnant naissnace à l'*acétylméthylurée*. L'addition de brome terminée, on essore le bromure de sodium et dilue le filtrat avec 250 cm^3 d'éther. Il se forme un nouveau précipité de bromure de sodium que l'on filtre. La solution étheroalcoolique est évaporée et, après séparation d'une faible quantité de bromure de sodium qui s'est encore déposée, le résidu liquide est distillé. On recueille une fraction principale E 76-77° (20 g), qui est constituée par le méthyluréthane.

La durée totale d'une opération est de 6 à 8 h. Le rendement est de 40 %.

Acidyluréthanes. — Le procédé le plus simple que l'on trouve décrit dans les publications pour la préparation des acidyluréthanes consiste à soumettre à une digestion prolongée, à une température voisine de 100°, le mélange des uréthanes avec l'anhydride acétique. Nous avons reconnu que l'acylation pouvait se faire beaucoup plus rapidement et à la température ordinaire en présence d'une petite quantité d'acide sulfurique concentré. La réaction s'amorce elle-même ou après un léger chauffage au bain-marie.

Le mode opératoire est particulièrement simple. Exemple : on mélange dans un ballon surmonté d'un réfrigérant, 89 g (1 mol) d'uréthane et 112 g (1 mol + 10 %) d'anhydride acétique et l'on ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique 66 B. Après quelques minutes, la température s'élève

rapidement vers 80°, tandis que l'uréthane se dissout. Par refroidissement, l'acéthyluréthane se prend en masse cristalline.

Le rendement en acétyluréthane F 76-77° est de 75 à 80 %. Nous avons préparé, dans les mêmes conditions, l'acétylméthyluréthane avec un rendement de 70-75 %.

Essai de préparation de diacidyluréthanes. — Il ne semble pas qu'il ait, jusqu'à présent, été possible de préparer les diacidyluréthanes, par exemple le diacétyluréthane, par acidylation directe à l'aide d'anhydride acétique. Nous nous sommes proposé d'étudier un mode d'acidylation en deux stades successifs, correspondant, le premier, à la préparation du dérivé monoacidylé et le deuxième à l'introduction du groupe acidyle complémentaire par combinaison d'un sel alcalin de ce dérivé monoacidylé avec un chlorure d'acide. Nous décrivons ci-après l'un de nos essais.

On fait réagir en proportions stœchiométriques la potasse alcoolique sur une solution alcoolique de monoacéthyluréthane. Le dérivé potassé précipite immédiatement sous forme d'une pâte fluide blanche et peut être isolé à l'état solide par essorage, lavage à l'éther et séchage dans le vide.

On forme une suspension benzénique de ce dérivé potassé et l'on ajoute à froid, goutte à goutte, une solution de chlorure d'acétyle. On note un léger échauffement et la séparation de chlorure de potassium sous forme d'une gelée colloïdale transparente. On essore et on distille le benzène. Le résidu huileux à odeur « piquante » est soumis à une série de fractionnements méthodiques qui nous ont permis de caractériser de l'acétate d'éthyle, de l'anhydride acétique et de l'acéthyluréthane et, d'autre part, de recueillir une très petite fraction de distillation passant entre 193-199° qui nous paraît être constituée par de l'ester acétylacétique (coloration rouge avec le perchlorure de fer).

Nous continuons ces recherches et donnerons, dans une Note ultérieure, les interprétations des résultats que nous avons obtenus jusqu'à présent.

GÉOLOGIE. — *Relations tectoniques entre la Biscaye et la province de Santander* (*Espagne*). Note de M. **Pierre Rat**, présentée par M. Paul Fallot.

Depuis le Sud des Pyrénées basques jusqu'au Massif primaire des Asturies s'étend, à travers la Biscaye et la province de Santander, une zone anticlinale où domine le Crétacé inférieur et dans laquelle l'intensité des plissements diminue à mesure que l'on s'éloigne des Pyrénées vers l'Ouest. Dans sa partie moyenne, comprise sensiblement entre le méridien de Durango à l'Est et celui de Santander à l'Ouest, deux unités structurales peuvent être distinguées. Leur limite commune se situe au voisinage du méridien passant par Castro-Urdiales et Valmaseda.

1° *La zone anticlinale de Bilbao* traverse obliquement la Biscaye, des environs de Durango à l'embouchure du rio Nervion. Elle est formée d'un faisceau de plis parallèles, orientés SE-NW et disposés de façon dissymétrique.

L'anticlinal principal, débutant au Sud d'Elorio, se suit dans toute la province jusqu'aux Monts de Galdames. Son flanc sud est une très puissante série monoclinale, à plongement doux [1], qui forme le soubassement des larges synclinaux tertiaires de Villarcayo et de Miranda de Ebro. Sur son côté nord, des plis serrés dont la continuité est beaucoup moindre se succèdent jusqu'au synclinal nummulitique de Guecho. Les terrains sont parfois redressés à la verticale. Cette structure est bien visible autour de Bilbao et à l'Ouest de la ria du Nervion, dont la disposition et la forme ont été commandées par l'orientation et le très fort plongement des terrains.

2° *La région infra-crétacée santandérine*, qui fait suite vers l'Ouest, correspond à une vaste couverture sous laquelle s'enfonce, près de Villacarriedo, l'anticlinal primaire et permo-triasique de l'Escudo de Cabuerniga, prolongement du Massif des Picos de Europa et rameau le plus oriental du Massif asturien. Elle s'oppose à la Biscaye :

a. par l'allure de ses plis, lâches et souvent réduits à de simples ondulations;

b. par leur orientation Est-Ouest, prolongeant celle des terminaisons nord-est du Massif asturien;

c. par l'importance des calcaires urgoniens qui forment de grandes masses souvent faillées.

Passage de la Biscaye à la région santandérine. — Les deux unités structurales qui viennent d'être décrites se rejoignent sur le méridien de Castro-Urdiales et de Valmaseda, suivant une zone de tectonique indécise. Il n'y a pas de continuité nette de l'une à l'autre :

— Au Nord, les plis bordant le Nervion se perdent sous la mer.

— Le long de la côte, ceux de la région de Sommorostro sont séparés de l'anticlinal de Castro-Urdiales par un étroit synclinal Nord-Sud.

— Au centre, l'anticlinal des Monts de Galdames accuse une légère flexion de son axe vers l'Ouest, s'élargit et fait place à une zone faiblement ondulée sans lignes directrices précises. De même l'anticlinal de style santandérin du Val de Carranza disparaît vers l'Est avant d'arriver à la hauteur de Valmaseda.

Accidents NW-SE. — Au Sud, la série monoclinale tourne autour de Valmaseda, enveloppant une avancée du synclinal qui s'étend jusqu'au

[1] *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2115.

tertiaire de Villarcayo et de Miranda de Ebro. Dans cette région d'aspect tranquille, l'alignement des trois diapirs triasiques de Murguia (Alava), d'Orduña (Biscaye) et du Val de Mena (Burgos), suivant une droite SE-NW parallèle aux plis de Biscaye, traduit certainement un trait de structure profonde. Il est remarquable que cette ligne prolonge la terminaison orientale permo-triasique de l'anticlinal de l'Escudo de Cabuerniga et que, plus loin vers le Sud-Est, elle passe également par le diapir d'Estella (Navarre).

Dans la région infra-crétacée santandérine, existent aussi des accidents d'orientation « biscayenne » qui paraissent avoir une signification différente de celle des failles locales, diversement orientées, dans les calcaires à faciès urgonien. Le plus important est l'ensemble de cassures qui, près de Ramales, relève brusquement les calcaires urgoniens alors qu'ils s'enfonçaient vers le Nord-Est sous le rio Ason (environ 80 m d'altitude) pour les porter, 3 km plus loin, à une altitude de plus de 900 m dans le Monte del Infierno.

Accidents Nord-Sud. — En outre, aux plis des régions de Biscaye et de Santander se superposent, de façon indépendante, des accidents parfois brutaux orientés sensiblement Nord-Sud. Le plus typique est celui qui, de Ramales à Laredo, fait affleurer le Trias et le Lias au milieu du Crétacé inférieur; la ria de Santoña lui doit son développement. En Biscaye, un accident semblable coïncide avec la ria de Guernica (²).

En conclusion, *la Biscaye et la province de Santander ne se présentent pas comme le prolongement tectonique l'une de l'autre. La région infra-crétacée santandérine correspond à l'ennoyage définitif du dernier anticlinal asturien.* Son altitude, décroissante d'Ouest en Est, ainsi que son rétrécissement progressif vers l'Est qui permet l'avancée du Crétacé moyen au Nord jusqu'à Valmaseda, soulignent cette structure. *Contre la terminaison de la voûte infra-crétacée viennent s'accoler les plis de Biscaye, prolongeant les directions tectoniques sud-pyrénéennes.* La différence de style entre les deux régions accentue le contraste : les ondulations indécises, les cassures et les diapirs, en se substituant vers l'Ouest et le Sud-Ouest aux plis souples de Biscaye, traduisent sans doute l'influence de la rigidité du bâti primaire sur la couverture de terrains secondaires.

(²) J. Mendizabal et A. Comba, *Mapa geológico de España, Hoja de Bermeo*, nº 38, Madrid, 1949.

GÉOLOGIE. — *Observations sur le Crétacé supérieur de la zone des Khelas et de la sous-zone subatlasique méridionale* (*Sud marocain*). Note de M. **Henri Gauthier**, présentée par M. Paul Fallot.

La découverte d'une faunule d'Echinides et de Mollusques d'affinités maestrichtiennes apporte la preuve paléontologique d'ingressions marines dans la série laguno-continentale sénonienne et conduit à penser que les couches supérieures de cette série représentent au moins une partie du Maestrichtien.

Dans tout le secteur qui, en bordure méridionale des hautes chaînes de l'Atlas, s'étend, d'Ouest en Est, depuis l'Imini jusqu'au delà de l'oued Todra, on rapporte au Sénonien une série habituellement rouge, marno-gréseuse, localement conglomératique, contenant du gypse, et qui surmonte des calcaires fossilifères du Cénomano-Turonien. Jusqu'à ce jour, l'absence complète de fossiles n'a permis ni de lui attribuer un âge précis, ni d'en fixer exactement les conditions de dépôt. On la considère comme laguno-continentale parce que, à l'Est, elle passerait à un ensemble typiquement continental tandis qu'à l'Ouest, les influences marines se seraient fait sentir (présence de cargneules et de calcaires dolomitiques) jusque, semble-t-il, dans la région des oueds Ounila et Mellah (¹).

J'ai récolté quelques fossiles en deux points, à savoir :

a. Dans le Crétacé qui forme le socle des grands plateaux de calcaires éocènes appelés « Khelas », au Sud-Est d'Amerzgane, à proximité de la route de Marrakech à Ouarzazate (feuille Ouarzazate au 1/200 000ᵉ, coordonnées 333-446,5 km). Les affleurements sont ici subhorizontaux, en voici la coupe schématique, de bas en haut :

1. Grès calcaires, rougeâtres, fins, dont la base est masquée par les éboulis. Leur partie supérieure, de teinte jaune, bien litée a fourni, sur 0,50 m, des Gastéropodes et des Lamellibranches parmi lesquels A. Chavan a reconnu : *Pyrazus* sp., *Campanile* sp. et *Gobræus* (*Psammotæna*) aff. *duponti* Cossm..	20 m (?)
2. Grès roses ou blancs, d'abord fins et pulvérulents, puis grossiers et très consolidés dans les deux derniers mètres	5 à 6 m
3. Grès calcaires, blancs ou rosés, fins, plus compacts à la partie supérieure...	25 m
4. Calcaires à faune silicifiée avec lesquels débute l'Éocène	10 à 12 m

b. Au Sud-Ouest d'Assermo n'Aït el Herz (feuille Telouet au 1/200 000ᵉ 364,5-71 km) où le Crétacé supérieur est représenté par une série gréseuse subverticale, coupée de calcaires dolomitiques et de gypses, comprise entre les calcaires cénomano-turoniens, au Nord, et les premiers bancs de l'Éocène inférieur contenant la faune d'eau douce à *Pseudoceratodes* et *Ampullaria*,

(¹) G. Choubert et H. Salvan, *Notes et Mémoires du Serv. géol. du Maroc*, n° 74, 1950, p. 13-50.

au Sud ([2]). Dans des niveaux gréseux intercalés entre des gypses saccharoïdes, j'ai trouvé quelques Oursins qui paraissent devoir être rapportés au genre *Periaster*.

Ces fossiles témoignent d'un milieu marin littoral à tendances lagunaires. Ils apportent la preuve d'ingressions marines qui, venues de l'Ouest, se sont fait sentir, vers l'Est au delà de l'Oued Mellah puisque le gisement d'Assermo est situé à 25 km de la vallée de ce cours d'eau. Seules de nouvelles découvertes paléontologiques permettront de préciser la limite orientale des influences marines que le faciès paraît incapable de révéler.

Récemment ([2]), j'ai montré que, d'après les faunes, les calcaires qui surmontent l'ensemble marno-gréseux à gypse du Sénonien devaient être attribués à l'Éocène et non plus au Crétacé supérieur. Or, il se trouve que la faune d'Amerzgane, d'après A. Chavan, « indique un âge très élevé dans le Sénonien, probablement maestrichtien, sinon base du Danien, en tout cas vraisemblablement pas anté-Campanien supérieur ». Ainsi, le Maestrichtien pourrait, au moins partiellement, être inclus dans la série rouge dont l'extension vers le haut serait plus étendue qu'on ne la supposait.

A ce propos, rappelons qu'en 1939, E. Roch a signalé la présence, à Tafrent (feuille Telouet au 1/200 000, 382-77 km), dans un bloc récolté au bas d'une pente, de *Lepidorbitoïdes socialis* Leym.; de ce fait il avait déjà conclu à l'existence, en ce secteur, du Maestrichtien-Danien ([3]). Ces calcaires à *L. socialis* n'ont pas été retrouvés en place, mais on peut supposer que, formant localement des lentilles au sein d'une série essentiellement détritique, ils ont été érodés lors de l'émersion du Crétacé terminal, émersion prouvée par l'existence en de nombreux points d'une faune d'eau douce à *Pseudoceratodes* et *Ampullaria* d'âge éocène inférieur. Ainsi le Maestrichtien apparaît-il non pas lié à l'Éocène, comme on le croyait jusqu'à ce jour, mais plus sûrement à l'ensemble sénonien.

PÉTROGRAPHIE. — *Découverte de l'équivalent microlitique des fasinites (mandchourite) au Puy de Saint-Sandoux (Puy-de-Dôme)*. Note de M. **Robert Michel**, présentée par M. Charles Jacob.

A. Lacroix a décrit à Madagascar ([1]), sous le nom de *fasinite*, la forme cryptomorphe, non feldspathique, des théralites. Cette roche éruptive grenue comporte ([2]) 67 % d'augite titanifère, 15 % de néphéline, 5 % de biotite,

---

([2]) H. Gauthier, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 644.

([3]) E. Roch, *Notes et Mémoires du Serv. géol. du Maroc*, n° 51, 1939, p. 302 et 314-315.

([1]) *Minéralogie de Madagascar*, 1, 1922, p. 644-645.

([2]) Analyse volumétrique par W. E. Troger (in *Spezielle Petrographie der Eruptivgesteine*, 1935, p. 251) se rapportant à la fasinite dont je cite l'analyse chimique en C.

4 % d'olivine. Au calcul, elle est caractérisée par une quantité notable d'anorthite virtuelle.

Au Puy de Saint-Sandoux, où l'on connaît depuis longtemps des roches à néphéline ([3]), ([4]), je viens de découvrir une roche à faciès basaltique, analogue par sa composition minéralogique et chimique aux fasinites, mais différente par sa structure qui est microlitique. Il s'agit donc, dans la nomenclature d'A. Lacroix, d'une mandchourite, roche qui, à ma connaissance, n'a été décrite jusqu'à présent qu'en Mandchourie méridionale ([5]).

La mandchourite de Saint-Sandoux forme un filon d'un mètre de largeur qui traverse presque verticalement les pépérites à la base du versant sud-ouest de la colline. Son gisement a été décrit et même figuré par J. Giraud ([6]). Sa composition minéralogique est la suivante (volume pour-cent mesuré) : augite titanifère 54, néphéline 12, olivine 20, biotite 3,5, minerais et accessoires 4,5, verre 6. Seule l'olivine se présente en phénocristaux idiomorphes atteignant 0,5 cm. L'augite a la forme de gros microlites présentant souvent la structure en sablier. Le reste de la pâte est formé par de petites plages informes de néphéline, plus ou moins moulées par le pyroxène, par de fines paillettes de biotite et par de nombreux granules de magnétite. Parmi les minéraux accessoires on note l'apatite, la cal. cite et la limonite. Le verre est peu développé. L'absence de feldspath est caractéristique-

Analyses chimiques. — A : *Mandchourite* (Puy de Saint-Sandoux) Analyse nouvelle par Cécile Rouger (Clermont-Ferrand) : III.6'.4,(3)4[(1)2.(3)4.'2.2]. B : *Mandchourite* (Tsao-Shin-eu, Mandchourie) ([5]) : (II) III.6.2(3).4(5)[2.1.2.3]. C : *Fasinite* (Ambaliha, Madagascar) ([1]) : III.6'.4.(3)4[2.2.2.2']. D : *Fasinite* (Ambaliha, Madagascar) ([1]), III'.7.3.4[2.2.2'.2]. E : *Basanite* (Puy-de-Saint-Sandoux) ([4]), 'III.'6.3.4(5)[2.2'.2.3]. F : *Ampasiménite* Puy de Saint-Sandoux ([4]), II(III).6.3.(4)5[(1)2.'3.2.3].

	A.	B.	C.	D.	E.	F.
SiO_2	39,38	44,98	40,10	39,70	44,0	42,9
Al_2O_3	14,75	15,56	15,50	14,18	16,9	21,1
Fe_2O_3	3,34	5,15	6,35	5,27	8,6	3,7
FeO	7,39	7,30	7,29	8,40	8,7	8,3
MgO	14,40	3,31	8,41	8,04	5,9	5,2
CaO	11,80	9,20	12,40	15,20	9,9	11,6
Na_2O	1,61	5,34	3,37	2,83	4,0	4,2
K_2O	1,49	1,29	1,67	1,51	1,0	0,7
TiO_2	1,70	2,89	2,98	4,20	–	–
P_2O_5	0,10	0,43	1,28	0,35	–	–
MnO	0,20	0,23	–	–	–	–
H_2O^+	2,95	3,77	0,87	0,44	1,9	3,1
H_2O^-	0,78	–	–	0,19	–	–
Total	99,89	99,45	100,22	100,31	100,9	100,6

Le calcul de la composition virtuelle à partir des analyses ci-dessus fait apparaître les grandes ressemblances existant entre les fasinites de Madagascar,

([3]) *Comptes rendus*, 116, 1893, p. 1075.
([4]) *Comptes rendus*, 131, 1900, p. 283.
([5]) A. Lacroix, *Bull. Géol. Soc. China*, 7, 1928, p. 58.
([6]) *Bull. Serv. Carte Géol. France*, 87, 1902, p. 314, *fig.* 92.

la mandchourite de Mandchourie et celle de Saint-Sandoux et, en particulier, le déficit de silice, parfois extrême (A, D), qui caractérise ces roches.

Toutefois, la teneur en anorthite virtuelle (à l'état potentiel dans le verre et dans le pyroxène) est plus importante pour la mandchourite de Saint-Sandoux (28,9 % contre 21,7 % pour la fasinite D et 14,7 % pour la mandchourite B); sa teneur en chaux, relativement plus importante par rapport aux alcalins, entraîne en effet la production d'une quantité plus importante d'anorthite virtuelle, ce qui donne à son paramètre r la valeur 4; ce fait est d'ailleurs assez fréquent pour les laves de la Limagne. Par ailleurs, la quantité de péridot modal et virtuel est plus forte dans la mandchourite de Saint-Sandoux.

A ces deux légères différences près, la composition minéralogique réelle et virtuelle de cette lave révèle une parenté très étroite avec les fasinites de Madagascar. Elle en est même plus proche que la mandchourite de Tsao-Shin-eu, dont le paramètre p est très voisin de 2. On peut donc la considérer comme une mandchourite très typique. Cet équivalent microlitique des fasinites était jusqu'à présent inconnu en Auvergne.

Il est intéressant de noter que A. Lacroix ([3]), ([4]) a décrit à Saint-Sandoux deux roches qui se rapprochent beaucoup de celle que je viens d'étudier et qui proviennent d'autres filons voisins. Les noms attribués par A. Lacroix en 1893 et 1900 à ces roches correspondent à ceux de l'ancienne classification de Fouqué et Michel-Lévy. Ils doivent être modifiés, si l'on tient compte de la nomenclature ultérieure de A. Lacroix. La « téphrite à olivine » (An. E) devient une basanite, car son paramètre p est égal à 'III et elle comporte néphéline et labrador. La « néphélinite à olivine » (An. F), qui ne contient pas de feldspaths exprimés et dont le paramètre p est égal à II(III), devient une ampasiménite.

Si de vraies téphrites existaient dans cette zone, ce qui est fort probable, on aurait là côte à côte, d'une part, téphrites et basanites et, d'autre part, leurs formes cryptomorphes non feldspathiques, respectivement ampasiménites et mandchourites.

MÉTALLOGÉNIE. — *Sur la présence de scheelite et d'or natif et leurs modes de gisement, dans la bordure orientale du massif granito-dioritique du Tichka (Haut-Atlas, Maroc).* Note de MM. **Valéry Ziegler**, **Charles Bizard**, **Pierre Bourrieau** et **Paul Frehring**, présentée par M. Paul Fallot.

La scheelite a été découverte en de nombreux points de la bordure orientale du massif du Tichka. Elle se rencontre soit dans des filons de quartz, soit dans des grenatites où elle se trouve avec des concentrations importantes, soit enfin dans des cornéennes à grenats et pyroxènes où elle est associée à de l'or et à un titanate d'uranium.

La scheelite a été signalée à Isk Imoula, sur la bordure sud-ouest du

massif du Tichka par M. F. Permingeat, M. et Mme H. Termier [1].

Au cours d'une mission récente nous avons découvert la scheelite en place [2], dans une cornéenne à grenats et pyroxènes sur la bordure orientale de ce massif, au voisinage du hameau d'Ikissane. Nous l'avons retrouvée par la suite, avec des modes de gisement variables, dans les régions d'Injokhra, Jebel Afadad, Agadir n'Maïne, Amsioui, Tough el Kheir, également situés sur la bordure est du massif.

La scheelite se trouve en liaison constante et étroite avec un faisceau de grands feuillets de granite leucocrate, très peu micacé, à pendage Nord-Nord-Ouest faible, recoupant une zone de migmatites dioritiques et une bande de cipolins enclavés dans celle-ci.

On la rencontre :

1. *Dans des filons de quartz recoupant les feuillets granitiques.* — Ces filons, aux épontes greisénifiées, de direction Nord-Nord-Ouest, de puissance variant de 5 à 15 cm, contiennent de la scheelite en cristaux de 2 à 3 cm, associée de la pyrite, de la pyrrhotine, parfois un peu de chalcopyrite. On y trouve d'une façon constante de la muscovite plus ou moins abondante, ainsi que de rares feldspaths.

Il existe sur la rive droite de l'Oued N'Fis, face au village d'Agadir n'Maïne, des filons de quartz recoupant des cipolins, particulièrement riches en scheelite rubéfiée, en cristaux de 0,5 à 2 cm et contenant de la pyrrhotine. Ces filons se distinguent des précédents par l'absence de la muscovite et la présence de la biotite en abondance;

2. *Dans des bandes Nord-Nord-Ouest de grenatites, incluses dans les cipolins, en bordure ou à proximité d'un feuillet granitique* (J. Afadad, Agadir n'Maïne, Amsioui). — Ces grenatites constituent des bourrelets aux épontes de cassures plus ou moins nettes, à remplissage quartzeux discontinu. L'épaisseur de ces bourrelets est variable et peut atteindre plusieurs mètres; ils sont souvent discontinus en direction. Le grenat est parfois accompagné de pyroxène qui se place de préférence aux épontes des grenatites, en contact direct avec les cipolins. La scheelite en fines mouches (0,1 à 0,3 cm) y est assez régulièrement dispersée; cependant elle se concentre un peu vers la partie externe des grenatites. La pyrite et la pyrrhotine sont parfois abondantes, tandis que la molybdénite et la chalcopyrite sont rarement présentes.

3. *Dans des bandes Nord-Nord-Est de cornéennes, composées essentiellement de grenats et de pyroxènes, inclus dans des migmatites dioritiques.* (Ikissane, Injokhra, Toug el Kheir). — Ces bandes ont une disposition

---

(1) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1155.

(2) Indépendamment de nous, M. E. Fauvelet avait observé une mouche de scheelite sur un échantillon riche en pyrrhotine ramené par M. L. Clariond d'Agadir n'Maïne.

analogue aux précédentes, mais le remplissage quartzeux, toujours discontinu, y est plus abondant et le pyroxène, prédominant sur les grenats, constitue des épontes épaisses. La scheelite d'une part, la molybdénite et les autres sulfures d'autre part, y sont beaucoup plus rares que dans le type précédent. Dans le remplissage quartzeux de l'un de ces filons, près du hameau d'Ikissane, il y a une paragénèse spéciale à : or natif, mispickel, corindon, et un titanate d'uranium.

Le premier et le deuxième type de gisement sont souvent liés entre eux. Les filons francs et réguliers de quartz à scheelite et sulfures, recoupant les apophyses granitiques, se prolongent en effet dans les cipolins, par les cassures bordées de grenatites et de pyroxénites à scheelite et sulfures du second type de gisement ci-dessus.

Cette liaison permet de penser que certaines lentilles de grenatites et de pyroxénites dans les calcaires métamorphiques ont pris naissance par réaction de fluides minéralisés, riches en silice et alumine, sur les épontes calcaires, avec métasomatose partielle de ceux-ci. D'autre part, elle permet d'expliquer l'association des gîtes filoniens et pyrométasomatiques, souvent observés indépendamment les uns des autres, autour d'un même massif, comme cela a été signalé en bordure des granites du Jebel Aouam (³) et des Zaër (⁴) dans le Maroc central.

SÉDIMENTOLOGIE. — *Le* pH *de la pellicule superficielle d'une vase fluvio-marine*. Note (*) de M. **Jacques Debyser**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Depuis longtemps, on sait l'utilisation de la notion de pH dans la compréhension des phénomènes respiratoires et photosynthétiques. Les résultats qui suivent montrent son application à la mise en évidence de ces mêmes phénomènes dans la pellicule superficielle d'une vase fluvio-marine.

Ces observations ont été effectuées dans la vasière du Bout-Blanc, près de La Rochelle (¹). La technique a déjà été décrite dans une Note précédente.

Le pH de la pellicule superficielle est plus alcalin lorsque celle-ci est recouverte de quelques centimètres d'eau immobile, comme cela est le cas dans les creux, les petites mares et entre les ripple-marks. Lorsque la vase est à sec, le pH de la surface est voisin de 7,9. Les observations qui suivent ont toujours été faites sous quelques centimètres d'eau.

(³) J. Agard et Ph. Morin, *Notes Serv. Géol. Maroc*, 1949, p. 159-162.

(⁴) J. Agard et V. Ziegler, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2121.

(*) Séance du 11 février 1952.

(¹) La vasière du Bout-Blanc est décrite dans une Note précédente.

Durant le jour, le pH de la pellicule superficielle, à marée basse, est plus alcalin qu'à marée basse la nuit (*fig.* 1). On voit se former à la surface de

A et A' pH de la pellicule superficielle la nuit
B et B' " " " le jour

Fig. 1

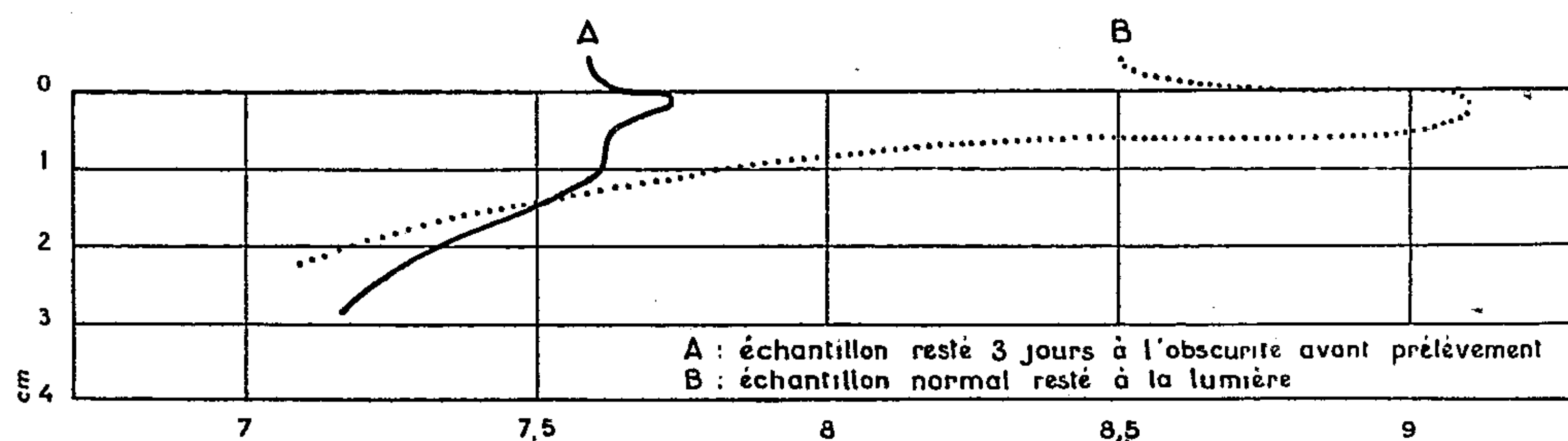


Fig 2

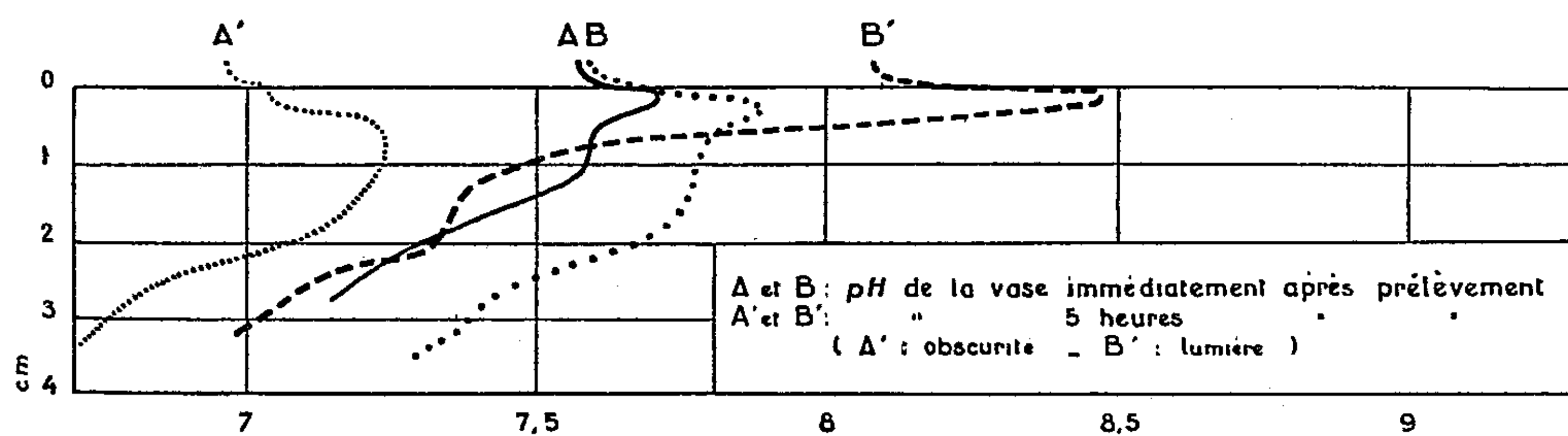


Fig. 3

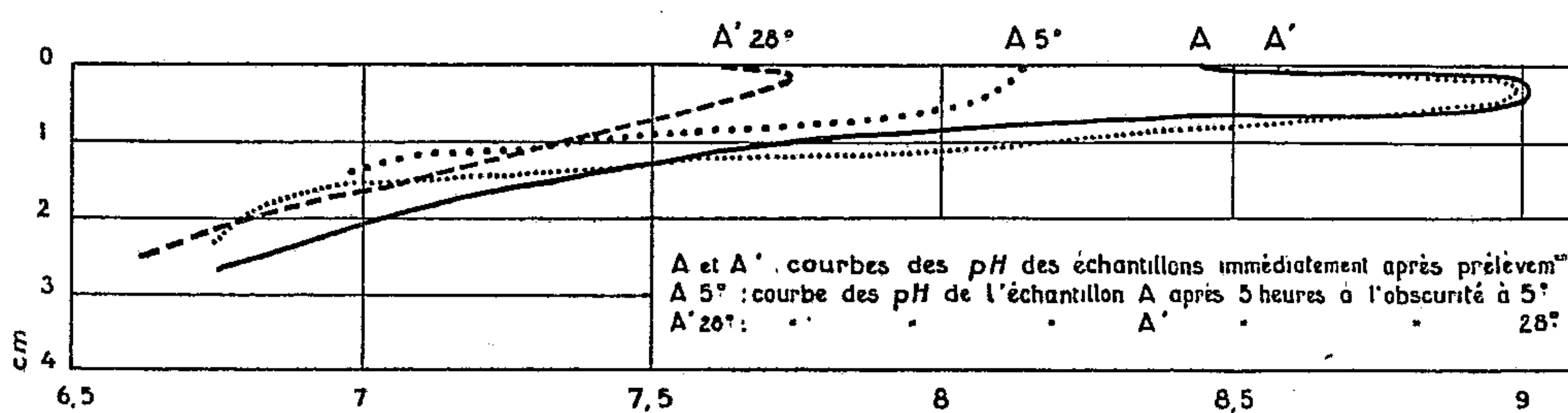


Fig. 4

la pellicule superficielle des petites bulles d'oxygène, ce qui prouve l'intensité de la photosynthèse.

Si nous plaçons un cache sur la vase destinée à être prélevée et si nous comparons son pH avec celui d'une vase restée normalement éclairée, cette dernière (*fig.* 2, courbe B) donne une courbe classique, alors que la vase restée à l'obscurité (courbe A) est franchement plus acide.

Si, enfin, nous plaçons, l'un à la lumière, l'autre à l'obscurité, deux échantillons qui ont été eux-mêmes recouverts d'un cache *in situ* avant le prélèvement, nous voyons en quelques heures le pH de la pellicule superficielle replacée à la lumière reprendre son alcalinité (*fig.* 3, courbes B et B') et les petites bulles d'oxygène réapparaître, tandis que l'échantillon resté à l'obscurité s'est encore acidifié (courbes A et A').

L'activité respiratoire tend à acidifier le pH de la pellicule superficielle. Plaçons deux échantillons de vase pendant quelques heures, l'un à 5° C, l'autre à 28° C, l'activité photosynthétique cesse dans les deux cas : le pH baisse. Mais l'échantillon placé à l'étuve devient rapidement plus acide que celui resté à 5° C parce que l'activité respiratoire y est plus intense (*fig.* 4).

Nous concluons que les deux phénomènes biochimiques respiration et photosynthèse dont sont responsables les diatomées, les algues unicellulaires et les bactéries, sont de première importance dans la pellicule superficielle. Ceci corrobore les observations et expériences de C. Francis-Bœuf [2], sur la teneur en oxygène des eaux qui recouvrent cette pellicule superficielle.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Interprétation de la variation undécennale de la composante horizontale du champ magnétique terrestre.* Note de M. **Pierre Bernard**, présentée par M. Charles Maurain.

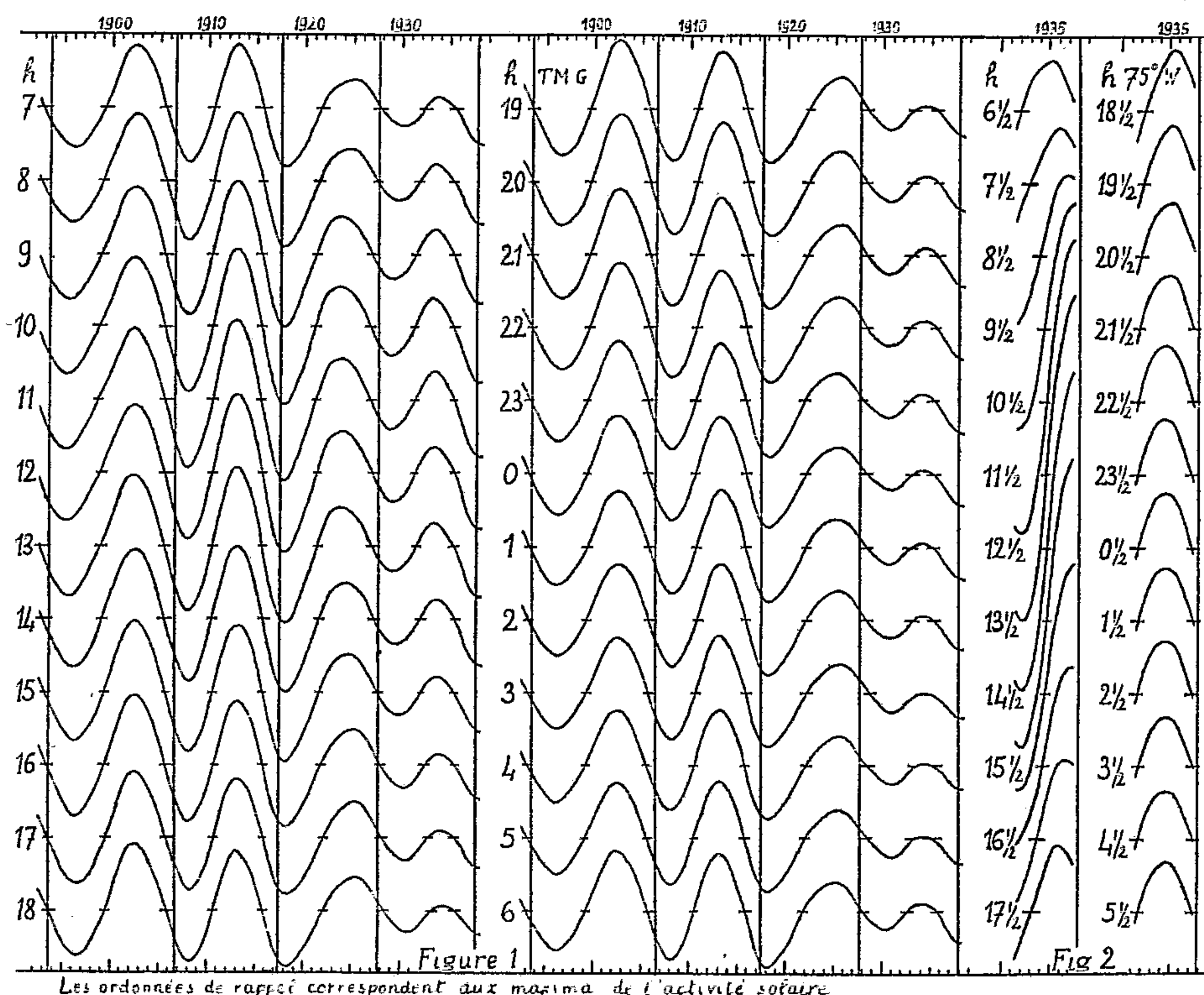
Dans un travail en cours de publication, j'ai étudié par la méthode de H. Labrouste la composante undécennale du champ magnétique horizontal en 37 stations. Elle présente, en moyenne générale, un minimum 1,1 an après le maximum d'activité solaire, et une amplitude totale de 20 γ.

Cette variation pourrait être expliquée par une circulation générale de l'atmosphère dans la région de transition située à partir de 75 km d'altitude où l'intervalle de collision des électrons dépasse leur période gyromagnétique, ce qui limite leur déplacement dans le sens perpendiculaire aux lignes de force, tandis que les ions positifs, dont la circonférence gyromagnétique reste supérieure au libre parcours moyen de l'air jusqu'à une pression de $3,2.10^{-5}$ mm de Hg, atteinte un peu au-dessous de 150 km d'altitude, sont entraînés dans le mouvement d'ensemble de leur milieu, dont l'ionisation, d'autre part, varie avec l'activité solaire.

---

(2) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 820.

L'observation des nuages lumineux nocturnes prouve, vers l'altitude de 82 km, l'existence de vents d'Est en Ouest d'une vitesse de plus de 100 m : s (¹). Le champ magnétique produit par une nappe plane infinie de courant étant $H = 2\pi i$, il faudrait, pour produire la variation observée de H, 20.10^{-5} u. é. m. une variation de i de $3,2.10^{-5}$ u. é. m., correspondant à une variation du nombre de charges élémentaires se déplaçant à 100 m : s de $3,2.10^{-5}/1,6.10^{-20}10^{4} = 2.10^{11}$; réparties sur une épaisseur de 20 km, leur densité devrait être de 10^{5} par centimètre cube, c'est-à-dire de l'ordre de la densité électronique (donc de l'excès du nombre d'ions + sur les ions —) à l'altitude considérée, aussi bien que de l'amplitude undécennale de cette densité (²).



Courbes undécennales obtenues d'après les moyennes annuelles de chacune des heures d'observation (Parc Saint-Maur, Val-Joyeux, Chambon-la-Forêt) TMG.

L'altitude où ce mécanisme est possible est supérieure à celle de la couche ionosphérique D où l'on place généralement la cause de la variation diurne, et celle-ci n'a pas en effet les mêmes caractères que la variation undécennale, de même sens dans les régions équatoriales et dans les régions tempérées, et

(¹) J. PATON, *Meteorol. Magazine*, 78, nº 930, 1949, p. 354.

(²) R. JOUAUST, *L'ionosphère*, Paris, *Rev. Opt.*, 1946, p. 124 (*fig.* 14) et p. 141.

présentant un maximum d'amplitude aux latitudes comprises entre 30 et 40°, où la variation diurne de H s'annule et change de sens.

On doit considérer à part le cas de Huancayo où le maximum de H a lieu 3,7 ans après le minimum des taches solaires. Pour cette station, le calcul de la variation undécennale a été refait sur les 24 moyennes horaires annuelles séparément (*fig.* 2) : les observations nocturnes donnent un maximum de H en 1935,0, soit 1,8 an après le minimum des nombres de Wolf, et avec une amplitude simple de 10 γ égale à la moyenne sur l'ensemble du globe. Au contraire, l'observation de midi place cette date en 1937,8, au voisinage du maximum d'activité solaire (1938,4) qui est dans toutes les autres stations, à un an près, la date d'un minimum de H.

A titre de comparaison, la figure 1 montre qu'à Paris, la variation conserve la même forme sur les 24 courbes, avec les maxima de H en moyenne 1,8 an après les minima des nombres de Wolf.

L'explication de l'anomalie de Huancayo paraît résider dans sa variation diurne anormalement grande qui place la valeur méridienne de H à 90 γ au-dessus du palier nocturne aux années de faible activité solaire, et à plus de 160 γ en 1937 et en 1947, la différence de ces deux chiffres étant très supérieure à l'amplitude undécennale mondiale.

Partout ailleurs, l'amplitude diurne est beaucoup plus petite, et comme les variations relatives du taux d'ionisation sous l'influence de l'activité solaire augmentent très vite avec l'altitude, le champ magnétique du courant envisagé dans la couche de transition subit au cours du cycle undécennal des variations plus grandes que celles qui pourraient résulter des changements d'amplitude diurne.

GÉOCHIMIE. — *Sur la présence d'uranium dans les phosphates nord-africains.* Note (*) de M. **Antoine A. Guntz**, présentée par M. Louis Hackspill.

L'analyse d'échantillons prélevés en différents points du gisement de phosphates nord-africain, de la Tunisie au Maroc, a révélé la présence constante d'uranium.

J'ai cherché, dès 1946, l'uranium dans les divers phosphates de calcium naturels nord-africains d'origine sédimentaire. La présence d'uranium était probable. Des traces d'uranium, de phosphates sont présentes dans l'eau de mer. L'association phosphore-uranium est d'autre part fréquente dans les minéraux naturels.

Récemment, certains phosphates américains ont été reconnus assez riches en uranium pour que le problème de la récupération ait été mis à l'étude et même résolu à l'échelle industrielle.

(*) Séance du 11 février 1952.

Actuellement, des informations de presse (1) relèvent la présence d'uranium dans les phosphates marocains, fait connu des initiés depuis un certain temps.

Nos recherches ont bénéficié de l'appui du Comptoir de Phosphates de l'Afrique du Nord et ont pu s'étendre à l'ensemble des bassins nord-africains.

Les résultats obtenus le sont par analyse chimique et fluorométrique.

La méthode fluorométrique : observation de la vive fluorescence de NaF fondu avec des traces d'uranium, a permis en 1935 à F. Hernegger et B. Karlick de reconnaître la présence d'uranium dans l'eau de mer : les teneurs sont de l'ordre de 1 à 2.10^{-6} g : l (2).

Elle est essentiellement la suivante : après concentration de l'eau de mer, l'addition d'un sel ferrique puis d'ammoniaque exempte de CO_2 provoque la précipitation d'hydroxyde ferrique qui entraîne l'uranate alcalin.

On sépare ensuite le fer de l'uranium en dissolvant le précipité dans HCl et une nouvelle précipitation, cette fois au carbonate d'ammonium, maintient l'uranium dans le filtrat sous forme du complexe uranylcarbonate.

Les séparations et entraînements ne sont pas quantitatifs et doivent être répétés.

Les filtrats rassemblés, évaporés à sec, additionnés de NaF et fondus donnent une masse fluorescente. Par comparaison avec une échelle d'étalons, on obtient la teneur en uranium.

Avec la collaboration de M. Georges Arnould j'ai appliqué cette méthode aux phosphates naturels : il faut éliminer l'acide phosphorique, parce que les phosphates ferrique et d'uranyle ne se laissent pas séparer par le carbonate d'ammonium.

Pour séparer P_2O_5 en milieu aussi acide que possible, la méthode au phosphate d'étain m'a paru convenable. Ce dernier retient toutefois énergiquement quelque peu d'uranium et les résultats obtenus sont faibles. C'est un inconvénient, mais qui est de bon augure, laissant prévoir l'existence de « collecteurs » énergiques pour résoudre le problème de l'extraction industrielle.

Pour réduire le nombre des précipitations, j'ai pensé que l'entraînement partiel de l'uranate par l'hydroxyde ferrique tient à leurs pH différents de précipitation et qu'il en est de même lors de la redissolution dans le carbonate d'ammonium.

L'hydroxyde ferrique est déjà formé, partiellement coagulé et moins absorbant lorsqu'à un pH plus élevé l'uranate s'insolubilise à son tour; ainsi seraient seules efficaces les dernières traces d'ions ferriques insolubilisés au même pH que l'uranate; dans cette hypothèse il doit suffire d'élever le pH d'apparition du collecteur hydroxyde ferrique en raréfiant les ions ferriques par une complexion préalable et il faudra moins de fer au total.

J'ai essayé les ions sulfocyanure, fluorure et citrique. Les deux premiers ont donné de bons résultats; la couleur rouge du complexe sulfocyanure ferrique a l'avantage de permettre de suivre la précipitation.

En 1950, l'Atomic Energy Commission a publié une méthode de recherche de l'uranium spécialement adaptée à l'analyse des phosphates (3).

Elle consiste essentiellement à extraire l'uranium sous forme de nitrate par percolation

(1) Conférence de presse à Rabat par M. le Colonel Pommerie, Directeur de la Production Industrielle et des Mines du Maroc, janvier 1952.

(2) *Uranium in sea water Sitzber. Abad. Wiss. Wien* (*Math. Naturw. Klasse*, Abt IIa, **114**, 1935, p. 217).

(3) *Manual of analytical methods for the determination of Uranium and Thorium in their ores*, U. S. government printing office, Washington 25 D. C.

continue à l'éther d'une solution nitrique où l'acide phosphorique est masqué par un grand excès de nitrate ferrique.

Avec la collaboration de Mlles Micheline Arène et Janine Kocher j'ai utilisé cette méthode, lui apportant deux modifications : l'une, portant sur les détails opératoires, nous a fait remplacer l'extracteur entièrement rodé par un montage de fortune avec bouchons et suspendre le tube fritté à un fil métallique. Le fil traverse de haut en bas le réfrigérant ascendant et permet de donner de l'extérieur un mouvement de va-et-vient vertical de faible amplitude au tube fritté assurant ainsi l'agitation sans arrêt ni démontage de l'appareil.

L'autre modification nous a été imposée par le manque de photocolorimètre approprié au dosage colorimétrique préconisé par formation de peruranate.

J'ai donc employé l'examen fluorométrique de l'extrait fondu avec NaF, plus sensible, moins précis.

Nos déterminations s'étendent à plusieurs dizaines d'échantillons pris dans l'ensemble des bassins nord-africains.

Les valeurs obtenues sont en moyenne de 20 à 30 g à la tonne, s'écartant peu de ces chiffres moyens, de 50 à 10 g, calculés en uranium.

Il ne s'agit point d'imprégnations localisées (4), la régularité et la teneur suggèrent une coprécipitation lors de la formation du dépôt sédimentaire.

Il ne nous a pas été possible de retrouver un enrichissement en uranium, de l'Est à l'Ouest, parallèle à celui des phosphates eux-mêmes, ni de trouver des échantillons comparables aux phosphates américains en moyenne cinq fois plus riches.

Il est vrai qu'aux États-Unis il a été reconnu que certains gisements phosphatiers n'étaient pas uranifères. La teneur en uranium caractérise-t-elle une lithogenèse déterminée ?

PALÉONTOLOGIE. — Synconolophus serridentinoides, *nouvelle espèce de Mastodonte du Miocène supérieur de Turquie*. Note de MM. **Jean Viret** et **Ismail Yalçinlar**, présentée par M. Charles Jacob.

Dans la partie occidentale de la province de Sivas, à 20 km environ de Şarkişla sur le versant occidental de la haute vallée du Kizil-Irmak, par 1200-1500 m d'altitude, une ancienne vallée miocène a été comblée par des sédiments fluviatiles bien stratifiés, comprenant conglomérats, grès et sables jaunâtres ou grisâtres, avec lentilles argileuses. La puissance de ces couches est d'environ 100 m. Pratiquement horizontales, elles reposent au Sud sur une série gypsifère; au Nord, elles s'appuient sur le Paléozoïque.

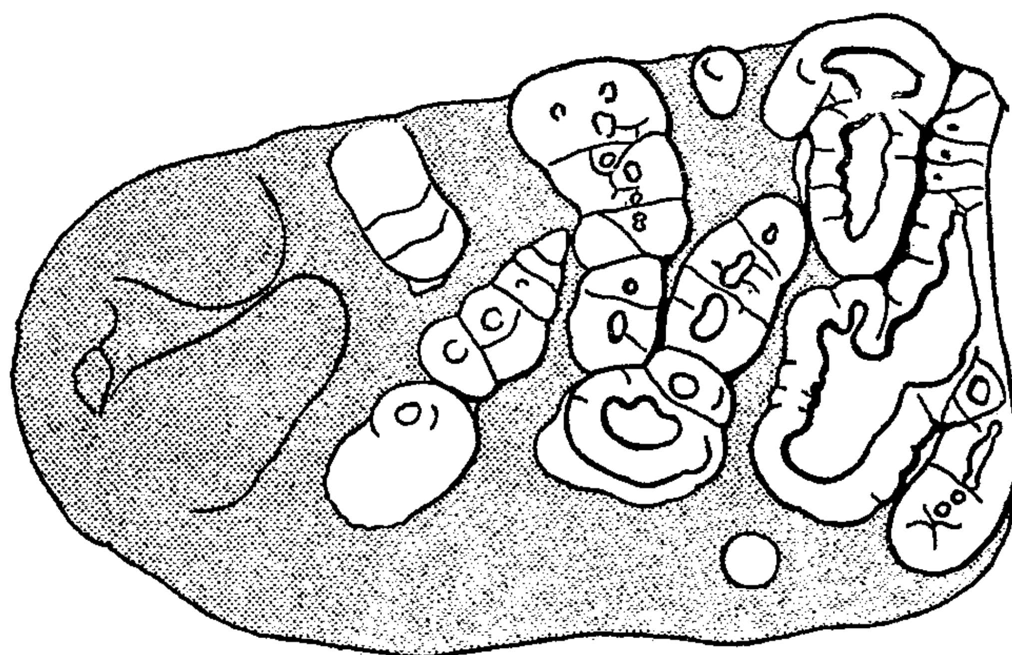
L'un de nous (I. Y.) a extrait de ces grès sableux, au cours de campagnes des étés 1949 et 1950, des restes d'*Hipparion gracile*, *Rhinoceros* sp., et le palais de Mastodonte qui fait l'objet de cette Note. Les deux dernières molaires, simulta-

---

(4) C. Arambourg et J. Orcel, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1635.

nément fonctionnelles, sont en place; les M^2 (incomplètes du côté gauche) sont fortement usées et par suite se prêtent peu à l'analyse; les M^3 montrent un commencement d'usure.

L'arrière-molaire (*figure*) est formée de cônes et de conules arrondis et mousses, à forte couche d'émail. Les cônes principaux sont plutôt réduits, laissant entre eux de larges vallées comblées par du cément. Les conules de conjugaison sont petits, serrés et par suite déformés, et tendent à se multiplier. Ils forment un protolophe et un métalophe transverse, où les cônes principaux sont assez directement opposés. Un trait de structure frappant est une crête oblique partant de la face antérieure des cônes internes et qui rappelle la crête caractéristique des *Serridentinus* Osborn. Seulement ici, ce n'est plus une véritable crête, mais une rangée de tubercules mousses, relativement gros, au nombre de quatre, qui



Synconolophus serridentinoides nov. sp. — Arrière-molaire supérieure droite, vue par la face occlusale. La moitié antérieure montre des figures d'usure. En blanc, l'émail; en grisé, le cément. (Demi-grandeur naturelle.)

s'avance jusque dans la moitié externe de la dent, allant jusqu'à toucher la crête transverse du lobe précédent. Dans ces conditions, il n'y a plus de sillon longitudinal médian. Au premier lobe, cette rangée oblique vient se fondre dans un volumineux bourrelet antérieur crénelé qui se poursuit jusqu'à l'angle antéro-externe de la dent, écartant ainsi le paracône du bord antérieur (pro-protolophe d'Osborn). Au deuxième lobe, l'hypocône donne naissance à une double rangée de conules par une sorte de dichotomie qui est exceptionnelle chez les Mastodontes. Finalement, c'est la rangée oblique qui est la plus constante : le cône interne du troisième lobe ne donne plus naissance qu'à cette dernière. Ainsi, la liaison majeure qui forme les crêtes transverses des molaires est abandonnée au profit de la nouvelle crête oblique. En même temps, la moitié externe des quatre crêtes affecte une certaine centroversion. Le quatrième lobe est réduit; encore inclus dans le cément, il apparaît comme une réplique atténuée du troisième. Un très faible talon termine la dent. L'angle antéro-interne est souligné par un très fort cingulum crénelé, qui s'étend à peine sur la face linguale. La formule lobaire de notre animal est M^2 1/3 — 3 — 1/2, M^3 1/2 — 4 — 1/3.

La dent est courte pour une M^3 : longueur 162 mm, largeur 93 au niveau du métalophe,

ce qui correspond à un indice de 57,4. La hauteur du troisième cône externe est de 54mm. On peut qualifier la dent de subhypsodonte en ce sens que cônes et conules apparaissent comme des colonnettes serrées émergeant du cément.

L'abondance de ce cément, la formule lobaire, l'aspect choerodonte des surfaces d'usure, entourées d'émail plissé, frisé, ne permettent pas de douter de l'attribution générique. Il s'agit d'un *Synconolophus*. Mais par la largeur des vallées bien dégagées dans leur partie externe, par la régularité des rangées obliques de conules qui apparaissent comme une exagération de la crête serridentine, il est différent de toutes les espèces connues. Plus petit et plus primitif que le génotype *S. dhokvathanensis*, ayant mieux conservé aux deux premiers lobes les alignements transverses originels des cônes, il n'a pas, sur les deux flancs, des cônes internes, les conelets de *S. ptychodus* qui donnent par usure des « figures en trèfle ».

Mieux que ce dernier qui apparaît dans les couches de Chinji inférieures, associé aux premiers *Hipparion*, donc dans un niveau subcontemporain de nos graviers de Sivas, il se montre comme une forme ancestrale possible de *S. dhokpathanensis*, à en juger par les seules molaires. Il témoigne d'affinités entre le type des molaires de *Synconolophus* et celles des *Stegolophodon* primitifs comme *St. cautleyi* (*Mast. perimensis* Lyd.).

De toute façon, les *Synconolophus* ne sont plus des formes spéciales à l'Inde : ils apparaissent en Turquie avec une espèce primitive qui suggère la possibilité pour ce rameau d'une souche africaine.

MICROPALÉONTOLOGIE. — Albaillella *nov. gen.*, *Radiolaire fossile du Carbonifère inférieur, type d'une lignée aberrante éteinte*. Note de M. **Georges Deflandre**, présentée par M. Maurice Caullery.

Caractérisés par la possession d'une coque lamelleuse non perforée, à symétrie bilatérale, coiffant un squelette de baguettes pleines, les *Albaillellidæ* représentent un groupe très isolé, sans descendance post-paléozoïque.

Tous les genres de Radiolaires exclusivement fossiles décrits jusqu'ici sont entrés dans les cadres classiques instaurés par Hæckel (1887) pour les formes vivantes, et ceci n'a pas peu contribué à accréditer la notion de la fixité de toute la Classe, qui, selon certains, n'aurait pas (ou fort peu) évolué depuis le Précambrien. Je me suis élevé à diverses reprises contre cette notion : à côté de types incontestablement doués d'une grande pérennité, d'autres existent qui témoignent que les Radiolaires ne constituent pas une exception à la marche générale de l'Évolution.

Albaillella n.g., des nodules phosphatés du Viséen de la Montagne Noire, m'apporte un nouvel argument de valeur. Très fréquent au Carbonifère

inférieur, ce type singulier a dû s'éteindre à la fin du Paléozoïque : rien de ce qui est connu à partir du Secondaire n'offre avec lui la moindre parenté.

Les premiers spécimens vus en 1943, étaient brisés et incomplets : ils ont été pris alors pour de simples *Cyrtellaria* (¹). Des matériaux beaucoup plus favorables (²) m'ont permis depuis d'en faire une étude assez précise.

La coque de l'organisme, en cône creux très allongé, est bâtie sur un squelette siliceux plein en forme d'H tronqué (*fig.* 5). Une branche majeure différenciée de ce squelette, peut atteindre l'apex, en formant une columelle détachée de la paroi de la coque à laquelle elle est reliée par un double système trabéculaire. Cette columelle peut disparaître. La coque, également siliceuse, est brunâtre, mince, finement ponctulée, *mais non perforée* (à l'échelle du microscope optique). Son ouverture porte des épines obliques, toujours dirigées vers la branche majeure du squelette. Ces épines décèlent la symétrie bilatérale de la coque, qui paraît composée de bandes obliques sensiblement d'égale largeur (*fig.* 1, 3, 7).

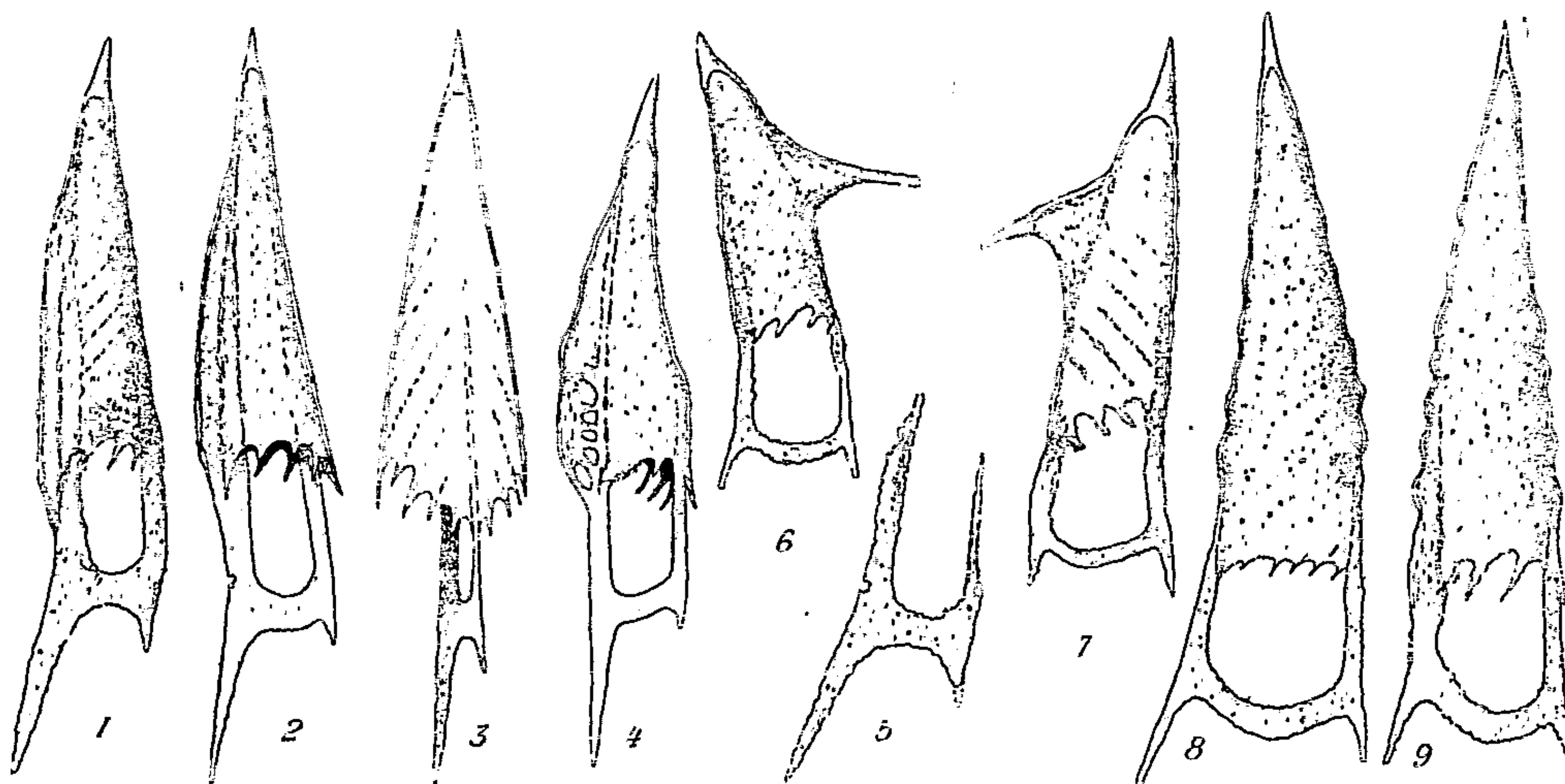


Fig. 1 à 9. — Radiolaires du Viséen de la Montagne Noire; 1-3, *Albaillella* n. g. *paradoxa* n. sp. (génotype); 1 et 2, vues frontales; 3, reconstitution semi-schématique d'une vue latérale; 4. *A. paradoxa* var. *gibbosa* n. v.; 5, *A. paradoxa*, squelette seul; 6-7, *A. cornuta* n. sp.; 8-9, *A. undulata* n. sp. Holotypes : fig. 2, 4, 6, 8. Nodules phosphatés, Cabrières, Hérault. (G. : 150.)

Albaillella n'entre dans aucune des familles connues : la famille nouvelle des *Albaillellidæ* ne trouve même pas de place naturelle dans l'un des Ordres existants. A l'allure et à l'architecture générales de *Cyrtoidea*, s'oppose la symétrie bilatérale d'une coque lamelleuse, sans parenté avec la symétrie des *Spyroidea*, et plutôt comparable au premier abord avec celle

(¹) G. Deflandre, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 515.
(²) Dus au naturaliste biterrois S. J. Albaille, à qui est dédié le genre.

de certaines formes de *Phæodaria*. C'est précisément à cet ordre que Sujkowski a rattaché des Radiolaires carbonifères non nommés, ni figurés ([3]), incomplètement et obscurément décrits, dans lesquels je reconnais néanmoins des formes très proches d'*Albaillella*, sinon identiques. Mais le caractère primordial des *Phæodaria* (squelette *canaliculé*), sur la présence effective duquel s'appuie Sujkowski, *n'existe pas chez les Albaillellidæ*. Aucun *Phæodaria* ne possède d'ailleurs de coque à squelette interne : il n'est donc pas naturel de rapprocher les *Albaillellidæ* de cet ordre, dont on ne connaît d'ailleurs présentement aucun représentant fossile indubitable, pas même au Tertiaire. On donnera donc à la nouvelle famille une place indépendante, prélude probable à la création d'un Ordre nouveau.

La lignée curieuse des *Albaillellidæ* a eu une grande extension au Carbonifère inférieur : Montagne Noire, Pologne et vraisemblablement Harz, car le *Phænoscenium excentricum* de Rüst (1892) doit être un *Albaillellidæ* insuffisamment observé. L'origine de cette lignée reste inconnue, faute de documents utilisables sur les Radiolaires anté-carbonifères.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La germination du Blé aux basses tensions d'oxygène. I. Tension minimum d'oxygène et pouvoir germinatif.* Note de M. **Alexis Moyse**, présentée par M. Raoul Combes.

Des essais de germination de Blé, aux basses tensions d'oxygène, ont montré que les tensions de 0,4-0,5 % correspondent au minimum d'oxygénation nécessaire pour le début de la germination. Celle-ci est très lente dans ces conditions, et le pouvoir germinatif est diminué en fonction de l'abaissement de la tension de l'oxygène.

Quelques recherches ont déjà été faites sur la croissance et les échanges gazeux de très jeunes plantules de Graminées : Riz, Orge, Blé, mises en présence de basses tensions d'oxygène ([1]), ([2]). Les travaux concernant les tous débuts de la germination sont moins nombreux, notamment en ce qui concerne le Blé. On sait simplement que le grain de Blé ne germe pas en l'absence d'oxygène, contrairement au Riz ([3]).

J'ai tenté une étude de la germination du Blé (*Triticum vulgare* Vill.), à différentes tensions d'oxygène. En voici les premiers résultats.

Des grains de Blé Vilmorin 1929 sont désinfectés, puis placés dans des tubes de culture en conditions aseptiques. Les tubes sont aussitôt intro-

---

([3]) Sujkowski, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 720. Ses figures schématiques minuscules (*Bull. Serv. Géol. Pologne*, 7, 1933, p. 655) sont malheureusement inutilisables.

([1]) D. L., Taylor, *Science*, 95, 1942, p. 129-130.

([2]) J. Vlamis et A. R. Davis, *Plant Physiology*, 18, 1943, p. 685-692.

([3]) D. Bondi, *Rivista di Biologia*, 41, 1949, p. 105-107.

duits dans des enceintes dont l'air est remplacé par une atmosphère d'azote et d'oxygène de composition déterminée, à une pression égale à la pression atmosphérique.

En ce qui concerne les atmosphères à basse tension, les variations des teneurs en oxygène par rapport aux valeurs indiquées ne dépassent pas 3 dix-millièmes. Après plusieurs jours, à l'obscurité et à la température de 18° C, les gaz des enceintes sont extraits et analysés; les grains germés et non germés sont triés. Les analyses de gaz sont faites par les techniques de Plantefol, permettant d'obtenir la précision du 1/10 000.

Deux types d'expériences ont été conduits ainsi :

1. En atmosphère confinée de faible volume (150 à 300 cm^3 pour 5 grains). — Les teneurs finales en CO_2 ont été élevées : $CO_2 \leqq 1$ %, en général, en présence des atmosphères à faible tension d'oxygène.

a. Expérience du 5 juin 1951. — Tensions d'oxygène essayées : < 0,1 (azote purifié); 0,2; 0,3; 0,5; 20,5 (air normal) %. Pour chacune des tensions considérées, les durées de séjour suivantes ont été réalisées : 11, 14, 16 jours.

b. Expérience du 28 juin 1951. — Tensions d'oxygène essayées : <0,1; 0,1; 0,3; 0,4; 0,5; 0,7; 1; 2; 5; 10; 20,5 % et pendant les durées de 8 et 12 jours.

2. En atmosphère confinée de grand volume (dessiccateurs de 5 à 6 l pour 50 grains). — Les teneurs en CO_2, en fin d'expérience, ne dépassent jamais 0,2 %, aux basses tensions.

a. Expériences du 19 mai et du 4 juin 1951. — Tensions d'oxygène réalisées : < 0,1 et 20,5 % (témoins en air normal). Les durées respectives ont été de 11 et 16 jours.

b. Expérience du 10 janvier 1952. — Tensions réalisées : 0,5 et 0,9 % et témoins en air normal, la durée a été de 7 jours.

A la fin des expériences, de l'oxygène a été retrouvé, sauf dans celles qui ont été effectuées en présence d'atmosphères aux tensions de < 0,1 et 0,1 %.

Résultats. — 1° *Tension minimum d'oxygène requise pour la germination.* — Je n'ai constaté de germinations qu'à partir de la tension de 0,4 % (une fois) et surtout de 0,5 %, quelle qu'ait été la durée du séjour et la tension finale du CO_2. Les germinations s'effectuent alors beaucoup plus lentement que dans l'air ordinaire.

2° *Pouvoir germinatif des grains.* — Le pouvoir germinatif a été calculé seulement dans les cas où le nombre des grains utilisés a été supérieur à 100.

Tension.	Pouvoir germinatif.	
0,5 %	6%	
0,7-1	20	
Air normal	60	(les grains ayant subi toute la série des manipulations et germé en atmosphère confinée)
»	85	(après désinfection des grains)
»	89	(sans désinfection)

En conclusion, les tensions de 0,4-0,5 % d'oxygène paraissent correspondre au minimum d'oxygénation requis pour que le Blé puisse germer. A de telles tensions, la germination est très lente et le pouvoir germinatif est considérablement réduit.

Je décrirai ultérieurement les caractères des plantules anormales obtenues en présence des basses tensions, leur comportement après retour à l'air normal, ainsi que celui des grains qui n'ont pas germé et les particularités de leurs échanges gazeux.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le métabolisme glucidique des Champignons supérieurs. I. Relation du mannitol avec l'activité du système oxydo-réducteur.* Note de M. **Marcel Quillet** et Mlle **Gilberte Legrand**, présentée par M. Raoul Combes.

Le taux du mannitol que l'on voit croître et s'annuler au cours de la vie naturelle des champignons est augmenté ou stabilisé pendant les premières journées de la survie après la récolte, lorsqu'on agit de façons diverses sur le système d'oxydo-réductions respiratoires.

Le mannitol est le constituant glucidique qui fut le premier signalé dans les champignons.

Margewicz ([1]), Bourquelot ([2]) et Frerejacque ([3]) l'ont dosé dans un grand nombre d'espèces et ont signalé sa relative abondance surtout dans le matériel desséché. Il s'agit à coup sûr d'un des facteurs essentiels du métabolisme fongique.

Bourquelot, cherchant à expliquer la disparition rapide du tréhalose au cours du séchage et l'augmentation concomitante du mannitol, suggérait que celui-ci devait provenir de quelque transformation chimique du premier. Le travail postérieur d'Obaton ([4]) sur l'utilisation du mannitol

(1) *Russ. Dissertation*, Saint-Petersburg, 1883.
(2) *Bull. Soc. Mycol. Fr.*, 1889-1892.
(3) *Rev. de Mycol.*, 4, 1939, p. 89 et suiv.
(4) *Thèse*, Paris, 1929.

par *Sterigmatocystis* concluait dans un sens opposé, faisant de cet alcool une substance de réserve, évoluant indépendamment des autres sucres.

Le lien entre le mannitol et les glucides fongiques fait l'objet d'un travail en cours. La présente Note vise seulement à montrer que ce polyalcool fait partie du système d'oxydo-réductions respiratoires du champignon : en établissant qu'il est possible de faire varier le taux de mannitol quand on agit sur les systèmes oxydo-réducteurs par leurs poisons classiques ou par des asphyxies en atmosphère artificielle.

a. Lorsque le champignon subit un commencement d'asphyxie par dessiccation lente à l'air, le taux du mannitol tend à se relever progressivement, un peu freiné sans doute par la consommation, en présence d'oxygène.

b. Il se relève bien davantage si l'on supprime totalement l'oxygène en faisant vivre le champignon pendant 48 h dans un courant d'azote saturé d'eau, à la température ambiante.

c. Le résultat est très comparable quand, en présence d'oxygène, on bloque le système oxydasique par une atmosphère empoisonnée avec l'acide cyanhydrique.

d. A l'inverse, quand on paralyse les déshydrases du système respiratoire par le chloroforme gazeux, laissant actives les oxydases, le taux du mannitol demeure à peu près sans changement.

Tous ces résultats sont consignés dans le tableau suivant; les asphyxies partielles sont prolongées 48 h à partir de la récolte. Le taux de mannitol est évalué, après extraction et défécation par les méthodes polarimétriques de Badreau ([5]) et Frerejacque ([3]) sur des lots de champignons adultes sensiblement comparables.

Variation du taux de mannitol (pour 1000 du poids frais).

	Taux initial.	Air 48 h.	Azote 48 h.	$CHCl_3$ 48 h.	HCN 48 h.
Armillariella mellea (Karsten).....	2,5	4,1	4,2	2,8	5,0
Clitocybe nebularis (Quelet).......	1,7	2,2	4,6	1,3	5,1
Cl. nebularis (gelés) (*)............	1,5	2,2	5,3	1,7	6,7
Laccaria laccata (Berk. et Broome)...	0,3	0,84	0,74	0,9	1,9
Lactarius rufus (Fr. et Scop.).....	6,7	7,4	–	6,9	10,8
Russula Queleti (Fries)............	13,8	9,6	18,0	13,9	19,2

(*) Ces Clitocybes, surpris par une courte gelée blanche, rapportés durcis, ont été traités immédiatement après leur dégel.

Nous avons vérifié d'autre part, comme cela avait déjà été signalé par Obaton, que les champignons sur pied, après être passés par un maximum

([5]) *Thèse Pharmacie*, Paris, 1921.

de leur taux de mannitol, vidaient complètement leurs tissus sur la fin de leur existence.

De ces expériences et observations, il ressort, avec évidence, nous semble-t-il, que le mannitol, pour les espèces étudiées, cependant fort éloignées les unes des autres, subit le sort de l'activité oxydo-réductrice respiratoire et constitue vraisemblablement un des nœuds remarquables du métabolisme intermédiaire des glucides des champignons.

CHIMIE AGRICOLE. — *Influence de l'humus sur la nutrition minérale de la plante dans le sol.* Note (*) de MM. **Raymond Chaminade** et **Robert Blanchet**, présentée par M. Albert Demolon.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons montré que l'addition à des solutions nutritives d'acide humique ou d'humate calcique colloïdal provoquait pour des doses d'humus de 2 à 5 mg : l un accroissement de l'absorption par la plante des éléments minéraux. Dans cette Note nous rapportons les résultats d'expériences montrant que l'humus incorporé au sol a sur la nutrition minérale de la plante un effet analogue.

Technique. — Les essais ont porté sur un sous-sol de limon, dépourvu de matière organique et renfermant 0,09 °/₀₀ de P_2O_5 assimilable et 0,25 °/₀₀ de K_2O échangeable. L'humus a été extrait d'un terreau de couches par la technique décrite dans la Note précédente et mélangé au sol sous forme d'humate calcique colloïdal à la dose 0,125 g d'humus par 100 g de sol. Cette dose est sensiblement inférieure à celle rencontrée dans les sols de grande culture maintenus en bon état humique.

Les quantités d'azote, d'acide phosphorique et de potasse apportées par 125 mg d'humate calcique étaient les suivantes :

N	3,5 mg	CaO	1,3 mg
P_2O_5	0,47	MgO	1,5
K_2O	1,6		

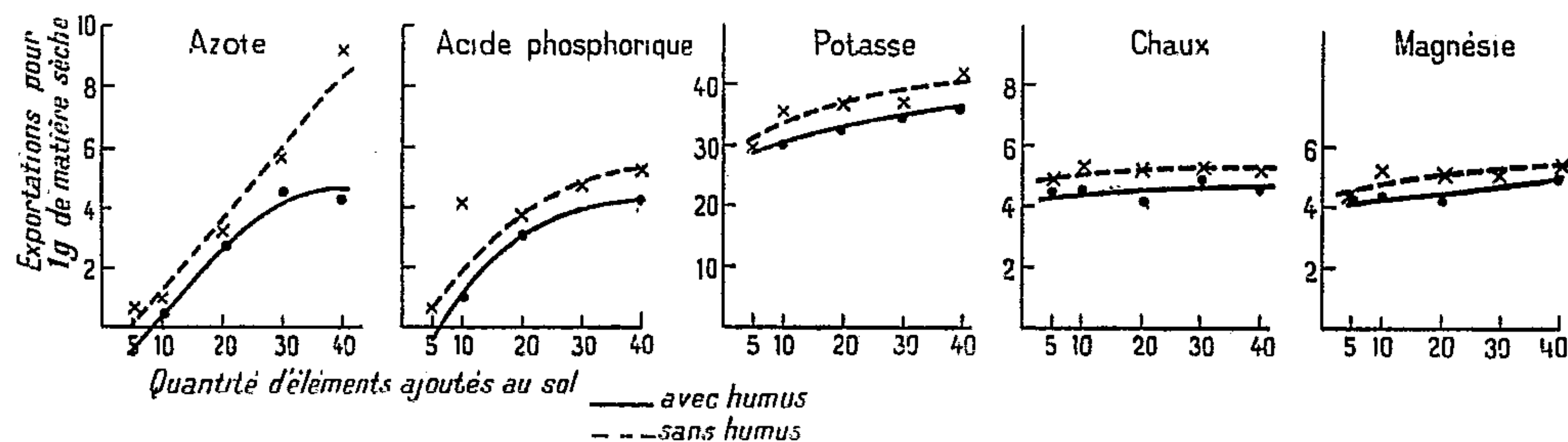
Les essais ont été réalisés suivant la technique de Neubauer. Des échantillons de 100 g de sol étaient placés dans des cristallisoirs de 11 cm de diamètre et mélangés à 50 g de sable quartzeux pur; puis recouverts de 25 g du même sable. 100 graines de seigle étaient ensemencées dans les cristallisoirs et la récolte effectuée au bout de 18 jours.

D'autre part les échantillons de sol étaient enrichis en N, P_2O_5, K_2O à l'aide d'une solution obtenue à partir de PO_4H_2K, PO_4HK_2 et NO_3NH_4. Les proportions $N/P_2O_5/K_2O$ étaient égales à 1. Cinq séries ont été réalisées

(*) Séance du 4 février 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1486.

correspondant à des additions de 5, 10, 20, 30 et 40 mg de N, P_2O_5 et K_2O pour 100 g de sol. L'expérience a été effectuée parallèlement sur sols enrichis et non enrichis en humus.



Résultats. — A la récolte les plantes ont été analysées. D'autre part, on a dosé les éléments apportés par les graines. Les résultats ont été exprimés en exportation d'éléments pour 1 g de matière sèche formée, déduction faite des éléments apportés par les graines.

Quantité d'éléments apportés au sol (mg).	N.		P_2O_5		K_2O		CaO		MgO	
	sans humus.	avec humus.	sans humus.	avec humus.	sans humus.	avec humus.	sans humus.	avec humus.	sans humus.	avec humus.
5	−0,5	0,7	−0,4	0,6	29,3	28,9	4,45	4,95	4,33	4,39
10	0,5	1	0,5	4,1	30	35,4	4,45	5,35	4,4	5,18
20	2,9	3,2	3	3,7	31,9	36,1	4,05	5,3	4,16	4,86
30	4,5	5,7	1,7	4,6	34,3	35,9	4,95	5,2	5,18	5,04
40	4,2	9,2	4,2	5,1	35,3	42,3	4,75	5,15	4,96	5,26

Conclusions. — De façon constante et très régulière l'addition d'humus au sol a accru l'exportation par la plante des éléments minéraux. Ainsi se trouvent confirmées dans le cas du sol les conclusions déjà mises en évidence par des cultures sur solutions nutritives.

CHIMIE AGRICOLE. — « *Manganèse actif* » *du sol et teneur en manganèse des végétaux*. Note de M. **Marcel Coppenet** et Mme **Janine Calvez**, présentée par M. Albert Demolon.

Au cours d'études antérieures ([1]) nous avons montré que la fraction des oxydes manganiques du sol, réduite à froid par l'hydroquinone et extraite simultanément par l'acétate d'ammonium, donne une bonne indication sur la capacité des sols à fournir le manganèse aux végétaux ([2]).

Dans la bibliographie étrangère on qualifie de *manganèse actif* la somme des

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1379.

([2]) *C. R. Acad. Agr.*, n° 1, 1951, p. 67-69.

quantités de ce métal extraites successivement à partir d'une même prise d'essai : 1° par l'eau distillée; 2° par l'acétate d'ammonium neutre et normal (Mn dit échangeable); 3° par ce même acétate ayant dissous 0,2 % d'hydroquinone (Mn facilement réductible). Ce terme de *manganèse actif* peut être entendu dans un sens voisin de celui du *manganèse assimilable*.

Pour les terres carencées de Bretagne :

1. Mn extrait par l'eau distillée est toujours nul ou très-faible (inférieur à 0,2 p.p.m. de terre fine séchée à l'air).

2. Mn dit échangeable varie de 0,3 à 1 p.p.m.

3. Mn facilement réductible va de 3 à 20 p.p.m., aussi les deux dernières extractions sont suffisantes ;

. Mn facilement réductible conditionne en fait à lui seul Mn actif.

Dans les sols non carencés le troisième réactif peut extraire jusqu'a 100 p.p.m. de manganèse alors que le manganèse dit échangeable ne dépasse pas 1 p.p.m.

Le mode opératoire utilisé pour ces déterminations, a été décrit par ailleurs en détail ([3]).

Voici les résultats d'analyses de différents échantillons de sols et de plantes provenant d'essais effectués en 1951.

1° *Expérience en vases de végétation* avec une terre humifère de Bretagne très carencée en manganèse, pH = 6,9 et avec cette même terre enrichie par des doses croissantes de SO_4Mn, H_2O correspondant approximativement à 280, 550, 780 et 1 550 kg par hectare.

	Milligrammes pour 1000 de terre sèche.				
	Série 1.	Série 2.	Série 3.	Série 4.	Série 5.
Mn actif de la terre	6	18	28	35	60
Mn dans les pailles à la récolte :					
Avoine variété « Multigrap »	–	12	27	39	90
Avoine variété « Mesdag »	12	19	28	63	126
Aspect des plantes	Très carencées	Légèrement carencées	Saines	Saines	Saines

Les plantes de la série 1 ont manifesté une carence très grave puisque la récolte a été nulle pour la variété Multigrap. Les plantes de la série 2 ont seulement présenté quelques symptômes sans gravité, alors que les autres séries ont donné des récoltes tout à fait normales. L'essai ne permet pas de dire si le passage de Mn actif de 28 à 60 p. p. m. a fait augmenter la production de matière sèche.

2° *Expériences en plein champ*, dans des parcelles contiguës, de pH voisin de 6 et enrichies par des doses de SO_4Mn, H_2O correspondant à 100, 300, 1000 et 2000 kg par hectare (La parcelle 1 est le témoin sans manganèse).

([3]) *Annales Agronomiques*, n° 3, 1952 (sous presse).

	Milligrammes pour 1000 de terre sèche. Parcelles				
	1.	2.	3.	4.	5.
Mn actif du sol	17	27	47	160	318
Mn dans les plantes :					
Avoine (plante entière au tallage)	30	50	91	373	925
Aspect de l'avoine	Carencée	Saine	Saine	Saine	Saine
Pomme de terre (feuilles en juin)	48	58	65	257	536
Senecio vulg. (plante entière à la floraison)	49	–	63	–	121
Aspect de ces deux plantes	Saines	Saines	Saines	Saines	Saines.

L'examen des tableaux ci-dessus indique, d'une part que la carence en manganèse accompagnée de graves symptômes pathologiques cesse dès que le manganèse actif s'élève au delà de 25 p. p. m., d'autre part, qu'il existe un parallélisme assez étroit entre le Mn actif et la teneur en Mn des pailles à maturité comme des jeunes céréales à l'époque du tallage herbacé. Pour les feuilles de pommes de terre, la concordance est également bonne, mais pour une plante adventice, le Séneçon (*Senecio vulgaris*), l'élévation de la teneur en Mn de sa matière sèche est faible par rapport à l'élévation de la teneur du sol.

Conclusions. — Le « manganèse actif » du sol conditionne l'alimentation en manganèse des végétaux et en particulier la présence ou l'absence de symptômes pathologiques de carence.

Il existe une étroite relation entre cette fraction du manganèse et la teneur des végétaux en cet élément surtout pour les céréales, plantes les plus sensibles à la carence.

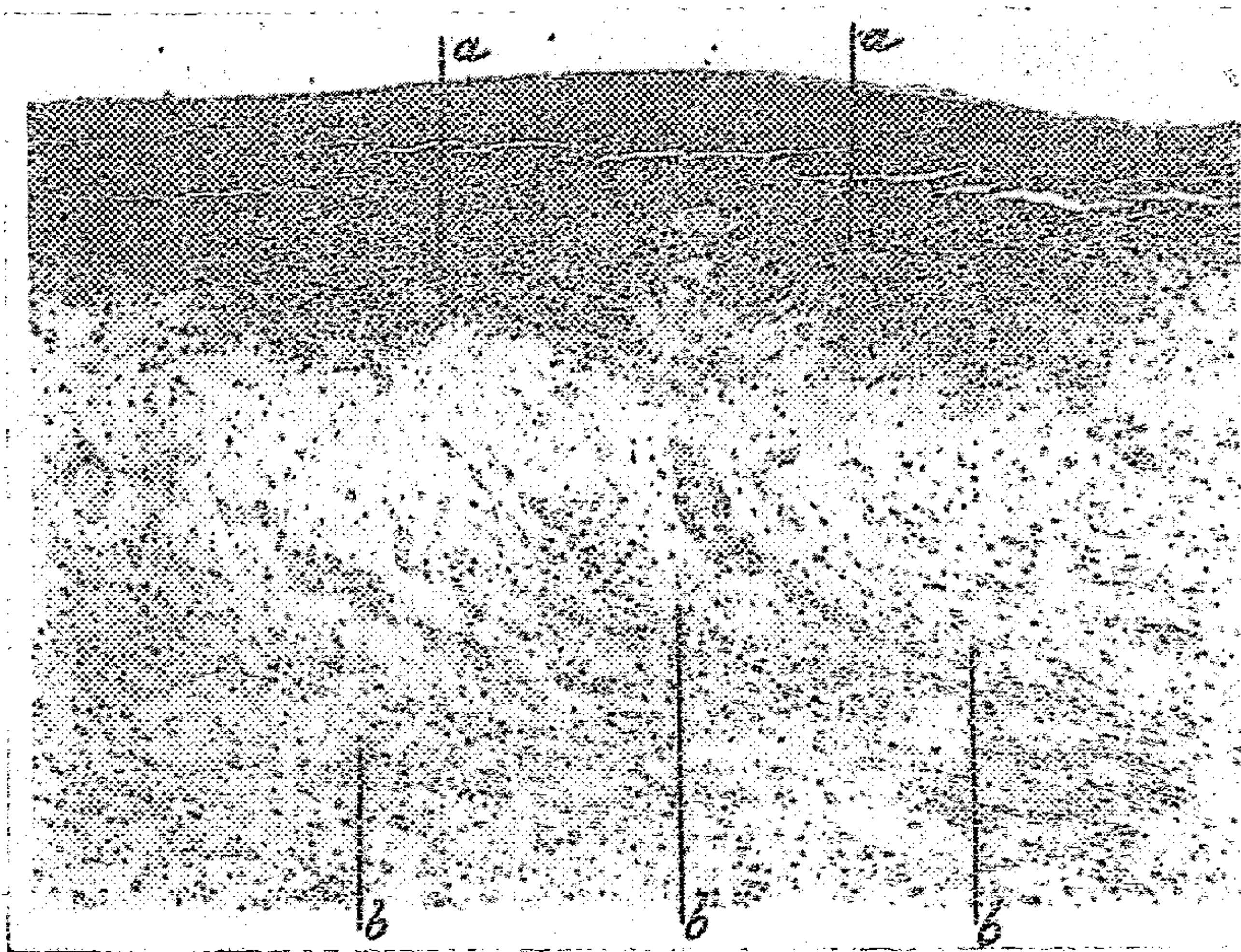
La plasticité chimique des jeunes plantes d'avoine est considérable puisque Mn peut passer de 50 à 925 p. p. m. dans leur matière sèche sans qu'il y ait de manifestations extérieures de carence ou de toxicité. Pour comparer les teneurs en manganèse de différentes variétés ou espèces végétales, il y a donc lieu de n'utiliser que des plantes ayant poussé sur un même sol, puisque le facteur « manganèse actif » revêt une très grande importance dans l'absorption de cet élément.

PHYSIOLOGIE. — *Sur les effets des injections intradermiques de dibenzanthracène chez le Poulpe.* Note de MM. **Antoine Jullien**, **André-Pierre Jullien** et **Jean Ripplinger**, présentée par M. Léon Binet.

Nous avons pu, pour la première fois, utiliser cette substance cancérigène sur deux exemplaires de Poulpe. Quelques cristaux de dibenzanthracène ont été introduits dans l'épaisseur du tégument sur la face dorsale de l'un

et sur la face ventrale de l'autre. Le tissu conjonctif dermique, plus serré que chez la Seiche et orienté d'une façon plus irrégulière, rend plus difficile l'injection du produit.

Les lésions déclenchées en quatre et cinq jours sont, macroscopiquement, moins spectaculaires que celles observées chez la Seiche et dont nous avons rendu compte antérieurement ([1]). Il est difficile de déterminer si elles ont creusé en profondeur et s'il y a eu genèse d'une escarre; leur emplacement s'indique seulement, sur un cercle de 8 à 10 mm de diamètre environ, par une coloration blanc jaunâtre du tégument et par la disparition des volumineuses papilles qui caractérisent la peau normale.



Poulpe. Inflammation par le dibenzanthracène. Coupe histologique du tégument. Microphotographie (G. 100).

a. Épaisse barrière leucocytaire de surface. — *b*. Derme fortement infiltré de leucocytes dessinant des traînées qui s'infléchissent pour converger vers la barrière leucocytaire de surface.

Au point de vue histologique, les lésions développées sont très accusées et caractéristiques; quoique plus réduites en surface que chez la Seiche, elles se sont traduites par la formation et l'élimination d'une escarre et par une réaction leucocytaire particulièrement puissante (*fig.*). Aussi bien à la face dorsale qu'à la face ventrale du sac viscéral, les paillettes de dibenzanthracène sont venues se loger, non comme chez la Seiche, à la limite du derme et du muscle du manteau, région de pénétration facile, mais plus près de la surface, au niveau du milieu du derme. La tombée de l'escarre a entraîné

([1]) R. Jacquemain, A. Jullien et R. Noël, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 441.

l'élimination subséquente de l'épiderme, des chromatophores et de la moitié externe du derme. Son emplacement est marqué par une petite cuvette peu profonde, cerclée, à sa périphérie, par un cul-de-sac, insinué dans le tégument resté sain et surplombé par le bord externe, légèrement affaissé, de la peau.

La réaction inflammatoire a été extrêmement intense (*fig.*); elle est, comme chez la Seiche, en ce qui concerne les éléments figurés, exclusivement d'origine leucocytaire. Dans un travail antérieur, R. Noël et A. Jullien (²) ont montré que, chez le Poulpe, les granulations cytoplasmiques ne présentent aucun caractère qui permette de les assimiler aux granulations éosinophiles des leucocytes de la Seiche. Au point de vue de la colorabilité notamment, elles n'ont pas, chez le Poulpe, d'électivité particulière pour l'éosine; elles se teignent en bleu sale par le bleu d'aniline; elles sont moins nombreuses que chez la Seiche, non réfringentes et plutôt basophiles. Il n'empêche que, malgré ces variations, le rôle fonctionnel, ou l'un des rôles des granulations, est le même chez le Poulpe que chez la Seiche, qu'il est fondamental dans la lutte de l'organisme contre les agents irritatifs et qu'il commande le rejet des tissus lésés; la réparation ultérieure des plaies, dans ses stades initiaux, est aussi l'œuvre exclusive des leucocytes qui s'ordonnent et évoluent en un néo-tissu cicatriciel.

La réaction leucocytaire qui, donc, domine la scène, peut être systématisée comme il suit : en surface, les granulocytes serrés en une très épaisse barrière (*fig. a*) sont en voie d'allongement et de stratification; cette barrière représente le tissu de cicatrice. Tout à sa surface, les processus évolutifs sont moins marqués et, à ce niveau, des fissures parallèles aux assises leucocytaires ont pris naissance et sont indicatrices d'une élimination prochaine de cette zone externe; ainsi, suivant de peu la chute de l'escarre, s'achèvera le nettoyage de la plaie.

Sous cette barrière et sur ses côtés, l'infiltration du derme, dans sa moitié interne, par les leucocytes, est très marquée; les traînées qu'elle dessine (*fig. b*), d'abord horizontales, s'infléchissent ensuite, prennent progressivement une direction oblique, puis verticale, pour venir converger vers la base de la barrière externe afin de renforcer son fond par adjonction de nouvelles assises.

Le muscle du manteau ne participe pas aux réactions. En outre, le derme restant après la chute de l'escarre et le muscle sous-jacent ne présentent aucun signe de dégénérescence.

En résumé, chez le Poulpe, le dibenzanthracène déclenche des lésions non extensives, strictement limitées, mais la réaction leucocytaire, élément essentiel de l'inflammation, est extrêmement rapide et puissante.

(²) *Archives de Zoologie expérimentale et générale*, 75, 1933, p. 485.

CYTOLOGIE. — *La teneur en acide désoxyribonucléique des noyaux sexuels chez un* Rhabditis *hermaphrodite*. Note de M. **Robert Delavault**, présentée par M. Louis Fage.

La teneur des noyaux en acide désoxyribonucléique (ADN) a été étudiée dans des noyaux au repos, en mitose, et pendant le développement embryonnaire par Pasteels et Lison (1), (2), (3). Ces auteurs apportent des conclusions différentes de celles de Boivin, R. Vendrely et C. Vendrely (4); H. H Swift (5) sans être en accord complet avec les premiers cités, vérifie une partie de leurs résultats.

Dans un travail portant sur la répartition des acides nucléiques pendant la gamétogenèse d'un Nématode libre hermaphrodite : *Rhabditis elegans*, j'ai mesuré les teneurs apparentes en ADN des noyaux avec l'histophotomètre de Lison (6) à l'Université de Bruxelles.

Chez *Rh. elegans* la gonade est un ovotestis où la spermatogenèse précède l'ovogenèse; il existe une phase critique de la gamétogenèse dont il faut préciser les modalités. Des mâles en nombre important peuvent être obtenus si les hermaphrodites sont fécondés par des mâles vrais.

Les mesures ont porté sur les zones : gonies + synapsis et pachytène exclusivement; ce matériel ne permet pas, en raison de difficultés techniques, une application de cette méthode de mesure aux autres figures de la prophase méiotique.

L'observation des coupes traitées après réaction nucléale de Feulgen et après coloration d'Unna montre une diminution de la teinte de la chromatine qui débute avec le pachytène, se poursuit et atteint son maximum à l'interphase postsyndétique. Il importait de chercher si cette atténuation de l'affinité tinctoriale de la chromatine correspondait à une variation de la teneur en ADN des noyaux.

Plusieurs lots d'animaux ont été étudiés dans des conditions rigoureusement identiques :

Animaux prélevés 2 jours avant la maturité sexuelle : (♀ — 2);

Animaux prélevés 1 jour avant la maturité sexuelle : (♀ — 1);

Animaux prélevés à maturité sexuelle : (♀ et ♂).

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau où les lettres ont la

---

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 780.
(2) *Acad. roy. Belg.*, 36, 1950, p. 348-354.
(3) *Arch. Biol.*, 62, 1951, p. 1-64.
(4) *C. R. Soc. Biol.*, 142, 1948, p. 1258.
(5) *Physiol. Zool.*, 23, 1950, p. 169-198.
(6) *Acta. Anat.*, 10, 1950, p. 333-347.

signification suivante : n, nombre de mesures; M, moyenne de ces n mesures; s_M, écart-type de cette moyenne. La dernière colonne porte la formule permettant de calculer statistiquement si les différences observées sont significatives ou non.

	Gonies + synapsis		Pachytène		
	n.	$M \pm s_M$.	n'.	$M' \pm s'_{M'}$.	$\Delta M \pm \sqrt{s_M^2 + s'^2_{M'}}$.
♀ — 2	60	71,60 ± 2,09	52	60,00 ± 1,22	11,60 ± 2,42
♀ — 1	41	75,05 ± 2,18	40	76,60 ± 1,70	1,55 ± 2,76
♀	84	88,58 ± 2,33	78	78,05 ± 2,37	10,53 ± 3,32
♂	48	77,54 ± 1,52	58	70,19 ± 1,45	7,35 ± 2,10

L'examen de ce tableau suggère les interprétations suivantes :

1° La teneur en ADN des chromosomes serait plus faible au pachytène que dans les gonies et au synapsis. Cependant ce phénomène ne s'observe pas chez les ♀ — 1.

2° La teneur en ADN pour les zones homologues, augmente pendant la croissance des animaux.

3° Puisque chez les animaux adultes les teneurs en ADN des mâles sont inférieures à celles des hermaphrodites, on peut avancer l'hypothèse suivante : chez les ♀ — 1 où la spermatogenèse est achevée, un mélange des noyaux mâles et femelles masquerait le phénomène décelé chez les animaux plus jeunes et adultes.

Ces premiers résultats ne permettent pas d'affirmer la réalité des phénomènes observés; en effet ce matériel présente des difficultés entraînant des erreurs parfois importantes. Dans les populations étudiées, les écarts individuels sont quelquefois très grands, et l'hétérogénéité qui en résulte provient sans doute d'une sélection défectueuse des noyaux, en particulier dans la zone de passage : synapsis-pachytène. Cette sélection ne peut être poussée plus avant en étudiant les gonades de *Rhabditis elegans*.

Aussi faut-il envisager de confirmer ou d'infirmer si les teneurs en ADN subissent des variations pendant la prophase méiotique, en choisissant un matériel plus favorable permettant surtout un repérage exact des formes de la chromatine.

BIOLOGIE. — *Expériences de jeûne absolu au cours du dernier âge de la vie larvaire chez* Bombyx mori *L.* Note (*) de M. **Jean Marie Legay**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Au cours d'expériences de jeûne absolu, entreprises pour mettre en évidence les variations de la réponse à ce traitement, nous avons été

(*) Séance du 4 février 1952.

amené à considérer l'influence du jeûne sur les mues. Nous nous proposons de relater ici les résultats particuliers obtenus en opérant sur des larves du dernier âge.

1. En étudiant la survie chez des larves mises à jeûner après un temps d'alimentation de plus en plus long, nous retrouvons dans le dernier intermue les périodes déjà notées par Bouhniol :

1° une période d'alimentation obligatoire, qui ne peut être abrégée par le jeûne sans, du même coup, inhiber la mue (A, *fig.* 1);

2° une période d'alimentation facultative ($B_1 + B_2$, *fig.* 1) qui peut être plus ou moins réduite par le jeûne sans empêcher la mue;

3° une période de jeûne physiologique (C, *fig.* 1) précédant normalement la mue.

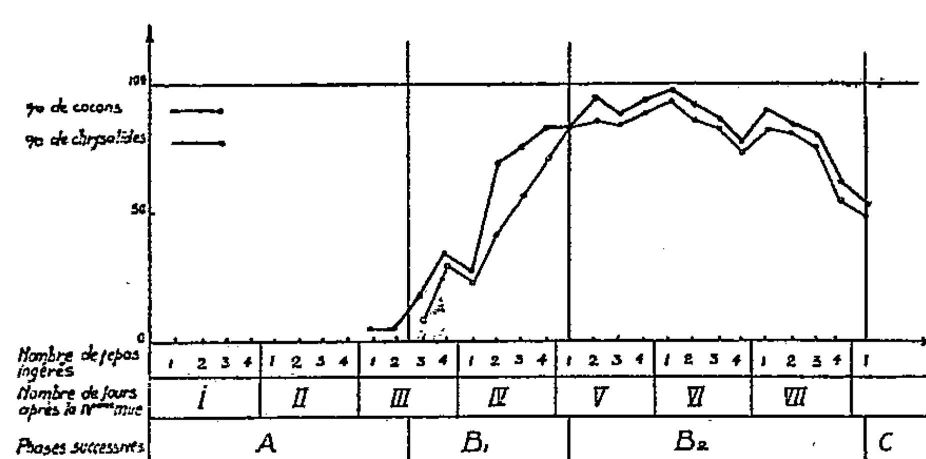


Fig. 1.

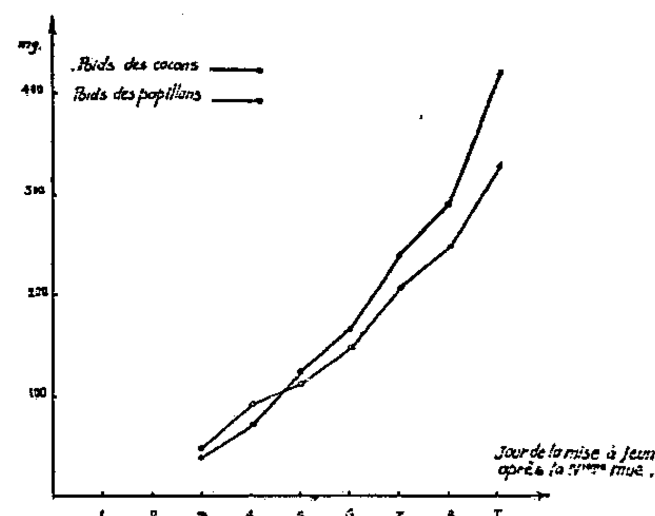


Fig. 2.

Fig. 1. — Variations du pourcentage de cocons et de chrysalides formés dans des lots de vers à soie mis à jeûner au cours du dernier âge de la vie larvaire.

Fig. 2. — Évolution pondérale des cocons et des papillons issus de chenilles mises à jeûner au cours du dernier âge.

Mais dans les conditions standard où nous travaillons (t^0 22° C, 4 repas par jour), nous trouvons que la durée de la période d'alimentation obligatoire, rapportée à la durée totale de l'alimentation normale est, d'après nos expériences, de 0,35, au lieu de 0,63 selon Bounhiol, c'est-à-dire du même ordre que les valeurs trouvées par cet auteur pour *Lymantria dispar* et *Galleria melonella.*

La valeur du rapport ci-dessus est, par ailleurs, plus élevée chez la femelle que chez le mâle; parmi les jeûneurs, ce sont les mâles qui font leur cocon les premiers et en plus grand nombre; parmi les jeûneurs qui n'arrivent pas à muer, ce sont les femelles qui meurent en général les premières.

2. L'étude du comportement des jeûneurs de la période d'alimentation facultative permet de subdiviser cette période en deux phases successives :

— l'une B_1, pendant laquelle les vers soumis au jeûne peuvent *filer un*

cocon sans muer; la proportion des vers effectuant la mue nymphale augmente proportionnellement à la durée de l'alimentation;

— l'autre B_2, pendant laquelle les vers soumis au jeûne muent régulièrement après avoir filé un cocon.

Pendant la première phase, le rapport du nombre de chrysalides normales sur le nombre de cocons normaux a une valeur moyenne de 0,76; ce rapport atteint 0,96 pendant la phase B_2. La durée de ces phases est de 7 repas pour B_1 et de 11 repas pour B_2 (cf. *fig.* 1).

Si le filage du cocon n'est pas obligatoirement suivi de la nymphose, la *nymphose* est, par contre, *toujours* précédée du *filage d'un cocon* si faible soit-il. La quantité de soie émise peut n'atteindre que 40 mg (blaze et ébauche de cocon) et la signification d'une telle excrétion demande à être précisée, en tenant compte des travaux d'Allegret (¹) sur la toxicité de la rétention de la soie et d'observations sur le comportement des vers avant toute mue.

Enfin la date du filage des premiers cocons est toujours la même à quelques heures près, pour les divers lots de chenilles, autrement dit n'est pas influencée par le moment auquel a débuté le jeûne imposé à des chenilles du dernier âge.

3. Les chenilles mises à jeûner pendant la période d'alimentation facultative n'ont pas toutes subi des métamorphoses parfaites. Un certain nombre (2 % environ, sur plus de 1600 vers à soie expérimentés) ont donné des hémichrysalides.

4. En général, les chenilles prélevées au début de la période d'alimentation facultative ont, après avoir filé des cocons minuscules, subi une métamorphose normale pour donner naissance à des *papillons nains*. Nous avons ainsi obtenu des lots de cocons à poids moyen de 40 mg et des lots de papillons à poids moyen de 46 mg, alors que les poids moyens correspondants des témoins étaient de 425 et 331 mg (il s'agit de poids relatifs après conditionnement, ce qui équivaut à une dessiccation déterminée). Le graphique de la figure 2 montre l'accroissement progressif du poids du cocon et de l'imago en rapport avec l'augmentation de la période d'alimentation.

Les chiffres trouvés pour les cocons sont particulièrement suggestifs; ils testent pratiquement au cours du dernier âge *l'évolution de la potentialité* soyeuse de la chenille et correspondent, pour les poids, à la courbe de croissance que nous avions obtenue dans une étude antérieure (²) pour le volume du réservoir des glandes séricigènes.

(¹) *Comptes rendus,* **232**, 1951, p. 268.

(²) *Revue du Ver à Soie*, **1**, vol. I, 1949, p. 59-64 et **2**, vol. I, 1949, p. 27-32.

Quant aux papillons, il importe de signaler que leurs éclosions se sont étalées sur trois jours, quelle que soit la durée du jeûne imposé aux chenilles pendant la période d'alimentation facultative; celui-ci n'influence donc que très peu la durée du développement nymphal.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Influence des variations de salinité du milieu extérieur sur des Crustacés cavernicoles et épigés.* II. *Étude des teneurs en chlore du milieu intérieur et des tissus.* Note de Mlle **Louise Derouet**, présentée par M. Louis Fage.

Par son osmorégulation aux salinités élevées, *Cæcosphæroma virei* cavernicole, apparaît plus proche de *Gammarus locusta* L., espèce épigée marine que de *Gammarus pulex* L., espèce épigée d'eau douce. Cette observation confirme l'hypothèse d'une origine marine de *Cæcosphæroma virei*.

L'étude des échanges respiratoires a montré (1) que les Crustacés cavernicoles supportent mieux que les épigés d'eau douce la vie en eau salée; il était donc intéressant de comparer les variations de la teneur en chlore du milieu intérieur et des tissus en fonction d'un accroissement de salinité, chez *Cæcosphæroma virei*, espèce cavernicole particulièrement résistante à l'augmentation de salinité et chez *Gammarus pulex* et *Gammarus locusta*, espèces épigées respectivement d'eau douce et d'eau de mer. Les animaux étaient sacrifiés après un séjour de 24 h dans les différents milieux. Cette durée, suffisante pour modifier les échanges respiratoires, l'est aussi pour influencer les teneurs en chlore, comme l'ont montré des mesures faites après des séjours de 5 et 15 jours dans les milieux.

Le chlore a été dosé selon la méthode de Wiggleworth (2) pour le milieu intérieur, celle de Sunderman et Priscilla (3) pour les tissus.

Les résultats sont exprimés sur les courbes en pourcentage de chlore en fonction de la salinité du milieu ambiant (*voir* cliché ci-contre).

Si l'on établit le rapport Cl milieu intérieur/Cl tissus, qui semble être le plus apte à mettre en évidence les réactions de l'animal pour s'adapter à son nouveau milieu, on constate que, pour des salinités faibles (25 à 40 % d'eau de mer), ce rapport diminue quand la salinité croît chez *Cæcosphæroma* et *Gammarus pulex*, espèces d'eau douce, alors qu'il augmente légèrement chez *Gammarus locusta* marin.

---

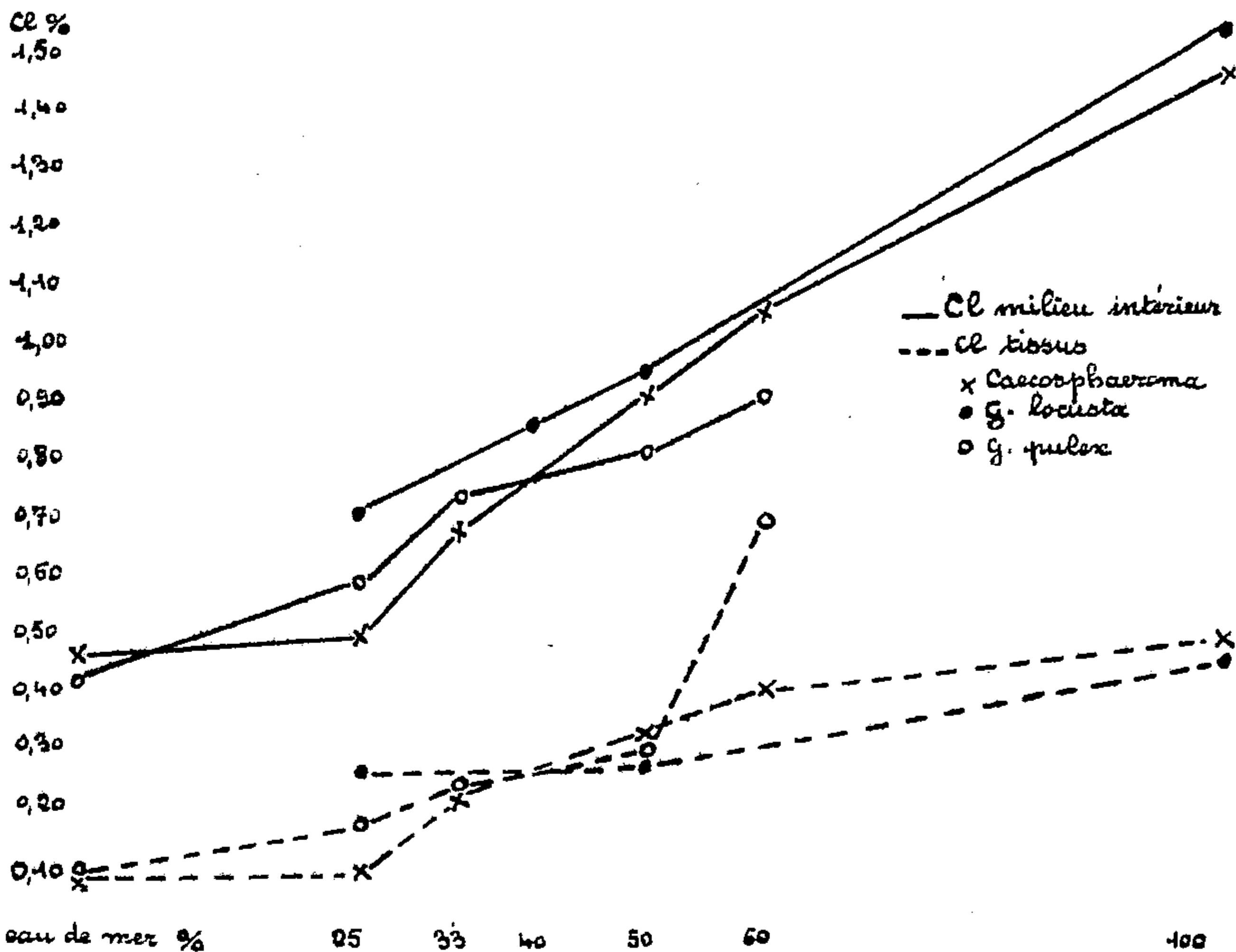
(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 473.
(2) *Biochem. J.*, 31, 1938, p. 1719-1722.
(3) *J. Biol. Chem.*, 102, 1933, p. 279-285.

Valeur des rapports $\frac{\text{Cl } \textit{milieu intérieur}}{\text{Cl } \textit{tissus}}$ (*).

	Eau douce.	Mer 25 %.	Mer 50 %.	Mer 60 %.	Mer pure.
Cæcosphæroma............	5,5	4,5	2,9	2,8	2,9
G. locusta................	–	2,8	3,3	–	3,4
G. pulex.................	4	3,7	2,8	1,3	–

(*) Chacun de ces rapports est calculé sur la moyenne de quatre valeurs Cl tissus, Cl milieu intérieur obtenues dans une expérience donnée.

Mais, à partir d'une concentration de 50 % d'eau de mer, tandis que ce rapport continue à diminuer considérablement chez *G. pulex*, il se maintient sensiblement au même niveau chez *Cæcosphæroma* et *G. locusta*.



Il semble qu'à partir de cette concentration, *Cæcosphæroma* et *G. locusta* aient atteint un équilibre des échanges milieu intérieur-tissus qui ne sont plus influencés par le milieu extérieur, un tel équilibre ne parvient pas à se réaliser chez *G. pulex*.

Quelques mesures de teneur en eau, en nombre encore insuffisant pour permettre d'en tirer une conclusion définitive, semblent toutefois indiquer, conformément à l'opinion de Beadle ([4]), que les modifications apportées

([4]) *J. exp. Biol.*, 17, (2), 1940, p. 153-163.

par une augmentation de salinité du milieu ambiant se soldent, en définitive, par un enrichissement en sel de l'organisme et non par une perte d'eau.

En conclusion, dès que la salinité du milieu ambiant atteint 40 %, ce qui représente une valeur limite de tolérance pour *Gammarus pulex*, espèce typiquement d'eau douce, *Cæcosphæroma* se comporte de la même manière que *Gammarus locusta* marin : les teneurs en chlore du milieu intérieur et des tissus deviennent très voisines et il s'établit un équilibre entre celles-ci. On peut donc admettre comme très probable l'origine marine de *Cæcosphæroma virei* dont les mécanismes osmorégulateurs semblent demeurés très proches de ceux de ses ancêtres marins établis sur les rivages des mers miocènes et pliocènes.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Hétérogénéité dans le comportement agressif des ouvrières d'*Apis mellifica. Note (*) de M. **Jacques Lecomte**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Si l'on agite, dans une cagette d'élevage, au moyen d'un dispositif mécanique, un leurre de laine marron d'un volume sensiblement égal à celui d'une Abeille, on constate de vives réactions d'agressivité de la part des habitantes de la cagette, réactions pouvant aller jusqu'à la piqûre du leurre. Il a été montré ([1]) que le leurre de laine marron est aussi souvent attaqué qu'un cadavre d'Abeille et que, par ailleurs, restant toujours semblable à lui-même, son emploi est préférable. Un leurre immobile n'est jamais attaqué par les ouvrières; l'attaque cesse en même temps que l'agitation du leurre; enfin il y a un parallélisme certain entre la vitesse de déplacement du leurre et le nombre des attaques. Si l'on marque les Abeilles en expérience d'un point ou d'une combinaison de points de couleurs différentes, l'on constate qu'environ 50 % de la population *ne présente jamais de réactions d'agressivité* et cela au cours de plusieurs présentations du leurre, s'échelonnant sur une durée de 48 h.

Ce pourcentage varie d'ailleurs d'une ruche à l'autre; en particulier, il a été trouvé beaucoup plus faible pour une ruche de race caucasienne, race réputée pour sa douceur.

Les résultats suivants ont été obtenus pour une population totale de 127 ouvrières de race noire commune en provenance d'une même ruche et réparties en six cagettes, le leurre ayant été présenté 10 fois à chacune des cagettes pendant une période de 48 h; le nombre total des attaques ayant été de 199.

(*) Séance du 4 février 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1376.

Nombre d'Abeilles n'ayant jamais attaqué		....	56
»	ayant attaqué	1 fois.........	22
»	»	2 »	17
»	»	3 »	8
»	»	4 »	6
»	»	5 »	5
»	»	6 »	3
»	»	7 »	2
»	»	8 »	0
»	»	9 »	1
»	»	10 »	1

Un grand nombre de présentations, se suivant à moins d'une heure d'intervalle, élève considérablement le nombre des attaques et le nombre des Abeilles y participant.

Si l'on enlève, de plusieurs cagettes les Abeilles ayant attaqué plus de trois fois au cours de cinq présentations (plusieurs attaques au cours d'une même présentation ne sont comptées que comme une seule) et que ces Abeilles soient groupées dans une nouvelle cagette, on observe une énorme augmentation de l'agressivité et le nombre des sujets n'attaquant pas n'est plus que d'environ 10 %. D'un autre côté, dans les cagettes d'où l'on a retiré les Abeilles les plus agressives, on n'observe qu'une faible baisse de l'agressivité, les abeilles ayant attaqué une ou deux fois durant les premiers tests, devenant alors plus agressives

Ces quelques observations semblent mettre en évidence une hétérogénéité dans le comportement d'ouvrières en provenance d'une même ruche; cette hétérogénéité peut être attribuée à plusieurs causes non encore déterminées.

La première à envisager serait l'existence d'une caste d'Abeilles agressives, sans différenciation morphologique. L'agressivité se développerait peut-être à un certain âge de l'abeille comme pour le butinage et les diverses activités de l'ouvrière.

Une autre hypothèse serait celle de l'existence d'un phénomène de dominance; le fait que les Abeilles peu agressives voient leur agressivité augmentée après le départ des plus agressives serait en faveur de cette dernière hypothèse. Enfin une dernière supposition aussi plausible serait celle de l'existence de différences génétiques entre les ouvrières.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Anhydrisation enzymatique des orthophosphates et synthèse de la cocarboxylase*. Note de MM. **Nguyen van Thoai**, **Jean Roche** et Mlle **Mariette Sfez**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'anhydrisation enzymatique des orthophosphates minéraux en pyrophosphates a été mise en évidence par deux d'entre nous à partir des

extraits de muqueuse intestinale ([1]). Par ailleurs, Kornberg a récemment décrit la libération de pyrophosphate par dismutation enzymatique entre l'acide adénosinetriphosphorique (ATP) et le mononucléotide de l'amide nicotinique (MNP) ou le mononucléotide de la flavine (MNF) ([2]). En dehors des dérivés de l'acide adénylique, une combinaison pyrophosphorique organique paraît également se former par transport d'un groupe orthophosphorique labile sur un ester phosphorique dans la synthèse enzymatique de la cocarboxylase. Celle-ci peut, en effet, être réalisée par phosphorylation de la thiamine à partir de l'acide adénosinetri- (ATP) ou di-phosphorique (ADP) ([3]). L'utilisation de ce dernier suppose soit la présence d'adénylatekinase (myokinase) transformant l'ADP en ATP, soit une anhydrisation du type :


phosphothiamine + PO_4 → pyrophosphothiamine.

Nous avons recherché si une telle anhydrisation est possible ou si la synthèse enzymatique de la cocarboxylase n'est réalisable que par le transfert d'un groupe pyrophosphorique sur la thiamine.

1. La présence d'adénylatekinase ayant été signalée dans les préparations brutes d'hexokinase ([4]) et de galactokinase ([5]) de levure, nous avons vérifié, en premier lieu, que les extraits de levure fractionnés, servant à la synthèse de la cocarboxylase, ne renferment pas cet enzyme. De tels extraits mis en présence d'ADP (0,005 M) + de CO_3HNa 0,02 M ne donnent lieu à aucun dégagement de CO_2 (mesures manométriques). Ce fait démontre que l'ADP est utilisé directement et non après transformation en ATP.

2. Cette utilisation de l'ADP pour la transphosphorylation suppose l'existence de la phosphothiamine comme précurseur de la cocarboxylase. Or, nous avons établi qu'il en est bien ainsi dans des conditions de phosphorylation décrites antérieurement ([3]) et utilisant comme substrat l'acide thiaminephosphorique de synthèse ([6]). Les résultats (tableau I) montrent que l'ATP et l'ADP peuvent servir également de donateurs de phosphates. En présence du dernier, la synthèse de la cocarboxylase est même plus forte avec la phosphothiamine qu'avec la vitamine libre; pour une même

---

([1]) J. Roche, N. v. Thoai et E. Danzas, *Bull. Soc. chim. Biol.*, 27, 1945, p. 599.

([2]) *J. Biol. Chem.*, 182, 1950, p. 779 et 805; A. W. Schrecker et A. Kornberg, *Ibid.*, 182, 1950, p. 795.

([3]) N. v. Thoai et L. Chevillard, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1444.

([4]) M. Kunitz et M. Mac Donald, *J. Gen. Physiol.*, 29, 1946, p. 393.

([5]) R. E. Trucco, R. Caputto, L. F. Leloir et N. Mittelman, *Arch. Biochem.*, 18, 1948, p. 137.

([6]) L. Velluz, G. Amiard et J. Bartos, *Bull. Soc. Chim.*, 2, 1948, p. 871.

quantité de produit utilisé (50 μg de vitamine B_1 ou du dérivé phosphorylé), la décarboxylation de l'acide pyruvique est environ deux fois plus rapide avec le produit de phosphorylation de la phosphothiamine qu'avec celui de l'aneurine.

TABLEAU I. — *Activité cocarboxylasique des produits de phosphorylation de la thiamine* (B_1) *et de la phosphothiamine* (PB_1) *en présence des acides adénosinedi- et -triphosphorique* (ADP et ATP) (mm^3 de CO_2 dégagé à partir de l'acide pyruvique en présence d'apocarboxylase).

Temps en minutes.	B_1 + ADP.		B_1 + ATP.		PB_1 + ADP.		PB_1 + ATP.	
10	50	47	65	73	79	81	81	76
20	94	101	135	127	-	154	178	172

3. Nous avons ensuite recherché si la pyrophosphatase de la muqueuse intestinale est susceptible de réaliser l'anhydrisation de la phosphothiamine pour former la cocarboxylase. Des extraits frais de muqueuse intestinale de Chien (1 partie de muqueuse fraîche, 2 parties d'eau) sont saturés à 37° de PO_4HNa_2, $12H_2O$, additionnés ou non de thiamine ou de phosphothiamine (10 mg : cm^3) et incubés à 37° (16-18 h). Après centrifugation, on mesure l'activité cocarboxylasique sur le liquide incubé. Les résultats (tableau II) montrent que la formation de cocarboxylase a lieu en présence de phosphothiamine, mais non d'aneurine.

TABLEAU II. — *Activité cocarboxylasique des produits de phosphorylation de la thiamine* (B_1) *et de la phosphothiamine* (PB_1) *par la muqueuse intestinale de Chien* (pyrophosphatase) (mm^3 de CO_2 dégagé à partir de l'acide pyruvique en présence d'apocarboxylase).

Temps en minutes.	Enzyme seul.		B_1.		PB_1.	
10	0	0	0	0	60	48
20	0	0	0	0	114	110

En résumé, la synthèse de la cocarboxylase comporte une anhydrisation réalisée soit par transphosphorylation de la phosphothiamine en présence d'un donateur de phosphate, soit par simple condensation des phosphates minéraux avec le même corps. La pyrophosphatase paraît être l'enzyme catalysant ce dernier processus dans les conditions expérimentales adoptées. Il est peu probable, étant donné les résultats négatifs obtenus en présence d'aneurine, que nos observations traduisent les processus de transphosphorylation étudiés par Green et Meyerhoff dans la synthèse d'esters phosphoriques par la muqueuse intestinale [7].

---

(7) H. GREEN et O. MEYERHOFF, *Fed. Proc.*, 9, 1950, p. 179.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *A propos de la notion de vitamine P. Chez le Cobaye l'acide ascorbique suffit à éviter la fragilité vasculaire et les hémorragies pendant un an.* Note de MM. **Jean Fabianek, Joseph Neumann** et **Jean Lavollay**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons établi que l'acide ascorbique est suffisant à la prévention et la guérison de la fragilité vasculaire et des hémorragies provoquées chez le Cobaye par des régimes scorbutigènes ([1]). Mais ces régimes comprenant avoine et son de blé pouvaient apporter des « vitamines P » : flavonoïdes et tannoïdes. Or les résultats de certains auteurs semblaient montrer que l'acide ascorbique ne prévient et ne guérit ces accidents qu'associé à de telles substances, généralement présentes dans les sources naturelles de vitamine C ([2]).

Avec un régime artificiel purifié, ne contenant ni flavonoïde ni tannoïde, mais de composition encore imparfaite, nous avons montré que la dose quotidienne de 5 mg d'acide ascorbique suffit à éviter le scorbut et à maintenir la résistance vasculaire au moins pendant soixante-quinze jours ([3]). On ne pouvait cependant écarter complètement l'hypothèse de facteurs alimentaires *indispensables* au maintien de la résistance vasculaire, autres que l'acide ascorbique, que si l'on parvenait à montrer qu'un régime artificiel sûrement exempt de flavonoïdes et de tannoïdes, complété par de l'acide ascorbique, assure aux cobayes *croissance*, *longévité* et *résistance vasculaire* normales. Le régime suivant, bien accepté par le Cobaye, satisfait à ces conditions.

Caséine purifiée par l'alcool bouillant : 21 g; Amidon : 23,4 g; Dextrine : 15 g, Glucose : 17 g; Huile de Soja (enrichie par 140 mg de tocophérol pur pour 100 cm³ d'huile) : 4 g; Poudre de cellulose : 10 g; Mélange de vitamines B ([4]) : 800 mg; 2-méthylnaphtoquinone : 0,28 mg; Chlorhydrate de choline : 300 mg; Lactate de calcium : 2 500 mg; Acétate de potassium : 2.500 mg; Magnésie : 500 mg; Phosphate disodique : 780 mg; Chlorure de sodium : 750 mg; Chlorure de potassium : 375 mg; Sulfate de potassium : 375 mg; Phosphate mono-potassique : 310 mg; Sulfate de magnésium : 260 mg; Alun de fer et d'ammonium : 98 mg; Sulfate de zinc : 10,5 mg; Fluorure de sodium : 4,2 mg; Alun potassique : 4 mg; Sulfate de cuivre : 2,1 mg; Sulfate de manganèse : 2,1 mg; Iodure de potassium : 0,5 mg; Borate de sodium : 0,5 mg; Sulfate de cobalt : 0,5 mg; Arséniate de sodium : 0,1 mg; 120 U.I. de vitamine A et 30 U.I. de vitamine D, sont administrées par la bouche, tous les deux jours (huile de foie de morue diluée).

([1]) J. Lavollay et J. Sevestre, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 472; J. Sevestre, J. Fabianek, J. Neumann et J. Lavollay, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **33**, 1951, p. 291.

([2]) J.-L. Parrot, M. Gabe et H. Cotereau, *C. R. Soc. Biol.*, **140**, 1946, p. 740; H. Cotereau, M. Gabe, E. Gero et J.-L. Parrot, *Nature*, **161**, 1949, p. 557; M. Gabe et J.-L. Parrot, *Presse Méd.*, **59**, 1951, p. 1740.

([3]) J. Sevestre, J. Fabianek, J. Neumann et J. Lavollay, *Bull. Soc. Chim. Biol.* (sous presse).

([4]) Paavo Roine, A. N. Booth, C. A. Elvehjem et E. B. Hart, *Proceed. Soc. Exp. Biol. Med.*, **71**, 1949, p. 90.

Ce régime provoque le scorbut dans les délais habituels.

Complété par 20 mg d'acide ascorbique [une prise en solution aqueuse toutes les 24 heures ([5])], le régime a été offert à dix cobayes mis en expérience le 13 janvier 1951 et pesant en moyenne 171 g. Trois sont morts après 273, 275 et 290 jours (le premier d'une péritonite fibreuse, le second, sans lésion apparente, le troisième d'un abcès du foie). Un animal bien portant a été sacrifié après 340 jours. Trois autres ont été privés d'acide ascorbique après 300, 301 et 305 jours pour une étude de la carence. Les trois derniers sont vivants après treize mois et bien portants; leurs poids sont : 462, 480, 596 g. Aucun signe habituel de scorbut n'a été présenté par les animaux. Chez les trois animaux morts d'affections intercurrentes et chez l'animal sacrifié, on n'a rencontré ni hémorragie du tube digestif ou des jointures costo-chondrales et des pattes postérieures, ni mobilité des dents. *20 mg d'acide ascorbique pur par jour suffisent à prévenir le scorbut pendant au moins treize mois.*

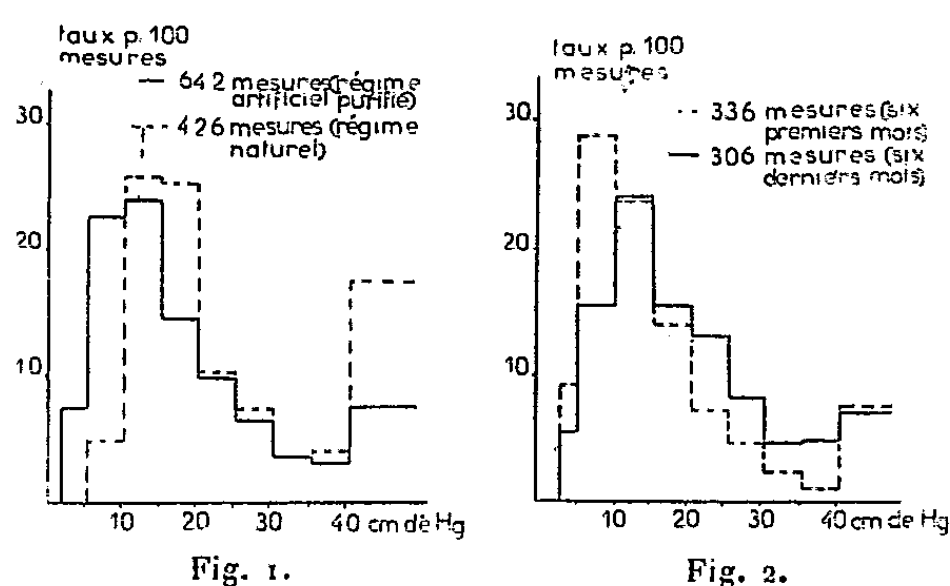


Fig. 1.

Fig. 2.

La résistance vasculaire des cobayes a été régulièrement mesurée suivant notre technique ([6]). Les 642 valeurs ont été réparties en fréquences groupées de 5 en 5 cm de Hg jusqu'à 40 cm et en un seul groupe au-dessus de 40 (*fig.* 1). D'autre part un polygone de fréquences analogue a été construit à partir de 426 mesures relevées durant 40 jours sur 28 cobayes nourris à un régime naturel (*fig.* 1). A ce régime, les valeurs le plus fréquemment rencontrées se groupent autour de 15 cm Hg et dans la classe de valeurs supérieures à 40 cm Hg; on ne rencontre pas de chiffre inférieur à 5 cm. Au régime purifié les valeurs le plus fréquemment trouvées se groupent autour de 10 cm Hg; la classe des valeurs supérieures à 40 cm Hg est relativement peu représentée; il apparaît, dans la classe des valeurs inférieures à 6 cm Hg,

---

([5]) Dose indispensable à la saturation des organes par prise unique journalière chez le Cobaye au régime de Zilva (*Biochem. J.*, 40, 1946, p. 695.)

([6]) J. Lavollay et J. Neumann, *Exposés annuels de Biochimie Médicale*, 10e série, 1947, p. 59.

un nouveau groupe de mesures (0,5 % de mesures égales à 3 cm Hg; 3,5 % à 4 cm, 3,4 % à 5 cm).

Chez les animaux au régime purifié, la résistance vasculaire est donc statistiquement légèrement plus basse. Cependant les deux polygones de fréquences construits à partir des 336 premières mesures (six premiers mois) et des 306 suivantes (six derniers mois) montrent un déplacement d'environ 5 cm Hg des valeurs les plus fréquentes en faveur de la deuxième période (*fig.* 2). *Ces résultats excluent l'hypothèse de la nécessité d'un facteur, autre que l'acide ascorbique, qui serait indispensable pour éviter la fragilité vasculaire.*

PHARMACODYNAMIE. — *Sur l'activité sympathicolytique proportionnelle des isomères de la yohimbine et des bases du groupe de la mayumbine.* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons récemment montré ([1]) que, à l'exception de la δ-yohimbine qui appartient au type de la mayumbine, les huit substances décrites comme des isomères de la yohimbine paraissent bien devoir être tenues pour telles.

De la plupart de ces isomères, nous avions déjà décelé l'activité sympathicolytique ([2]) mais nous n'avions pas encore déterminé, pour chacun d'eux, le degré de cette activité. Notre méthode d'évaluation quantitative du pouvoir sympathicolytique, qui nous a déjà permis de montrer qu'il est pour l'acide yohimbique deux fois plus fort que pour la yohimbine ([3]), nous a donné la possibilité de fixer l'intensité proportionnelle de ce pouvoir chez les différents isomères de cet alcaloïde.

Notons que, pour toutes ces déterminations, nous n'avons utilisé que des échantillons authentiques préparés par les chimistes mêmes qui les avaient décrits les premiers. Pour la pseudo-yohimbine seulement, nos essais ont été pratiqués d'abord avec un échantillon préparé par P. Karrer, qui a découvert ce remarquable isomère, puis avec un spécimen réalisé par M. M. Janot et R. Goutarel qui l'ont étudié par la suite, les essais faits avec l'un et l'autre, s'étant montrés parfaitement concordants.

Voici les valeurs moyennes proportionnelles évaluées par kilogramme d'animal, qui, chez des chiens placés dans des conditions expérimentales appropriées et rigoureusement identiques, a produit l'inversion réelle de l'effet hypertenseur d'une dose convenable de bitartrate d'adrénaline pure de Hœchst.

([1]) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 555.

([2]) *Rev. de pharmacol. et de thérap. expériment.*, **2**, 1930, p. 22; *C. R. Soc. Biol.*, **108**, 1931, p. 1046 et **121**, 1936, p. 1060.

([3]) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1069.

	mg		mg
β-Yohimbine (4)	0,175	Allo-Yohimbine	0,57
Yohimbine	0,259	Yohimbène vrai (6)	1,10
Rauwolscine	0,25	Corynanthine	4,527
γ-Yohimbine	0,27	Pseudo-Yohimbine	34
Iso-yohimbine vraie (5)	0,397		

Il convient de remarquer que si l'activité sympathicolytique de la corynanthine s'est montrée sur l'utérus isolé plus grande que celle de la yohimbine (7), elle est, chez l'animal entier, c'est-à-dire dans les seules conditions expérimentales dont on peut tirer des conclusions applicables à la thérapeutique humaine, plus de 17 fois moins forte que celle de cette dernière.

Il convient aussi, de remarquer que le pouvoir sympathicolytique de la pseudo-yohimbine, qui est cependant incontestablement un stéréo-isomère de la yohimbine, s'est révélé 131 fois moins grand que celui de cet alcaloïde et 30 fois plus faible que celui du yohimbène vrai, ce qui suffirait à démontrer que, comme nous l'avons déclaré précédemment (1), la pseudo-yohimbine est tout à fait différente du yohimbène vrai.

Quant aux deux bases du groupe de la mayumbine, leur pouvoir sympathicolytique s'est montré de 1,10 mg pour la mayumbine, de 3,10 mg pour la δ-Yohimbine.

VIROLOGIE. — *Modification du virus rabique fixe (souche Pasteur) sous l'action de la hyaluronidase.* Note de MM. **Robert Béquignon** et **Charles Vialat**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les auteurs avaient montré précédemment que l'addition de hyaluronidase au virus fixe lui confère la virulence par voie sous-cutanée. L'étude de cette adaptation a montré que des passages en série par voie sous-cutanée au Lapin conduisent à des modifications de la maladie expérimentale et des caractères histologiques : repassée par voie cérébrale, cette souche donne en effet naissance à la formation de Corps de Negri typiques.

L'addition de hyaluronidase (1) à une suspension de virus fixe, permet de conférer à celle-ci la virulence par voie sous-cutanée, chez le Lapin.

(4) Préparée et décrite par H. Heinemann (*Ber. d. D. chem. Ges.*, 67, 1934, p. 15).

(5) Préparée et décrite par K. Warnat (*Ber. d. D. chem. Ges.*, 59, 1926, p. 2388).

(6) Il s'agit d'un échantillon dont Hahn lui-même m'a annoncé l'envoi par sa lettre du 10 mai 1928, échantillon qui est en tout conforme à la description que ce chimiste a donnée de cet alcaloïde (*Ber. d. D. chem. Ges.*, 59, 1926, p. 2189 et 60, 1927, p. 707) et qui, notamment, a montré dans la pyridine un pouvoir rotatoire de $+43^{\circ},2$.

(7) Rothlin et Raymond-Hamet, *C. R. Soc. Biol.*, 117, 1934, p. 978 et 118, 1935, p. 33.

(1) R. Bequignon, A. Bussard et C. Vialat, *Ann. Inst. Pasteur*, 76, 1949, p. 285.

Il était intéressant de poursuivre ces passages, en raison des caractères histologiques des lésions nerveuses observées (lésions d'encéphalite avec périvascularite et neuronophagie plus accentuées qu'avec le virus fixe, absence des lésions nucléaires spécifiques de virus fixe, fréquence d'anomalies nucléaires, un ou plusieurs nucléoles, corpuscules oxyphiles intranucléaires dans des noyaux à configuration chromatique normale), et de l'éventualité d'une restauration du virus fixe, voire d'un retour à la souche originelle ([2]), problèmes toujours en suspens.

Nous avons réussi, en partant du 1810ᵉ passage de la souche Louis Pasteur, huit passages consécutifs : inoculation sous-cutanée au niveau du flanc, prélèvement du cerveau de l'animal à l'agonie, et inoculation d'une suspension de celui-ci après addition de hyaluronidase à un animal neuf. Alors que les animaux succombaient au 12ᵉ jour du premier passage, l'incubation de la maladie devient variable, mais dans l'ensemble nettement plus longue au fur et à mesure des passages (12 jours au 1ᵉʳ passage; 22 jours au 6ᵉ passage). Par contre, on ne constate aucune modification de la symptomatologie clinique de la maladie du Lapin, ni de la durée de celle-ci.

L'histologie du névraxe reproduit au cours des passages successifs les lésions que nous avions signalées avec absence de toute lésion nucléaire spécifique de rage fixe ([3]), comme de toute inclusion de rage des rues.

Or, au cours des essais régulièrement effectués pour contrôler les caractères de la souche de virus en question, nous avons fait un passage dans le cerveau, du cerveau d'un animal du 6ᵉ passage, mort en 22 jours. Ce lapin, inoculé dans le cerveau, fut pris au 8ᵉ jour et succomba au 11ᵉ jour, soit à une maladie très différente de la rage fixe initiale. L'histologie du névraxe était celle d'une rage des rues, avec quelques corps de Negri, rares mais indiscutables. Trois passages ultérieurs de cerveau à cerveau amenaient, non une nouvelle fixation de virus avec diminution de la durée de l'incubation et retour à l'histologie du virus fixe, mais au contraire une incubation de 14 jours, avec agonie au 16ᵉ jour et une histologie de virus des rues avec très nombreux corps de Negri parfaitement oxyphiles (Mann) et présentant une structure interne. Au 5ᵉ passage systématique consécutif par voie intracérébrale, le Lapin succombe au 12ᵉ jour. A titre de contrôle, le même cerveau inoculé sous la peau, après addition de hyaluronidase tue l'animal en 16-18 jours. Rappelons que le virus fixe, inoculé dans le cerveau du Lapin, tue l'animal en 7 jours, et inoculé sous la peau après addition de hyaluronidase, le tue en 12 jours.

([2]) Ch. Nicolle et L. Balozet, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1706.
([3]) P. Lépine et V. Sautter, *C. R. Soc. Biol.*, 129, 1935, p. 805.

De nouvelles expériences sont en cours afin de préciser les caractères de la souche obtenue, en variant les voies d'inoculation et les espèces animales, et de déceler, s'ils existent, les caractères qui pourraient la distinguer du virus des rues.

Mais il semble que, d'ores et déjà, cette méthode ait permis d'apporter une modification notable de la souche de virus rabique fixe, considérée jusqu'ici comme une mutation irréversible du virus rabique des rues, par tous les expérimentateurs ([4]).

IMMUNOCHIMIE. — *Mise en évidence de deux anticorps différents dans les sérums tuberculeux par hémagglutination passive.* Note de MM. **Pierre Grabar, Stephen Boyden, Albert Taquet** et **Adrien Bordgas**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'emploi de tuberculines purifiées de diverses façons et des fractions polyosidique et protéique isolées de la tuberculine, et de deux méthodes d'hémagglutination passive, l'une utilisant des érythrocytes tannés et l'autre des érythrocytes normaux, a permis de montrer qu'avec cette dernière méthode ce sont les anticorps antipolyoside qui réagissent, tandis qu'avec les érythrocytes tannés on met en évidence des anticorps différents, probablement des antiprotéides.

Sous le terme d'hémagglutination passive, nous désignons l'agglutination d'érythrocytes, ayant fixé un antigène (ou un haptène), par les anticorps correspondants. C'est ainsi que des érythrocytes traités au préalable par de la tuberculine ou des extraits de bacilles tuberculeux sont agglutinés par des immunsérums tuberculeux et des sérums de malades ([1]). Mais les publications consacrées à cette question prouvent que les sérums de certains malades ne donnent pas cette réaction ([2]).

Nous avons utilisé : *a.* des sérums de Lapin anti-tuberculeux et des sérums de malades tuberculeux; *b.* la fraction protéidique (P_t) et le polyoside pur (S_t),

([4]) M. Nicolau a publié en 1935, sur la transformation du virus fixe en virus des rues, des résultats obtenus par inoculation de nerf à nerf. En dehors du fait que ses expériences n'ont jamais pu être confirmées (C. Levaditi et R. Schoen, *C. R. Soc. Biol.*, 119, 1935, p. 811) et que « même avec une souche des rues la transmission en série par la méthode employée s'est révélée impossible, qu'en outre aucune exagération de la négrigénèse n'a été observée », il est à remarquer que d'après les propres protocoles de l'auteur, aucune modification de la durée de l'incubation ne fût observée en six années d'expériences, et qu'aussi « le virus négrigène obtenu, repassé par inoculation intracranienne perd vite la propriété nouvellement récupérée de provoquer la formation des corps de Negri (S. Nicolau et L. Kopciowska, *Ann. Inst. Pasteur*, 55, 1935, p. 908).

([1]) G. Middlebrook et R. J. Dubos, *J. exper. méd.*, 88, 1948, p. 521.

([2]) *Voir* p. ex. C. Gernez-Rieux, et A. Tacquet, *Bull. Acad. Méd.*, 27-28, 1949, p. 536 et *Ann. Inst. Pasteur de Lille*, 3, 1950, p. 1.

isolés de la tuberculine chauffée par l'un de nous (P. G.) avec Lamensens et Bretey ([3]), ainsi que des échantillons de tuberculine purifiée de l'Institut Pasteur (I. P. 48) ([4]) et de dérivé protéidique purifié (P. P. D., préparé à Weybridge, Angleterre) qui contient cependant 5 % de polyoside ([5]), et *c.* deux méthodes d'hémagglutination passive : celle qui met en œuvre des globules rouges de mouton (G. R.) non traités ([1]) et celle, décrite par l'un de nous (S. B.) qui fait appel à des G. R. soumis à un léger tannage préalable ([6]).

Nos expériences montrent que : 1° *Dans la méthode utilisant les G. R. non tannés, c'est un polyoside qui intervient.* En effet, lorsqu'on traite les G. R. par la fraction protéidique (P_t) exempte de glucides, on n'observe pas d'hémagglutination, tandis qu'en utilisant le polyoside tuberculinique pur (S_t) qui ne contient que 0,4 % d'azote, on obtient des titres identiques à ceux observés en sensibilisant les G. R. avec la tuberculine I. P. 48 ou le P. P. D. D'autre part, l'épuisement progressif par le polyoside de sérums de lapins hyperimmunisés provoque une baisse progressive de leur titre d'hémagglutination. Enfin, les quantités des divers antigènes ou haptènes nécessaires pour inhiber complètement l'agglutination par un sérum de Lapin des G. R. non tannés, ayant été traités, soit par le polyoside, soit par le P. P. D., sont proportionnelles aux teneurs de ces antigènes ou haptènes en polyoside (Tableau)

*Quantités des préparations en γ nécessaires pour inhiber l'hémagglutination par un sérum de Lapin anti-*H 37 Rv.

Produits.	Teneur en polyoside (%).	G. R. non tannés sensibilisés avec S_t.	G. R. non tannés sensibilisés avec P. P. D.	G. R. tannés sensibilisés avec P. P. D.
I. P. 48	40-50	8	3	50
P. P. D.............	5	60	25	3
S_t.................	95-100	3	1,5	500
P_t.................	traces	250	250	50
Fractions II et III (*)...	non dosé	60	150	50

(*) Ces fractions sont intermédiaires entre S_t et P_t.

2° *Dans la méthode utilisant les* G. R. *tannés, c'est un autre antigène et, par conséquent, un autre anticorps qui est en cause.* — En effet, l'agglutination des G. R., tannés et traités par le polyoside, par les sérums de Lapin ou humains tuberculeux est généralement irrégulière et toujours faible (à moins d'utiliser des quantités tellement importantes de polyoside pour sensibiliser

([3]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1967.

([4]) J. Bretey et A. Lamensans, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1880.

([5]) H. H. Green, *Veterinary Journ.*, 102, 1941, p. 267.

([6]) S. Boyden, *J. experim. medic.*, 93, 1951, p. 107.

les G. R. que l'on puisse penser à l'action d'une impureté). Par contre, en utilisant pour sensibiliser les G. R. tannés le P. P. D., on obtient des résultats réguliers et des titres élevés (avec le I. P. 48, les hémagglutinations sont dans ce cas moins régulières). L'épuisement des sérums par le polyoside ne provoque qu'une faible diminution du titre agglutinant envers les G. R. tannés et sensibilisés avec le P. P. D. De plus, pour inhiber l'agglutination des hématies tannés et sensibilisés avec le P. P. D., il faut utiliser des quantités bien plus petites de produits riches en protéides que de ceux riches en polyoside (Tableau). Enfin, l'expérience suivante prouve que les deux réactions mettent en évidence deux anticorps différents : lorsqu'on épuise complètement un immunsérum de Lapin avec des G. R. non tannés sensibilisés avec le polyoside, ce sérum conserve son titre envers des G. R. tannés sensibilisés avec le P. P. D. De même un sérum épuisé par des G. R. non tannés sensibilisés avec le P. P. D. conserve son titre envers des G. R. tannés sensibilisés avec le même P. P. D., ce qui prouve que ce sont des constituants différents du P. P. D. qui se fixent sur des G. R. tannés et sur des G. R. non tannés. Inversement, lorsqu'on épuise le même sérum par des G. R. tannés sensibilisés avec le P. P. D., il conserve un titre, voisin du titre initial, pour des G. R. non tannés sensibilisés avec le polyoside. On voit ainsi que des G. R. non tannés fixent le polyoside ou le constituant polyosidique du P. P. D. (Tableau), tandis que les G. R. tannés sont sensibilisés par un constituant différent du polyoside; des essais préliminaires nous font penser à un protéide.

Les sérums de tuberculeux peuvent présenter un titre très bas ou même nul pour des G. R. non tannés, sensibilisés avec le polyoside, et un titre appréciable par la méthode utilisant les G. R. tannés et sensibilisés avec des produits riches en protéides.

Nous croyons avoir démontré qu'à l'aide de G. R. non tannés, on met en évidence les anticorps anti-polyosides tuberculeux et, à l'aide de G. R. tannés, d'autres anticorps, probablement, anti-protéides tuberculeux.

IMMUNOCHIMIE. — *Intervention des forces spécifiques dans la deuxième phase de la réaction de précipitation antigène-anticorps.* Note de MM. **Francis Tayeau** et **Jean Marquevielle**, transmise par M. Henri Devaux.

On sait que le mélange d'un immunsérum précipitant avec une quantité convenable de l'antigène correspondant laisse apparaître après un certain temps un trouble, puis un précipité. On a pu démontrer, grâce à des mesures physiques (viscosité, réfraction, diffusion latérale de la lumière) que la combinaison entre l'antigène et l'anticorps s'effectue dès le mélange et bien longtemps avant l'apparition du trouble. D'ailleurs, avant même que la vitesse de combinaison entre l'antigène et l'anticorps fut mise en

évidence, Bordet ([1]) considérait déjà deux phases dans la réaction de précipitation antigène-anticorps :

Première phase : combinaison de l'antigène avec l'anticorps;

Deuxième phase : précipitation, due à l'agrégation des complexes antigène-anticorps formés au cours de la première phase.

La formation des agrégats doit être rattachée à une diminution relative des forces d'affinité pour l'eau (due à la combinaison antigène-anticorps) au profit des forces de cohésion (Bordet, Boyd).

On a beaucoup discuté pour savoir si la deuxième phase était due comme la première à l'intervention de forces spécifiques : Bordet ([2]) estime que la précipitation constitue un phénomène physique lié aux forces non spécifiques; Marrack ([3]) et Heidelberger ([4]), au contraire, émettent des théories selon lesquelles le phénomène de précipitation doit être rattaché uniquement à la taille du complexe antigène-anticorps, ces constituants étant unis par les seules forces spécifiques.

Par des expériences mettant en œuvre des réactions d'agglutination on a tenté de résoudre ce problème. Le principe consiste à mettre en présence deux systèmes agglutinants différents et à observer les flocons formés : certains ([5]) ont vu des flocons séparés correspondant à chaque système; d'autres ([6]), ([7]), au contraire, ont observé des flocons mixtes. Wiener et Herman ([8]) ont montré que la formation de flocons mixtes, qui constitue l'exception, se trouve liée le plus souvent à l'existence de réactions croisées; dans la majorité des cas, il se forme des flocons séparés, ce qui conduit à admettre l'intervention des forces spécifiques dans la deuxième phase de la réaction d'agglutination.

A notre connaissance, aucune expérience n'a été réalisée pour montrer l'intervention éventuelle des forces spécifiques dans la deuxième phase de la réaction de précipitation. Nous avons effectué des essais dont l'exposé fait l'objet de la présente Note.

Un immunsérum privé de ses lipides perd la propriété de précipiter lorsqu'on le met en présence de son antigène([9]); l'absence de précipitation se conçoit : l'enlèvement des lipides a augmenté l'hydrophilie relative des

---

([1]) *Ann. Inst. Pasteur*, 13, 1899, p. 225 et 273.

([2]) *Traité de l'immunité et des maladies infectieuses*, 1 vol., Masson, Paris, 1939.

([3]) *The chemistry of antigens and antibodies*, 1 vol., His Magesty's stasionnary office, London, 1938.

([4]) *Bact. Rev.*, 3, 1939, p. 49.

([5]) W. W. C. Topley, J. Wilson et J. T. Duncan, *Brit. J. Exptl. Path.*, 16, 1935, p. 116.

([6]) H. A. Abramson, *Nature*, 1935, 135, p. 995.

([7]) S. B. Hooker et W. C. Boyd, *J. Immunol.*, 33, 1937, p. 337.

([8]) *J. Immunol.*, 36, 1939, p. 255.

([9]) P. Hartley, *Brit. J. Exptl. Path.*, 6, 1925, p. 180.

complexes et la précipitation n'apparaît pas. Bien plus, lorsqu'une partie seulement (10 %) de l'immunsérum mis en jeu a subi la délipidation, la précipitation du système se trouve inhibée ([10]). Ici encore, il faut admettre que l hydrophilie des complexes reste suffisamment élevée pour que la précipitation n'apparaisse pas. D'ailleurs, en faisant varier la proportion de l'immunsérum délipidé, on peut observer tous les intermédiaires entre la précipitation normale et l'absence de précipitation (précipitation plus ou moins retardée).

Dans une première série d'essais, nous avons montré que l'addition à un système précipitant (toxine diphtérique-sérum antidiphtérique de cheval) d'un autre système non homologue (toxine tétanique-sérum antitétanique de cheval), dont l'immunsérum avait été préalablement privé de ses lipides ([11]), n'exerce aucune influence sur la précipitation du premier système. Il ne s'est donc pas formé d'agrégats mixtes, qui auraient certainement retardé ou même inhibé la précipitation. La précipitation du système toxine tétanique-antisérum de cheval étant toujours très lente, on pourrait objecter que la précipitation du système toxine diphtérique-antisérum de cheval s'est produite avant que les complexes toxine tétanique-antisérum de cheval délipidé aient eu le temps de se former. Pour éviter cette critique, nous avons effectué l'expérience inverse et nous avons constaté que si l'on met en présence le système toxine diphtérique-antisérum de cheval délipidé et le système toxine tétanique-antisérum de cheval, la précipitation de ce dernier système ne se trouve nullement influencée.

Dans une seconde série d'essais, nous avons montré que l'addition d'une petite quantité de sérum antidiphtérique de lapin délipidé, puis neutralisé par la toxine, retarde considérablement ou même inhibe la précipitation du système toxine diphtérique-sérum antidiphtérique de cheval. Il s'est donc formé cette fois des agrégats mixtes dus aux forces spécifiques du « motif antidiphtérique », bien que l'origine zoologique des anticorps fût différente. De même, l'addition de sérum antidiphtérique de cheval délipidé et neutralisé par sa toxine retarde ou inhibe la précipitation du système antidiphtérique de lapin-toxine diphtérique.

Ces deux séries d'expériences mettent bien en évidence le rôle que jouent les forces spécifiques dans la seconde phase de la réaction de précipitation antigène-anticorps.

La séance est levée à 15 h 45 mn.

L. B.

([10]) K. LINDERSTRÖM-LANG et S. SCHMIDT, *C. R. Lab. Carlsberg*, 18, 1930, p. 1.

([11]) Par la technique de W. B. Hardy et S. Gardiner (*J. Physiol.*, 40, 1910, p. LXVIII).

ERRATA

(*Comptes rendus* du 15 octobre 1951.)

Note présentée le même jour, de MM. *Jean Lascoux* et *Georges Vendryes*, Mesure de la période d'une activité isomérique à vie brève formée dans le plomb par les neutrons rapides :

Page 860, 18e ligne, *au lieu de* $1,5.10^{-25}$ cm^2, *lire* $1,5.10^{-26}$ cm^2.

(*Comptes rendus* du 7 janvier 1952.)

Note présentée le même jour, de Mlle *Marie-Louise Labeur*, Sur une erreur systématique d'origine orbitale dans les parallaxes dynamiques d'étoiles doubles visuelles :

Page 183, 15e ligne, *au lieu de* d'une manière négligeable, *lire* d'une manière non négligeable.

(*Comptes rendus* du 21 janvier 1952.)

Note présentée le 14 janvier 1952, de M. *Denis Papée*, Relation entre vitesse d'adsorption et isotherme :

Page 438, 28e ligne, *au lieu de* (pression partielle, 90,6), *lire* (pression partielle, 0,96),
» » 37e ligne, *au lieu de* ... en (1 — S), *lire* ... 1 n(1 — S).



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 FÉVRIER 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **ANDRÉ DANJON** informe l'Académie que l'éclipse de Soleil survenue aujourd'hui même, dans la matinée, et qui, dans la région parisienne, n'a pu être directement observée en raison de la nébulosité, a été, en revanche, enregistrée à l'Observatoire de Meudon, grâce au radiotélescope du Centre National de la Recherche Scientifique, sur la fréquence de 255 Mc : s. Autant qu'on peut en juger à première vue, l'étude de l'enregistrement obtenu promet d'être intéressante.

Aucune nouvelle n'est encore parvenue des Missions envoyées par le Bureau des Longitudes à Khartoum et à Bangui pour l'observation de la même éclipse. Notre confrère M. **BERNARD LYOT** s'est installé à Khartoum vers la mi-décembre.

M. **PIERRE LEJAY** fait remarquer que si l'observation des radiations radioélectriques au cours des éclipses ne semble pouvoir être gênée par aucun phénomène terrestre, par contre les observations de l'action ionisante du Soleil sur la haute atmosphère peuvent être considérablement troublées au cas où, à l'heure de l'éclipse, l'ionosphère se trouverait dans des conditions anormales. C'est malheureusement ce qui semble s'être produit aujourd'hui, puisqu'on signale depuis deux jours une violente tempête magnétique. Même si les perturbations ont cessé pendant l'éclipse elle-même, il est à craindre qu'une comparaison de l'ionisation le 25 février et les jours précédents et suivants soit rendue difficile.

NOMBRES TRANSFINIS. — *Les suites finies d'entiers positifs génératrices de permutations.* Note de M. **Arnaud Denjoy.**

L'auteur de l'Ouvrage « L'énumération transfinie », continue l'analyse, commencée dans la Note du 18 février 1952 (¹) et s'appliquant aux principaux résultats inclus dans le Livre II, appelé à paraître prochainement. La section II étudie la détermination des permutations spéciales ou clivées par des familles de suites finies d'entiers positifs.

II. La formation des permutations clivées conduit à la théorie suivante (264).

Soit J une famille de suites finies d'entiers positifs $S=(k_1, k_2, \ldots, k_p)$. Une suite S de J est dite *ouverte* ou *close* dans J selon qu'elle commence une, ou ne commence aucune, autre suite de J.

La famille G est dite *progressive* si toute suite S' commençant une suite S de G est dans G. La famille H est dite *majeure* si toutes ses suites sont closes.

Quel que soit J, G(J) désignera la famille des suites *commençant ou constituant* une suite de la famille J; G(J) contient J et elle est progressive; H(J) sera la famille des suites *closes* de J, H(J) est majeure.

Si H est majeure, G(H) — H est la famille des suites *commençant* une suite de H.

Si G = G(H), réciproquement H = H(G).

La famille progressive G peut ne contenir aucune suite majeure, par exemple la famille des suites commençant une succession indéfinie $\zeta=(x_1, x_2 \ldots)$ d'entiers possitifs; ou encore la famille de toutes les suites finies d'entiers positifs. H (G) est alors inexistant.

Nous considérons la famille G *existante, mais vide*; H(G) est également regardée comme existante, mais vide (267).

Si S est une suite de J, nous désignons par J_S la famille des suites Σ telles que la suite (S, Σ) soit dans J. Si S est ouverte dans J, J_S existe effectivement. Si S est close dans J, nous disons que J_S existe, mais est vide (276).

De toute famille progressive G *nous déduisons* (246) *un ensemble* $\Psi(G)$ *de formes spéciales et l'ensemble* $\Psi(G)$ *des valeurs de ces formes*, qui sont :

1° Si $S=(k_1 \ldots, k_p)$ est dans G et si $k_p \geqq 2$: la forme majeure $f_p(S|0)$;

2° Si S est *close* dans G, toutes les formes intermédiaires $f_p(S|j)$ $(j \geqq 1)$.

Si H est majeure, $\Phi'(H)$, $\Psi'(H)$ sont par définition identiques à $\Phi(G)$, $\Psi(G)$ pour $G=G(H)$.

Si G est vide, $\Phi(G)$ est l'ensemble des formes fictives $f_0|j)(j>1)$ et $\Psi(G)$ est l'ensemble I de tous les entiers positifs.

Théorème. — *L'ensemble* $\Psi(G)$ *est formé de nombres distincts* (265).

(¹) Nous ne revenons pas sur les définitions et les notations introduites dans la Note précédente (*Comptes rendus*, 234, 1952, p. 770).

CONDITION (A). — *Si la suite* $S=(k_1 \ldots, k_p)$ *pour* $p \geqq 0$, *appartient à la famille non vide* G *et en est une suite* OUVERTE, *la suite* $(S, \varkappa)$ *appartient à* G *quel que soit l'entier positif* $\varkappa$ (270).

Pour $p=0$, il faut entendre que toutes les suites (k_1) d'un seul terme sont dans G non vide. La condition (A) implique la progressivité.

THÉORÈME. — *La condition* (A) *est nécessaire et suffisante pour que* $\Psi(G)$ *soit identique à l'ensemble* I *des entiers positifs* (distincts) (273).

Si G vérifiant la condition (A) contient la suite S, la famille G_S vérifie la condition (A) quand S est ouverte. Même si S est close dans G, $\Psi(G_S) \equiv I$.

Si, avec $S=(k_1, \ldots, k_p)$, $\Sigma=(k_{p+1}, \ldots, k_q)$, la suite (S, Σ) est dans G, les deux formes spéciales $f_{p+q}(S, \Sigma | j)$ et $f_q(\Sigma | j)$ sont ou non, solidairement, la première dans $\Phi(G)$, la seconde dans $\Phi(G_S)$.

Convenons d'ordonner l'ensemble I des entiers composant $\Psi(G)$ conformément à l'*ordination alphabétique* (I, 10) *des formes* $f_p(S | j)$ représentant ces entiers dans $\Phi(G)$, chacun des arguments successifs $k_1, k_2, \ldots, k_p$, j de f_p étant ordonné dans le sens de la croissance (281). Nous définissons une permutation P(G) de la suite normale (N) des entiers positifs. N_G désignera l'ensemble I ordonné par P(G). Si G existante est vide, $(N_G)=(N)$; P(G) est alors la permutation-unité.

Nous disons que G vérifiant la condition (A), ou vide mais existante, est une famille (progressive) *déterminante* [sous-entendu : d'une permutation de (N)].

Si la famille H est majeure, nous dirons que H vérifie la *condition* (A′) et que H est *déterminante* (majeure), si G(H) vérifie la condition (A).

Avec $S=(k_1, \ldots, k_p)$, soit I(S) l'ensemble des entiers $f_p(S | j)$ quand j décrit I ($j=1, 2, \ldots$).

THÉORÈME. — *La condition nécessaire et suffisante pour que* S *soit une suite de la famille progressive déterminante* G *est que* I(S) *ordonné par* P(G) *soit une section de* (N_G) (284 et 299).

Si S *est close dans* G, $f_p(S | j)$ *est le conséquent de* $f_p(S | j-1)$ *dans* N_G, *même pour* $j=1$ (286). Quel que soit S dans G, avec $k_p \geqq 2$, l'entier $m=f_p(S | 0)$ *est ordinalement limite de* N_G *du côté antérieur* (de *m*). *Dans* e'_m, ensemble 1, 2, ..., *m* ordonné par P(G) et précédé par zéro, *le précédent de* $m=f_p(S_{p-1}, k_p | 0)$ *est* $f_p(S_{p-1}, k_p-1 | 0)$ (286).

CONDITION B (293). — *La famille de suites finies d'entiers positifs* G *non vide satisfait à la condition* (B), *si toute succession indéfinie* (*de type* τ_ω) $\zeta=(\varkappa_1, \varkappa_2, \ldots)$ *est commencée par une suite* $\zeta_q(\varkappa_1, \ldots, \varkappa_q)$ *close dans* G.

Si la famille G est progressive, la condition B implique l'identité $G=G(H)$, H étant une famille majeure. Celle-ci vérifie la condition (B′) : *Toute succession indéfinie* ζ *commence par une suite de* H.

Restreinte aux seules successions $\zeta=\sigma=(1, 1, \ldots)$ d'une part, et $\zeta=(S, \sigma)$

pour toutes les suites S de G d'autre part, la condition (B) devient respectivement (b_1) et (b_2).

THÉORÈMES. — *La famille* G *étant progressive déterminante : 1° La condition* (b_1) *est nécessaire et suffisante pour que* N_G *ait un élément initial* (288).

2° *La condition* (b_2) *est nécessaire et suffisante pour que tout entier positif ait un conséquent dans* N_G (289).

En ce cas, tout entier positif n se met sous la forme $f_p(\Sigma|j)$ avec $j \geqq 0$, Σ étant une suite close de G (la forme n'est pas nécessairement spéciale quand $j=0$). Si $H=H(G)$ est la famille des suites Σ, le type $T(N_G)$ est alors $T(H) \times \tau_\omega$ (292).

3° *La condition* (B) *est nécessaire et suffisante pour que la permutation* P(G) *soit bien ordonnée* (294).

Par suite, ordonnée alphabétiquement, la famille majeure $H=H(G)$ est bien ordonnée.

THÉORÈME. — *Il y a identité entre les permutations clivées et les permutations déduites de familles déterminantes* G (296).

En conséquence, *la condition nécessaire et suffisante pour que la famille déterminante progressive* G *définisse une permutation spéciale est que* G *vérifie la condition* (B), ou que la famille majeure déterminante $H=H(G)$ vérifie la condition (B') (304).

Soit H^α ou $H(\alpha)$ la famille majeure définissant la permutation canonique P^α; α étant la limite de la suite canonique α_k, H^α sera la réunion des familles $[k, H(\alpha_k)]$, celle-ci étant obtenue en faisant précéder par k chaque suite de $H(\alpha_k)$.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les transformations de contact de l'espace.* Note de M. **GEORGES BOULIGAND.**

Poursuivant l'étude des transformations de contact (TC), j'étends la *propriété de M. Maurice Fréchet* (1) qui pour chaque élément d'une ligne plane $y=\varphi(x)$ à tangente continue, mais sans courbure, objective l'attribution par une TC d'un unique élément X, Y, Y'. A la condition (C_1) posée à cette fin, s'ajoutent, à partir de trois dimensions, des conditions (C_2) d'une autre nature.

L'extension à trois dimensions sera seule explicitée, rien de nouveau n'intervenant au delà. Étudions la TC définie par l'égalité géométrique

$$\mathbf{OM} = \mathfrak{T}(x, y, z, p, q) = \mathfrak{T}(m; \varpi)$$

(1) G. BOULIGAND, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 911. Pour le système aux dérivées partielles rencontré là, n'ont été données que les solutions linéaires en x, y, z. La transformation de Legendre fournit la solution générale, formée de TC menant de chaque plan à un plan parallèle. Les parallélismes minkowskiens s'y distinguent du fait qu'ils changent toute paire Π de plans parallèles en une paire translatée de Π.

dans un entourage E pentadimensionnel d'un élément du premier ordre $(m_0;\ \varpi_0)$ sur lequel les composantes des vecteurs $\mathbf{M}_x + p\mathbf{M}_z$, $\mathbf{M}_y + q\mathbf{M}_z$, $\mathbf{M}_p$ $\mathbf{M}_q$ donnent *une matrice de rang exactement égal à* 2. On se limite au cas où, existant dans E, ces vecteurs y sont fonctions continues de $(m;\ \varpi)$. Sans supposer que m décrive telle ou telle variété, on passe de $(m;\ \varpi)$ à un élément infiniment voisin $(m';\ \varpi')$; d'où pour M un déplacement

$$\Delta\mathbf{M} = \Delta p\ \overline{|\mathbf{M}}_p + \Delta_q\ \overline{|\mathbf{M}}_q + \Delta_x\ \overline{|\mathbf{M}}_x + \Delta y\ \overline{|\mathbf{M}}_y + \Delta z\ \overline{|\mathbf{M}}_z,$$

où le symbole $\overline{|}$ apposé à celui d'un vecteur, en désigne un second infiniment voisin du premier. Prenons d'abord le cas où, dans E, on peut exprimer $\mathbf{M}_x + p\mathbf{M}_z$, $\mathbf{M}_y + q\mathbf{M}_z$ au moyen de $\mathbf{M}_p$, $\mathbf{M}_q$ *formant une base* (= côtés d'un parallélogramme d'aire $\neq$ o), cela par des formules

$$\mathbf{M}_x + p\mathbf{M}_z = a\mathbf{M}_p + a'\mathbf{M}_q, \qquad \mathbf{M}_y + q\mathbf{M}_z = b\mathbf{M}_p + b'\mathbf{M}_q.$$

On peut alors écrire dans un voisinage évanescent autour de $(m_0;\ \varpi_0)$

$$(\Delta\mathbf{M} = \Delta p + a\,\Delta x + b\,\Delta y)\overline{|\mathbf{M}}_p + (\Delta q + a'\,\Delta x + b'\,\Delta y)\overline{|\mathbf{M}}_q + (\Delta z - p\,\Delta x - q\,\Delta y)\overline{|\mathbf{M}}_z,$$

où a, b, a', b' avoisinent indéfiniment leurs valeurs sur $(m_0;\ \varpi_0)$. Introduisons LA CONDITION (C_1), imposant aux accroissements $\Delta x, \ldots, \Delta q$ de provenir de couples $(m;\ \varpi)$, $(m';\ \varpi')$ tels que

$$\lim_{\substack{(m,\,\varpi)\\(m',\,\varpi')}\to(m_0,\,\varpi_0)} \frac{\Delta z - p\,\Delta x - q\,\Delta y}{|\Delta p + a\,\Delta x + b\,\Delta y| + |\Delta q + a'\,\Delta x + b'\,\Delta y|} = \text{o}.$$

Sur l'ensemble ayant fourni ces couples vérifiant (C_1), adjoignons ce système de CONDITIONS (C_2) : de chaque $(m;\ \varpi)$ par $(\Delta_1 x, \ldots, \Delta_1 q)$, puis par $(\Delta_2 x, \ldots, \Delta_2 q)$ on déduit un $(m';\ \varpi')$ puis un $(m'';\ \varpi'')$ tendant avec $(m;\ \varpi)$ vers $(m_0;\ \varpi_0)$, en s'arrangeant pour qu'il y ait un nombre positif fixe toujours surpassé par les six sinus dans les triangles $mm'm''$, MM'M'' et par le rapport (aire MM'M'' : aire $mm'm''$). Alors, en vertu de (C_1), qui élimine l'influence de $\mathbf{M}_z$, et des (C_2) qui éliminent $\overline{|\mathbf{M}}_p - \mathbf{M}_p^0$, $\overline{|\mathbf{M}}_q - \mathbf{M}_q^0$ dans la détermination de la direction limite du plan $\Delta_1\mathbf{M}$, $\Delta_2\mathbf{M}$, le plan MM'M'' tend vers celui de $\mathrm{M}_p(m_0;\ \varpi_0)$, $\mathrm{M}_q(m_0;\ \varpi_0)$. C'est la *propriété de Fréchet* ou F.

Quand l'aptitude locale de $\mathbf{M}_p$, $\mathbf{M}_q$ à *former une base* disparaît (transformations de seconde classe ou de caractère ponctuel), on choisit une autre base qui sera par exemple celle des vecteurs $\mathbf{M}_x + p\mathbf{M}_z$, $\mathbf{M}_y + q\mathbf{M}_z$ s'il s'agit de parallélismes minkowskiens. Mais le principe employé conduit encore à la même conclusion.

D'une manière générale, outre la condition (C_1), seule requise dans le plan, et l'hypothèse, rappelée ci-dessus pour l'espace ordinaire de non-abaissement au-dessous de n du rang de la matrice citée, les espaces à $n+1$ dimensions sollicitent pour l'extension de F un système de conditions du type (C_2) : non-

aplatissement d'un simplexe s_n et de son conséquent S_n [2], non-évanescence du rapport (étendue S_n : étendue s_n). Si m décrit une V_n douée d'éléments de contact du second ordre, le cas où l'un de ces éléments est *critique* offre ce caractère : l'élément du premier ordre (m_0, ϖ_0) que l'on en peut extraire est limite de suites d'éléments $(m; \varpi)$ pour lesquels, (C_1) restant vérifiée, les (C_2) n'ont pas lieu. On peut notamment appliquer F au cas où m décrit, dans l'espace ordinaire, une surface $z = \varphi(x, y)$, où φ a sans plus des dérivées premières, fonctions continues de m sur cette surface, sous la seule réserve de pouvoir y prélever les suites d'éléments du premier ordre vérifiant (C_1) et les (C_2).

GÉOLOGIE. — *La notion de la rétroschistosité.*

Note (*) de MM. **Paul Fourmarier** et **Jean-Marie Graulich**.

L'examen d'une série d'échantillons de roches cristallophylliennes avec schistosité grossière oblique à la foliation, montre que ces joints se sont produits alors que les conditions d'équilibre étaient modifiées par une diminution de la charge statique. Ces joints renferment des minéraux de néoformation rappelant ceux du rétrométamorphisme, d'où la suggestion de les désigner sous le nom général de rétroschistosité.

La schistosité caractérisée par un débitage en feuillets obliques à la stratification est la conséquence du plissement et de la charge [1].

Il existe donc un *front supérieur de schistosité* au-dessus duquel les roches ne sont plus affectées par un tel feuilletage oblique, sauf exceptions locales. Sous ce niveau, la schistosité régionale est de règle, d'abord sous forme de schistosité de fracture, puis de schistosité de flux.

Sous une charge plus grande encore, la schistosité s'atténue pour être remplacée ensuite par le microplissement; il convient d'accepter l'existence d'un front inférieur de schistosité [2]. Sous la zone de microplissement, la cristallinité augmente; c'est le caractère des gneiss et des micaschistes, dans lesquels le débitage s'opère parallèlement à la stratification, jusque dans les charnières des plis; la foliation a pris la place de la schistosité et du microplissement. Dans une série plissée suffisamment épaisse, la succession suivante s'observe de haut en bas :

a. zone exempte de schistosité, à part schistosité locale;

---

(2) L'utilisation de conditions de non-aplatissement est devenue fréquente, depuis la thèse de Jean Mirguet (*Ann. Éc. Norm. Sup.*, 51, 1934, p. 241).

(*) Séance du 18 février 1952.

(1) P. Fourmarier, *Principes de géologie*, 3e édition, Paris, Masson, 1950, p. 654 et suivante.

(2) P. Fourmarier, *Archives des Sciences*, 4, Genève, 1951.

b. zone de schistosité comprenant successivement schistosité de fracture et schistosité de flux; elle est comprise entre le front supérieur et le front inférieur de schistosité;

c. zone de microplissement;

d. zone de foliation.

Une telle succession s'accorde avec l'idée d'une relation entre le développement de la schistosité et déformations connexes (microplissement et foliation) et le métamorphisme régional des zones plissées, lié lui aussi à la profondeur, compte tenu, dans un cas comme dans l'autre, de la nature lithologique du matériel affecté.

Dans ces conditions, il est permis de se poser la question suivante : les sollicitations produisant le rétrométamorphisme ne provoquent-elles pas une modification parallèle dans les déformations intimes ? Il semble que la réponse doive être affirmative.

En divers endroits, il nous a été donné d'observer, dans des gneiss et des micaschistes, un feuilletage grossier oblique à la foliation, rappelant la disposition systématique de la schistosité. Deux explications sont possibles : *a.* il s'agit d'une schistosité résiduelle non complètement effacée par la cristallisation (3); *b.* on se trouve en présence d'une schistosité postérieure à la foliation, le matériel affecté se trouvant porté dans d'autres conditions d'équilibre.

Les quelques exemples décrits ci-après vont nous permettre de prendre position.

1. Un échantillon récolté à Stintino-Nurra (Sardaigne) par l'un de nous (J.-M. Graulich) (4) est d'âge paléozoïque inférieur; c'est une roche gneissique où la foliation est soulignée par des zones minces riches en biotite. L'échantillon montre un feuilletage oblique rappelant une schistosité grossière, et dont les joints sont soulignés par la présence de grains de quartz allongés suivant le feuilletage, ou bien par un placage de muscovite et de chlorite provenant de la transformation de la biotite originelle.

2. Le deuxième échantillon provient de la route du Simplon, un peu en aval du col, sur le versant suisse; il appartient probablement à la partie inférieure des « schistes lustrés ». C'est un micaschiste formé de quartz et biotite, avec grenats. La foliation est marquée par des lits plus riches en biotite accompagnée de muscovite. Des joints obliques à la foliation, du

---

(3) P. Fourmarier, *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 71, *Bull.*, p. 59-69, Liége, 1947.

(4) C'est en examinant cet échantillon au microscope que J.-M. Graulich conçut l'idée du développement d'un feuilletage oblique à la foliation par une reprise des efforts sous une charge statique moindre.

type de la schistosité, sont couverts par de la muscovite et de la chlorite, formées aux dépens de la biotite originelle, voire d'une recristallisation de la muscovite.

3. Dans un gneiss à biotite et à muscovite de la région des lacs italiens, se voit un clivage oblique à la foliation; ces joints sont tapissés par de la chlorite et de la muscovite, comme dans l'échantillon précédent.

4. Un échantillon très riche en quartz du niveau des « schistes de Casanna » au voisinage du Col du Grand Saint-Bernard, montre une foliation très apparente soulignée par l'orientation des grains de quartz. Des joints obliques à la foliation sont soulignés par la présence de grains extrêmement fins résultant du broyage du quartz de la roche; les rares cristaux de muscovite de la roche ont été repris dans les joints obliques.

5. Sur la route de Brigue au Simplon, près du pont de la Gander, affleure un micaschiste passant au gneiss, comprenant quartz, muscovite et peu de biotite; des porphyroblastes de feldspath y sont assez abondants. La foliation y est très nette; la roche est, en outre, découpée par des joints obliques de schistosité grossière. A leur endroit, les minéraux phylliteux ont été déplacés et s'orientent suivant les joints; les feldspaths sont brisés, et du quartz et de la muscovite ont cristallisé dans les fentes. Les joints obliques sont donc postérieurs à la foliation, mais il ne semble pas qu'il y ait eu une modification des minéraux originels.

En conclusion, les échantillons décrits sont affectés par une schistosité grossière, oblique à la foliation; les joints de clivage sont remplis de minéraux provenant de la remise en mouvement et de la transformation éventuelle des éléments constitutifs de la roche; ces minéraux de néoformation sont caractéristiques d'une zone d'isométamorphisme moins profonde; il s'est donc produit suivant ces joints, une action comparable au rétrométamorphisme ou métamorphisme régressif. Comme pour celui-ci, c'est la conséquence d'une reprise des efforts dynamiques dans des conditions de charge moindre, c'est-à-dire après que l'érosion avait déjà marqué son influence sur l'orogène.

Il est possible, par ce moyen, de dire si la schistosité est antérieure ou postérieure à la foliation; dans ce dernier cas, il paraîtra sans doute convenable d'employer un vocable nouveau et de désigner le feuilletage oblique sous le nom de *rétroschistosité* à mettre en parallèle avec le rétrométamorphisme.

CYTOLOGIE. — *Le centrosome des leucocytes de Vertébrés étudié par microcinématographie en contraste de phase et au microscope électronique* (1). Note de MM. **Albert Policard** et **Marcel Bessis.**

Étude du centrosome des leucocytes de Vertébrés par microcinématographie en contraste de phase et au microscope électronique. Aspect homogène et clair de cette formation. Mouvements centripètes et centrifuges des granulations cytoplasmiques entre lui et la surface du granuloplasma. Ses mouvements rythmiques. Déformation du noyau à son contact. Son inertie apparente.

La présence, en dehors des mitoses, d'un centrosome dans les cellules leucocytaires est connue depuis longtemps. (Flemming (2), M. Heidenhain (3), Van der Stricht (4), etc.)

Il a été étudié jusqu'à présent à l'aide des méthodes cytologiques classiques, c'est-à-dire dans des conditions qui sont loin d'exclure la formation d'artefacts. Ainsi s'explique l'imprécision des connaissances à son sujet. En particulier, en dehors des travaux bien connus de R. Chambers (5) sur le centrosome des œufs en voie de division, les études de cet organe cellulaire sur des éléments vivants en dehors des mitoses sont très rares. En ce qui concerne les leucocytes, nous n'avons pu relever que ceux de M. Bessis et M. Locquin (6).

Les faits signalés dans cette Note se rapportent à l'application à des leucocytes (granulocytes, lymphocytes, monocytes de Triton, de Grenouille et d'Homme) de deux techniques, la microcinématographie en contraste de phase sur des éléments vivants et la microscopie électronique sur des éléments fixés par l'acide osmique. En contraste de phase, les cellules sont examinées entre lame et lamelle, soit libres dans le milieu, soit après étalement spontané sur lamelle recouverte de formvar. Les cellules étalées sont seules utilisées pour la préparation des moulages ombrés pour la microscopie électronique.

Sur des cellules entre lames et lamelles, suivant la technique habituelle en microcinématographie, le centrosome apparaît comme un petit territoire cytoplasmique homogène, clair, généralement sphérique ou ova-

(1) Le mot de centrosome est employé ici avec le sens qui lui fut donné par E. van Beneden et par Boveri, qui le découvrirent et l'étudièrent dès 1876. Il est équivalent aux termes de Sphère et de Centre cellulaire, mais non à celui de centriole qui correspond, on le sait, à des formations très différentes.

(2) *Arch. f. mikr. Anat.*, 37, 1890.

(3) *Anat. Anz.*, 6, 1891; *Arch. f. mikr. Anat.*, 43, 1894.

(4) *Verh. d. deut. anat. Gesells.*, Göttingen, 1893.

(5) E. V. Cowdry, *General Cytology*, 1924, chap. 5, p. 235.

(6) *C. R. Soc. Biol.*, 144, 1950, p. 483.

laire, de 3 μ environ. Ses limites sont floues et marquées seulement par l'absence de toute granulation, ce qui le distingue du reste du cytoplasma. En contact avec lui se trouve le granuloplasma rempli de granulations entraînées par des mouvements allant du centrosome à la périphérie et vice versa. Les images observées évoquent exactement celles décrites par R. Chambers dans les œufs en mitose.

Les rapports de ces mouvements radiaires, du type de ceux des asters, avec une cyclose générale, n'ont pu être exactement déterminés. Ces déplacements de granulations à partir du centrosome ne sont pas réguliers. Ils présentent des variations et des irrégularités. Tout se passe comme si des granulations étaient, par moment, subitement entraînées par la rétraction rapide d'un filament cytoplasmique élastique revenant brusquement sur lui-même. Ces irrégularités du déplacement des granulations sont certaines, mais leur déterminisme échappe encore.

Le centrosome est, en général, au contact du noyau qui se moule sur lui et prend alors l'aspect réniforme bien connu. Entre les deux formations, le contact paraît étroit, sans espace intermédiaire visible pourvu de granulations. Quand le noyau est lobé, le centrosome est entouré par les lobes nucléaires. En fait, sur le film cinématographique, le noyau est toujours l'élément malléable, peu consistant, qui change constamment de forme et se moule sur le centrosome. Celui-ci, au contraire, est l'élément plus dur, mécaniquement plus résistant et plus solide.

Le centrosome, cependant, n'est pas une formation immobile. Il présente des mouvements oscillatoires propres indiscutables et tout à fait singuliers. L'amplitude de ces mouvements de va et vient est de l'ordre de 3 à 7 μ. Dans les conditions des observations, c'est-à-dire à la température de la chambre, ils se font au rythme de une oscillation par minute environ. Les films accélérés permettent de les apprécier nettement. L'axe de ces oscillations est parallèle au grand axe du noyau et au plan d'adhésion de la cellule au support.

La signification physiologique de ces mouvements oscillatoires échappe encore. Ils sont liés à l'activité vitale de l'élément. Dans les manifestations morphologiques qui précèdent la mort de la cellule, après la cavulation des chondriosomes et avant l'homogénisation du noyau, le centrosome paraît s'effacer progressivement comme s'il se liquéfiait. Cette liquéfaction se manifeste par la pénétration des granulations dans le territoire centrosomique et la disparition de la déformation nucléaire.

Les films microcinématographiques en contraste de phase, permettent une autre constatation d'un certain intérêt biologique. On voit, assez souvent, l'élément cellulaire tout entier autour du centrosome. Autour de ce point relativement fixe, dans une série de mouvements de directions diverses, la cellule décrit des déplacements variés. Tout se passe

comme si le centrosome présentait une inertie plus grande que le reste de la cellule. Peut-être ce fait est-il dû à une viscosité plus grande des limites du territoire cellulaire qui constitue le centrosome ? Des recherches sont en cours, pour élucider le mécanisme de ce phénomène particulièrement difficile à préciser.

Sur des replica convenablement ombrées, la microscopie électronique montre le centrosome comme une sorte de colline dominant le plateau que constituent le noyau cellulaire moins surélevé et la couche encore plus mince du cytoplasma.

M. **Henri Beghin** fait hommage à l'Académie des deux volumes de son *Cours de mécanique théorique et appliquée à l'usage des ingénieurs et des étudiants de Facultés*.

M. **Jean Cabannes** présente à l'Académie un ouvrage de M[lle] Yvette Cauchois, professeur à la Sorbonne, sur la Physicochimie, ouvrage intitulé : *Atomes, Spectres, Matière*, dont il a écrit la *Préface*.

L'ouvrage suivant est présenté par M. **Charles Maurain** : *L'Astrologie*, par Paul Couderc.

DÉSIGNATIONS.

MM. **Paul Lebeau**, **Albert Portevin**, **Pierre Jolibois**, **Louis Hackspill**, **Paul Pascal** sont désignés pour représenter l'Académie dans le Comité d'honneur du Centenaire de la naissance d'**Henri Moissan**, qui sera célébré au cours de l'année 1952.

La délégation française à l'Assemblée générale de l'Union internationale de mathématiques, qui doit se tenir à Rome les 6, 7 et 8 mars 1952, est constituée ainsi qu'il suit : MM. **Émile Borel**, **Paul Montel**, **Joseph Pérès**, **Arnaud Denjoy**, Membres de l'Académie, **Albert Châtelet**, **Georges Valiron**, **Henri Cartan**, **Marcel Brelot**.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** annonce la réunion, à Grenoble, du 15 au 19 avril 1952, du **77e Congrès des Sociétés Savantes de Paris et des Départements**.

M. le **Ministre des Affaires étrangères** signale la fondation, en Italie, du **Prix Cortina Ulisse**, qui doit être décerné en 1952 à un Ouvrage de Biochimie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Annuaire astronomique et météorologique Camille Flammarion*, publié par l'Observatoire de Juvisy, 1952.

2° Istituto superiore di Sanita, Rome. *Disegni anatomici di Antonio Canova*, par Massimo Pantaleoni.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Variations de l'onctuosité des lubrifiants en présence de fortes pressions*. Note (*) de M. **Grégoire Volovick**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Extension aux hautes pressions des résultats exposés dans une Note antérieure sur les particularités que présente l'onctuosité des huiles de graissage.

Pour étudier l'onctuosité des lubrifiants à des pressions allant de 1 à 35 kg, nous avons construit une bombe métallique susceptible de résister à ces pressions. Elle comporte :

1° Une cloche métallique qui porte à sa partie inférieure un rebord ; sur la cloche elle-même sont fixés un manomètre et deux robinets à pointeaux, pour faire le vide ou introduire le gaz à étudier. La paroi comporte une fenêtre en plexiglas à travers laquelle peuvent se faire les lectures;

2° La cloche est fixée, par l'intermédiaire de son rebord, sur une plaque métallique où l'on pose un onctuosimètre de Charron [1].

L'étanchéité est assurée par des joints au plomb qui pénètrent dans des rainures pratiquées dans la plaque et le rebord de la cloche. Le serrage est assuré par 18 boulons spéciaux.

Rappelons que le coefficient de frottement f est donné, lorsque l'équilibre est atteint, par la formule

$$f=\frac{\log T_1 - \log T_2}{\pi \log e}.$$

Si F est le coefficient de frottement à sec après une préparation bien définie du cylindre et de la chaînette de l'onctuosimètre et si f est ce même coefficient

(*) Séance du 4 février 1952.

(1) *Voir* G. Volovick, *Groupement français pour le développement des recherches aéronautiques*, Note technique n° 23.

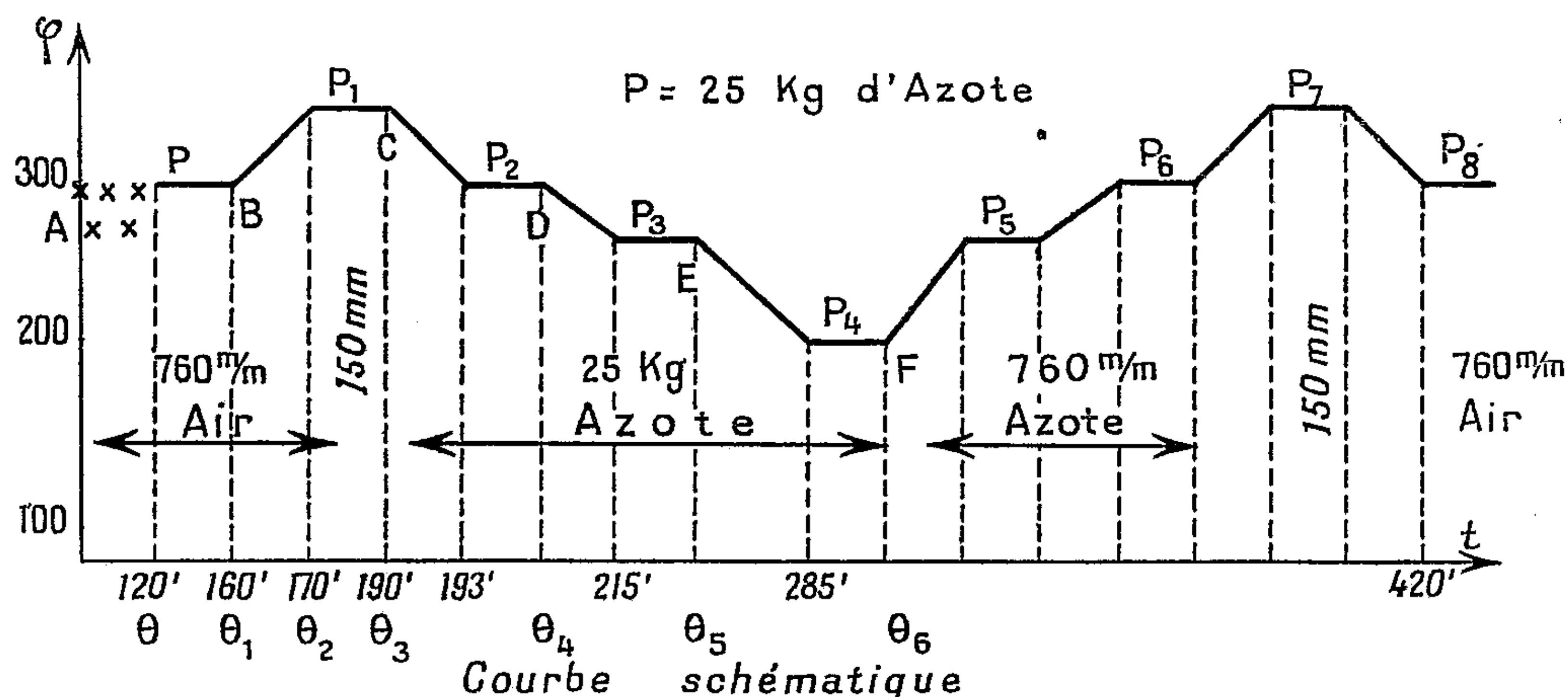
de frottement en présence du lubrifiant à étudier, l'onctuosité φ est définie par

$$\varphi = \frac{F - f}{F}.$$

L'appareil de Charron a été légèrement modifié, en particulier l'entraînement a lieu par un moteur dont l'alimentation est assurée à travers un bouchon isolant percé dans la plaque et nous avons ajouté un dispositif pour enregistrer automatiquement sur une bande de papier quadrillé les tensions des dynamomètres.

Nous insisterons sur les résultats qui ont été obtenus avec les lubrifiants utilisés pour les compresseurs frigorifiques.

Pour permettre une interprétation ultérieure facile des courbes, indiquons schématiquement, dans les cas où la pression d'azote est de 25 kg, la suite des phénomènes observés.



Courbe schématique

Portons en abscisse le temps t et en ordonnée φ et supposons que la pression extérieure initiale soit la pression normale P = 760 mm, la courbe γ représentative de φ part d'un point A, se présente d'abord sous une forme irrégulière, (sur le schéma : représentée par des points); puis au bout d'un certain temps Θ (qui peut atteindre 2 h) présente un palier horizontal P parfaitement stable.

Si alors à une époque θ, choisie arbitrairement et qui correspond à un certain point B de γ, on amène la pression à $p = 150$ mm, γ présente un point anguleux, φ croît, puis à une époque θ_2 s'amorce un palier provisoire P_1, dont l'ordonnée est supérieure à celle de P ([2]).

Si comme précédemment, à un instant θ_3 choisi arbitrairement, une fois que le palier P_1 est stabilisé, on remplit la bombe d'azote sous la pression de 25 kg, γ présente alors un point anguleux C puis presque immédiatement s'amorce

([2]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1354.

un nouveau palier provisoire P_2 auquel correspond une diminution de φ. Au bout de 20 mn, on rencontre à nouveau un point anguleux D puis un autre palier P_3 qui est suivi également d'un point anguleux E et enfin d'un palier définitif P_4, les indications de l'appareil restant identiques à elles-mêmes quelle que soit la durée de l'expérience (15 h et plus).

Il est à remarquer que les temps de transitions (passage d'un palier à un autre) sont de l'ordre de 45 à 65 secondes. Lorsqu'on revient ensuite aux conditions initiales, on repasse par les mêmes paliers : P_5, P_6, P_7, P_8 (*voir* schéma).

Les expériences qui viennent d'être citées montrent le rôle extrêmement important joué par la pression du gaz au contact de l'huile. L'adsorption du gaz par la paroi croît avec la pression, et le gaz tend de plus en plus à se substituer au lubrifiant et l'onctuosité diminue, ce qui est en accord avec les expériences sous basses pressions, présentées dans la Note précédente [2].

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Existence de solutions pour des systèmes d'équations opératorielles intégrales à limite variable.* Note de M. **Roland Guy**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Soit le système d'équations intégrales opératorielles

$$(1)\qquad \mathfrak{U}_i(t, t_0) = \mathfrak{U}_i^0(t, t_0) + \int_{t_0}^{t} \sum_{j=1}^{\infty} \mathcal{F}_{ij}(t, \tau)\, \mathfrak{U}_j(\tau, t_0)\, d\tau \qquad (i, j = 1, 2, \ldots, \infty),$$

qu'on peut transformer, ainsi que nous l'avons fait dans le paragraphe 1 d'une précédente Note [1], en

$$(2)\qquad X_i(t) = X_i^0(t) + \int_{t_0}^{t} \sum_{j=1}^{\infty} \mathcal{F}_{ij}(t, \tau)\, X_j(\tau)\, d\tau.$$

Nous démontrerons d'abord l'existence des solutions pour un système de n équations à n inconnues : $i, j = 1, 2, \ldots, n$. Nous supposerons que nous sommes dans les conditions du paragraphe 2 (N_1) pour chaque $\mathcal{F}_{ij}$ et X_j, et que les X_j^0 sont bornés dans leur ensemble par un nombre B. On peut introduire des approximations successives en prenant les n fonctions $X_j^0(t)$ pour fonctions initiales et écrire

$$(3)\qquad \begin{cases} X_i^{(0)}(t) = X_i^0(t), \qquad X_i^{(1)}(t) = \displaystyle\int_{t_0}^{t} \sum_{j=1}^{n} \mathcal{F}_{ij}(t, \tau)\, X^{(0)}(\tau)\, d\tau, \qquad \ldots, \\ X_i^{(h)}(t) = \displaystyle\int_{t_0}^{t} \sum_{j=1}^{n} \mathcal{F}_{ij}(t, \tau)\, X^{(h-1)}(\tau)\, d\tau, \qquad \ldots. \end{cases}$$

---

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 288, que nous noterons (N_1). Nous avons adopté ici les mêmes notations que dans (N_1).

Alors, de la même manière que dans le paragraphe 3 (N_1), si f_{ij} est la borne de $\mathcal{F}_{ij}$ et f la borne supérieure des nombres $f_i = \sum_{j=1}^{n} f_{ij}$ que l'on rencontre dans le calcul, on a

$$a. \qquad \| X_i^{(h)}(t) \| \leq f^h \frac{(t-t_0)^h}{h!}.$$

b. Les séries d'itérés, étant donné *a*, convergent fortement quel que soit i. On peut de même former des opérateurs itérés $\mathcal{F}_{ir}^{(h)}(t, \tau)$ et des opérateurs résolvants $\Gamma_{ir}(t, \tau)$:

$$\Gamma_{ir}(t, \tau) = \sum_{h=1}^{\infty} \mathcal{F}_{ir}^{(h)}(t, \tau), \tag{4}$$

$$\mathcal{F}_{ir}^{(h)}(t, \tau) = \int_{\tau}^{t} \sum_{j=1}^{n} \mathcal{F}_{ij}(t, \xi)\, \mathcal{F}_{jr}^{(h-1)}(\xi, \tau)\, d\xi. \tag{5}$$

Les séries Γ_{ir} convergent au sens de (N_1) (§ 4).

2. L'inégalité (3) (N_1) ne suffit plus pour majorer les séries d'itérés dans le cas d'un système à une infinité dénombrable d'inconnues, il faut étendre en plus l'inégalité triangulaire généralisée à une infinité de termes. Si $X = \sum_{i}^{\infty} X^i$ est une série fortement convergente de l'espace de Hilbert on a

$$\| X \| = \left\| \sum_{i=1}^{\infty} X^i \right\| \leq \sum_{i=1}^{\infty} \| X^i \|, \tag{6}$$

ce qui est facile à démontrer au moyen des propriétés du produit scalaire et d'un théorème sur les suites fortement convergentes.

3. Nous supposerons, outre les conditions du paragraphe 1, que les séries $\sum_{j}^{\infty} \mathcal{F}_{ij}(t, \tau) X_j^0(\tau)$ convergent fortement et que les suites $\mathcal{F}_{ij}$ sont uniformément convergentes ([2]). On écrit les approximations successives comme dans le paragraphe 1 avec $n = \infty$ dans chaque somme. En utilisant les inégalités (6) et (3) (N_1), on montre que

$$\| X_i^{(h)} \| \leq B \sum_{j}^{\infty} f_{ij} \sum_{r}^{\infty} f_{ir} \ldots \sum_{v}^{\infty} f_{uv} \frac{(t-t_0)^h}{h!}.$$

Ici chaque f_i est la limite d'une série convergente, c'est, pour i variant de 1 à l'infini, un ensemble infini borné qui possède une borne supérieure f, l'inéga-

([2]) *Cf.* J. DELSARTE, *Mémorial Sc. Math.*, p. 22, Gauthier-Villars, Paris, 1932.

lité précédente s'écrira alors

$$(7) \qquad \| X_i^{(h)} \| \leq B f^{(h)} \frac{(t-t_0)^h}{h!} \qquad (\text{pour tout } i=1, \ldots, \infty).$$

La démonstration de la convergence s'achève comme dans le paragraphe 3 (N_1). Il est possible d'introduire, comme dans le paragraphe 1 des opérateurs itérés et résolvants. Pour montrer que les séries correspondant à (4) convergent, on remarque que $\sum_r^\infty \mathcal{F}_{jr} X^0$ étant fortement convergente, l'opérateur produit $G_{ir} = \mathcal{F}_{ij}\mathcal{F}_{jr}$ donne, lui aussi, naissance à une série du même type et qu'on a, si f_{ij}, f'_{jr}, g_{ir} sont respectivement les bornes de $\mathcal{F}_{ij}$, $\mathcal{F}_{jr}$: G_{ir}, $g_{ir} \leq f_{ij} f'_{jr}$, quels que soient i et r. Ainsi

$$\| \mathcal{F}_{ir}^{(h)}(t, \tau) X^0 \| \leq B \sum_j^\infty f_{ij} \sum_h^\infty f_{jh} \ldots \sum_s^\infty f_{ms} f'_{sr} \frac{(t-\tau)^{h-1}}{(h-1)!},$$

ou encore, en introduisant la borne f précédente,

$$(8) \qquad \| \mathcal{F}_{ir}^{(h)}(t, \tau) X^0 \| \leq B f^{h-1} \sum_s f'_{sr} \frac{(t-\tau)^{h-1}}{(h-1)!}.$$

Le terme général étant majoré par la quantité ci-dessus, la démonstration de convergence s'achève comme toujours.

On montre facilement que toutes les propriétés des paragraphes 3 et 4 de (N_1) subsistent moyennant les conditions supplémentaires exigées ici. Ainsi la solution explicite de (2) est fournie par le système de solutions

$$(9) \qquad X_i(t) = X_i^0(t) + \int_{t_0}^{t} \sum_{j=1}^{\infty} \Gamma_{ij}(t, \tau) X_j^0(\tau)\, d\tau.$$

MÉCANIQUE QUANTIQUE. — *Le calcul des perturbations en Mécanique quantique.* Note de M. **Marcel Mayot**, présentée par M. Gaston Julia.

On indique un procédé de formation du polynome caractéristique d'une matrice dont les éléments sont des quantités algébriques semblables auxquelles il n'est pas possible d'assigner directement une valeur numérique, les calculs s'effectuent par récurrence; dans la plupart des applications la matrice est symétrique ou hermitienne.

Dans une précédente Note ([1]) j'ai indiqué un procédé de formation du polynome caractéristique d'une matrice hermitienne d'ordre n assez élevé, lorsque certains éléments sont nuls ; je considère ici une matrice quelconque

$$A = \| a_{ik} \|.$$

([1]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1426.

Les éléments a_{ik} sont des quantités algébriques dont la valeur numérique ne peut être fixée à l'avance.

On peut remplacer chaque élément a_{ii} par

$$a_{ii} = -(A_i + a_{i1} + a_{i2} + \ldots + a_{ip} + \ldots + a_{in}) \qquad (p \neq i).$$

Il suffit de prendre pour cela

$$A_i = -(a_{i1} + a_{i2} + \ldots + a_{ip} + \ldots + a_{in}) \qquad (i = 1, 2, \ldots, p, \ldots, n).$$

Les nouveaux coefficients A_i conservent la même forme que les éléments a_{ik}. On écrit les développements :

$$D_2 = \begin{vmatrix} -(A_1 + a_{12}) & a_{12} \\ a_{21} & -(A_2 + a_{21}) \end{vmatrix} = A_1 A_2 + A_1 a_{21} + A_2 a_{12},$$

$$-D_3 = A_1 A_2 A_3 + A_2 A_3 \alpha_1^3 + A_3 A_1 \alpha_2^3 + A_1 A_2 \alpha_3^3 + A_1 \alpha_{23}^3 + A_2 \alpha_{31}^3 + A_3 \alpha_{12}^3,$$

$$D_4 = A_1 A_2 A_3 A_4 + A_2 A_3 A_4 \alpha_1^4 + \ldots + A_3 A_4 \alpha_{12}^4 + \ldots + A_4 \alpha_{123}^4 + \ldots,$$

$$-D_5 = A_1 A_2 A_3 A_4 A_5 + A_2 A_3 A_4 A_5 \alpha_1^5 + \ldots$$
$$+ A_3 A_4 A_5 \alpha_{12}^5 + \ldots + A_4 A_5 \alpha_{123}^5 + \ldots + A_5 \alpha_{1234}^5 + \ldots.$$

Dans ces expressions tous les termes sont affectés du signe positif et ont pour coefficient l'unité; il n'y a pas de termes semblables. Chaque terme est formé à partir d'une combinaison des A_i; d'après le choix même des A_i, il n'y a pas de terme indépendant des A_i.

Les coefficients tels que α_{ijk}^n sont des combinaisons linéaires des a_{ik} qui se calculent de proche en proche : on a, en effet

$$\alpha_1^3 = a_{12} + a_{13}, \qquad \alpha_1^4 = a_{12} + a_{13} + a_{14}, \qquad \ldots.$$

De même α_{12}^3 s'exprime par un développement de la forme D_2 en prenant

$$A_1 = a_{13}, \qquad A_2 = a_{23},$$

α_{12}^4 s'exprime par un développement de la forme D_2 en prenant

$$A_1 = a_{13} + a_{14}, \qquad A_2 = a_{23} + a_{24}, \qquad \ldots.$$

Ensuite α_{123}^4 s'exprime à partir de D_3 en prenant

$$A_1 = a_{14}, \qquad A_2 = a_{24}, \qquad A_3 = a_{34},$$

α_{123}^6 s'exprime à partir de D_3 en prenant

$$A_1 = a_{14} + a_{15} + a_{16}, \qquad A_2 = a_{24} + a_{25} + a_{26}, \qquad A_3 = a_{34} + a_{35} + a_{36}.$$

La généralisation est facile.

Le nombre de termes formant chacune de ces expressions est plus élevé que dans le développement classique d'un déterminant, mais le calcul de proche en proche est plus commode et l'on bénéficie dans une plus large mesure des calculs effectués précédemment.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la théorie relativiste des forces nucléaires. II. Équivalence avec le formalisme de Bethe et Salpeter.* Note (*) de M. **Maurice Lévy**, présentée par M. Louis de Broglie.

On montre que le formalisme décrit dans une Note précédente ([1]) conduit à des résultats identiques à ceux que l'on peut déduire de l'équation covariante de Bethe et Salpeter ([2]).

Nous développons la fonction d'onde de B. S. en série de Fourier de la manière suivante :

$$(1)\qquad \psi(x_1, x_2) = \sum_{i,j=1,2} \int \mathbf{A}_{ij}(p_1, p_2)\, u_i^{(1)}(\mathbf{p}_1)\, u_j^{(2)}(\mathbf{p}_2)\, e^{i(p_1x_1+p_2x_2)}\, d^4x_1\, d^4x_2,$$

où $u_i^{(r)}(\mathbf{p}_r)$ est l'amplitude de la fonction d'onde de Dirac pour une particule libre de moment $\mathbf{p}_r$ et d'énergie $E_i(\mathbf{p}_r) = \varepsilon_i(p^2+M^2)^{\frac{1}{2}}$, avec $\varepsilon_1 = +1$, $\varepsilon_2 = -1$. Dans le système du centre de gravité, les amplitudes $\mathbf{A}_{ij}$ sont solutions de l'équation ([3])

$$(2)\qquad \mathbf{A}_{ij}(\mathbf{p}, p_0) = \frac{1}{(\Lambda_i - p_0)(\Lambda_j - p_0)} \sum_{k,l} \frac{\lambda}{2\pi i} \int \frac{\Gamma_{ik}^{(1)}\Gamma_{jl}^{(2)}\mathbf{A}_{kl}(\mathbf{p}+\varkappa,\, p_0+\varkappa_0)\, d^3\varkappa\, d^3\varkappa_0}{\varkappa^2 - \varkappa_0^2 + \mu^2 - i\eta},$$

où l'on a posé $2\Lambda_i = W - 2E_i(p) + i\varepsilon_i\eta$, $\lambda = g^2(2\pi)^{-3}$ et

$$(3)\qquad \Gamma_{ik}^{(r)} = \bar{u}_i^{(r)}(\mathbf{p}_r)\,\gamma_4^{(r)}\mathcal{O}^{(r)}u_k^{(r)}(\mathbf{p}_r + \varepsilon_r\varkappa),$$

$\mathcal{O}^{(r)}$ étant un opérateur qui dépend de l'interaction considérée. Lorsque les temps des deux particules coïncident, l'amplitude correspondante

$$(4)\qquad \mathbf{a}_{ij}(p) = \int_{-\infty}^{+\infty} \mathbf{A}_{ij}(\mathbf{p}, p_0)\, dp_0$$

est directement comparable aux quantités $\mathbf{a}_\lambda^{(m,n)}$ introduites dans I. Pour obtenir l'équation satisfaite par $\mathbf{a}_{ij}$, nous recherchons d'abord la solution de (2) à l'approximation « adiabatique ». Dans ce but, nous remplaçons, dans l'inter-

---

(*) Séance du 18 février 1952.

([1]) M. Lévy, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 815. Cette Note sera désignée par I dans la suite.

([2]) *Phys. Rev.*, 82, 1951, p. 309 (A); 84, 1951, p. 1232. Ce Mémoire sera désigné par (B. S.) dans ce qui suit. *Voir* également M. Gell-Mann et F. Low, *Phys. Rev.*, 84, 1951, p. 350; M. Jean, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 602.

([3]) Nous n'utilisons, dans ce qui suit, que le premier terme de l'interaction de (B. S.) (approximation dite « de l'échelle »). Les résultats de la présente Note peuvent, toutefois, être étendus sans difficulté de principe aux autres termes de l'interaction.

action de B. S., la fonction $\Delta_F(\mathbf{x}, x_4)$ de Feynman par

$$\delta(x_4)\int_{-\infty}^{+\infty}\Delta_F(\mathbf{x}, x_4)\,dx_4.$$

Il vient

$$(5)\qquad \big(W - 2E_i(p)\big)\mathbf{a}_{ij}^{(0)}(\mathbf{p}) = -\lambda\varepsilon_i\,\delta_{ij}\sum_k\int\frac{\Gamma_{ik}^{(1)}\Gamma_{jl}^{(2)}\,\mathbf{a}_{kk}^{(0)}(\mathbf{p}+\varkappa)\,d^3\varkappa}{\varkappa^2+\mu^2},$$

$$(6)\qquad \mathbf{A}_{ij}^{(0)}(\mathbf{p}, p_0) = \frac{2\varepsilon_i\Lambda_i\mathbf{a}_{ii}^{(0)}(\mathbf{p})}{(\Lambda_i - p_0)(\Lambda_j - p_0)}.$$

Nous introduisons l'expression (6) à droite de (2) et nous itérons cette dernière équation un nombre arbitraire de fois, ce qui conduit à l'équation cherchée, dans laquelle l'interaction est définie par une série de puissances de λ. Nous distinguons, comme dans I, deux cas particuliers.

1° *On néglige les créations de paires virtuelles.* — Seules interviennent, dans ce cas, les composantes correspondant à $i=j=1$. Posant $\mathbf{a}_{11}(\mathbf{p})=\mathbf{a}(\mathbf{p})$, nous obtenons l'équation

$$(7)\qquad \big(W - 2E(p)\big)\mathbf{a}(\mathbf{p}) = 2\sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{\lambda}{2}\right)^n \times\int\frac{D^{(n)}(\mathbf{p}, \varkappa_1, \ldots, \varkappa_n)}{\omega_{\varkappa_1}\ldots\omega_{\varkappa_n}}\mathbf{a}(\mathbf{p}+\varkappa_1+\ldots+\varkappa_n)\,d^3\varkappa_1\ldots d^3\varkappa_n,$$

où nous avons posé $\omega_\varkappa = (\varkappa^2+\mu^2)^{\frac{1}{2}}$ et

$$(8)\qquad D^{(n)} = \frac{\left\{\begin{array}{l}\displaystyle\prod_{q=1}^{n-1}[\Gamma^{(1)}(\mathbf{p}+\varkappa_1+\ldots+\varkappa_{q-1}, \mathbf{p}+\varkappa_1+\ldots+\varkappa_q)\\ \times\Gamma^{(2)}(-\mathbf{p}-\varkappa_1-\ldots-\varkappa_{q-1}, -\mathbf{p}-\varkappa_1-\ldots-\varkappa_q)]\end{array}\right\}}{\left\{\begin{array}{l}\displaystyle\prod_{q=1}^{n}[W - E(\mathbf{p}+\varkappa_q+\ldots+\varkappa_n) - E(\mathbf{p}+\varkappa_1+\ldots+\varkappa_n) - \omega_{k_1}-\ldots-\omega_{k_q}]\\ \displaystyle\times\prod_{q=1}^{n-1}[W - E(\mathbf{p}) - E(\mathbf{p}+\varkappa_{q+1}+\ldots+\varkappa_n) - \omega_{k_{q-1}}-\ldots-\omega_{k_n}]\end{array}\right\}}.$$

On vérifie que (7) et (8) sont identiques à (4) et (7) de I, si, dans ces dernières équations, on exclut les processus virtuels impliquant, dans les diagrammes de Feynman correspondants, le croisement des lignes d'univers des mésons.

2° *On néglige les états intermédiaires où le nombre de mésons est supérieur à un.* — On obtient, dans ce cas, l'équation

$$(9)\qquad [W - E_i(p) - E_j(p)]\mathbf{a}_{ij}(\mathbf{p}) = -\lambda\sum_{k,l}\int\Gamma_{ik}^{(1)}\Gamma_{jl}^{(2)}\mathcal{K}_{i,j}^{k,l}(\mathbf{p}, \mathbf{p}+\varkappa)\mathbf{a}_{kl}(\mathbf{p}+\varkappa)\,d^3\varkappa,$$

avec

$$(10)\qquad \mathcal{K}_{i,j}^{k,l}=\frac{c_{ij}^{kl}}{4\omega_\chi}\sum_{\mu=i,j}\sum_{\nu=k,l}\frac{\varepsilon_\mu\varepsilon_\nu}{\omega_\chi-\varepsilon_\mu\Lambda_\mu(\mathbf{p})-\varepsilon_\nu\Lambda_\nu(\mathbf{p}+\chi)},$$

où l'on a posé $c_{ij}^{kl}=1-(1/4)(\varepsilon_i-\varepsilon_k)(\varepsilon_j-\varepsilon_l)$. On vérifie encore que l'équation (9) conduit au même résultat que [I, (8)] si, dans ces deux équations, les amplitudes autres que $\mathbf{a}_{11}(\mathbf{p})$ et $\mathbf{a}_\chi^{(0,0)}$ respectivement sont éliminées par substitutions successives.

SPECTROSCOPIE. — *Quelques remarques sur les spectres d'absorption infrarouges (entre 10 et 15 μ) d'ionones, d'irones (méthyl-6 ionones) et de dérivés.* Note de MM. **Yves-René Naves** et **Jean Lecomte**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les spectres d'absorption, entre 10 et 15 μ, d'ionones, d'irones (méthyl-6 ionones) et de leurs dérivés présentent une grande complexité, par suite de la surperposition d'effets d'origines diverses : la plus grande prudence doit être apportée dans l'identification de maxima d'absorption avec la présence de doubles liaisons (dans la chaîne aliphatique, le cycle, etc.), comme pour l'usage de ces résultats en vue de dosages quantitatifs.

Après l'étude, dans la région 5, 6-6, 3 μ [1], nous avons relevé, de 10 à 15 μ environ, les spectres d'absorption de substances apparentées à l'α-ionone (homologues, dérivés par hydrogénation, isomères), qui, comme les spectres Raman précédemment décrits [2], se présentent comme très complexes. Aussi, *les essais d'interprétation aussi bien qualitatifs* (I), *que quantitatifs* (II), *de nos résultats ne peuvent-ils s'effectuer que par une méthode comparative.* Celle-ci demande un matériel expérimental important, que nous avons pu réunir en surmontant des difficultés dont l'exposé n'est plus à faire [3]. Soulignons que nous nous sommes efforcés de n'étudier que des substances dont l'identité et le degré de pureté ont été éprouvés au moyen de diverses techniques.

1. *a. Liaison éthylénique de la chaîne latérale (isomères α, β ou γ) et liaison semi-cyclique (γ).* — Nous comparerons entre eux des composés analogues, dans lesquels la première apparaît ou bien fait défaut, par exemple : α-ionone, dihydro-α-ionone, *cis*-dihydro-ionone, *cis*-tétrahydro-ionone, dihydro-α-ionol, *cis*-tétrahydro-ionol. On peut associer à la liaison —CH=CH— de la chaîne latérale une forte absorption entre 980 et 1000 cm⁻¹, au lieu de la position « normale » 965-980 cm⁻¹. Ce déplacement est probablement dû à la proximité des liaisons C=C et C=O. Les irones donnent lieu, en outre, à une deuxième

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 389.
(2) Naves et Bachmann, *Helv. Chim. Acta*, 32, 1949, p. 397.
(3) Naves, *Bull. Soc. Chim., France*, 1950, D. 101 et 112.

bande forte, située à des nombres d'ondes plus élevés de 12 à 15 cm^{-1}. Mais, tandis que les dihydro-ionones α et β se montrent peu absorbantes dans cette région, les dihydro-irones et les dihydro- ou tétrahydro-ionols ou irols développent aussi une bande voisine de 980 cm^{-1}, qui ne peut évidemment pas avoir la même origine, par suite de la disparition, chez ses composés, de la liaison éthylénique dans la chaîne latérale.

Pour les irones γ et la dihydro-γ irone, ainsi que l'ont signalé d'autres auteurs ([1]), la configuration $> C = CH_2$ s'accorde fort bien avec la présence d'un maximum fort vers 890 cm^{-1}. Nous le trouvons accompagné, dans les mélanges de γ irone et néo-γ irone, d'un satellite vers 876 cm^{-1}. Mais, dans des spectres de composés qui ne possèdent pas cette liaison semi-cyclique, on mesure aussi des bandes souvent fortes, qui pourraient induire en erreur : vers 880 cm^{-1} pour l'α-ionone et les irones α, vers 904-910 cm^{-1} pour les irones et les dihydro-irones α, vers 894-896 cm^{-1} pour les alcools.

Étant donné la complexité des spectres, on ne saurait donc utiliser qu'avec une extrême prudence les critères généraux qui permettent souvent, par l'examen du spectre infrarouge, de caractériser la présence d'une liaison semi-cyclique, ou la nature de la liaison éthylénique dans la chaîne latérale. Un exemple frappant se rencontre avec l'isométhyl α-ionone (méthyl-2_2 α-ionone). En plus d'une bande assez forte vers 816 cm^{-1}, qui correspond bien à la structure $— CH = CR —$, et qui d'ailleurs se superpose à l'effet de la double liaison cyclanique en α, on mesure aussi des absorptions intenses vers 895, 984 et 1001 cm^{-1}, qui pourraient faire croire respectivement à l'existence de groupements $R_2C = CH_2$ ou $— CH = CH —$ ou $— CH = CH_2$.

b. Doubles liaisons cycléniques α et β, et stéréoisomérie du noyau. — On trouve une forte absorption vers 801-804 cm^{-1} chez les α-irones, vers 828 cm^{-1} chez l'α-ionone, les dihydrocétones et les dihydroalcools. Il existe, en outre, une autre bande, entre 770 et 794 cm^{-1}, particulièrement intense chez la néo-α-irone (792 cm^{-1}) et, avec les tétrahydrocétones, une autre région d'opacité entre 816 et 820 cm^{-1}. Il semblerait donc relativement facile de caractériser la double liaison cyclénique en α.

Toutefois, on ne décèle pas de distinction qui soit particulièrement éloquente, dans le domaine exploré, entre l'iso-α-irone et ses stéréoisomères : α-irone et néo-α-irone, hormis une sorte d'inversion des relations d'intensité des deux bandes voisines de 800 cm^{-1}. Il est donc en réalité difficile de dire à quel mode de vibration correspondent ces bandes et même en première approximation, ainsi que l'avaient proposé certains auteurs, de les attribuer à des parties déterminées du cycle non saturé, qui, à notre avis, doit être considéré dans son ensemble. Cette conclusion s'applique aussi à d'autres absorptions, plus ou

---

([1]) GÜNTHARD et RUZICKA, *Helv. Chim. Acta*, 32, 1949, p. 2125.

moins fortes, notamment entre 935 et 965 cm^{-1}, en particulier chez les dihydro et tétrahydroalcools.

L'incertitude subsiste aussi, relativement à la double liaison cyclénique en β, les cétones β et leurs dérivés ne présentant que des bandes faibles entre 750 et 900 cm^{-1}.

2. Passant maintenant au *point de vue quantitatif*, le problème du dosage spectrométrique par infrarouge des mélanges d'irones, en particulier de ceux qui ont été isolés des essences d'iris, et que l'on sait aujourd'hui renfermer au moins cinq irones isomères, ainsi que des produits issus de traitements isomérisants, considérés précédemment, mais probablement à tort, comme des espèces définies, se pose en des termes plus complexes que l'on ne l'avait admis. Pour les isomères α et γ, par exemple, la proximité de bandes d'absorption, dont nous avons indiqué la diversité des origines, entraîne, dans les conditions des mesures usuelles, une superposition indéniable des aires d'absorption. En outre, en toute rigueur, ces déterminations quantitatives demanderaient aussi la connaissance des fonds continus, bien que ceux-ci restent assez faibles et du même ordre de grandeur pour ces diverses substances.

SPECTROSCOPIE. — *Interprétation de spectres de multiplets de molécules organiques*. Note de M. **Serge Nikitine**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nos connaissances sur les spectres de multiplets des composés organiques sont encore très limitées et leur interprétation peu satisfaisante (¹). Je voudrais suggérer une interprétation nouvelle basée sur le Modèle Métallique (M. M.). Elle conduit à un accord frappant avec les données expérimentales.

Les molécules de colorants comportant des chaînes de doubles liaisons conjuguées en résonance symétrique peuvent être comparées à un M. M. en forme de ligne brisée (²), (³), (⁴), les composés aromatiques à des M. M. à chaîne fermée (⁵). Considérons une chaîne ouverte comportant $2n$ électrons métalliques. Ils occupent les n niveaux électroniques inférieurs. La bande principale de ce modèle correspond à la transition $n \rightarrow n+1$, de longueur d'onde $\lambda(n, n+1)$. Les bandes secondaires u. v. correspondent aux transi-

(¹) Lewis, Lipkin et Magel, *J. Am. Chem. Soc.*, **63**, 1941, p. 3005; Lewis et Lipkin, *ibid.*, **64**, 1942, p. 2801; Lewis et Bigeleisen, *ibid.*, **65**, 1943, p. 2419; Lewis et Kapha, *ibid.*, **66**, 1944, p. 2100; McClure, *J. Chem. Phys.*, **19**, 1951, p. 670.

(²) N. Bayliss, *J. Chem. Phys.*, **16**, 1948, p. 287; H. Kuhn, *Helv. Chim. Acta*, **31**, 1948, p. 1443; *Z. f. Elektroch.*, **53**, 1949, p. 165; *Chimia*, **4**, 1950, p. 203.

(³) S. Nikitine, *Helv. Phys. Acta*, **32**, 1949, p. 595; *J. Chim. Phys.*, **47**, 1950, p. 614; **48**, 1951, p. 37; S. Nikitine et S. G. El Komoss, *ibid.*, **47**, 1950, p. 798; *ibid.*, **48**, 1951, p. 44; *J. de Phys.*, **12**, 1951, p. 635.

(⁴) S. Nikitine, *J Chim. Phys.* (sous presse).

(⁵) Platt, *J. Chem. Phys.*, **17**, 1949, p. 484; Rüdenberg et Parr, *ibid.*, **19**, 1951, p. 1268.

tions $n-1 \rightarrow n+1$, $n \rightarrow n+2$, $n-2 \rightarrow n+1$, etc. La comparaison avec l'expérience montre que le M. M. permet de calculer la position des niveaux électroniques correspondant à ces bandes avec une bonne approximation.

Ces transitions correspondent à des spectres de singulets. On aboutit à une configuration de triplet quand l'électron excité par la transition $n \rightarrow n+1$ se place en position de spin parallèle avec l'électron resté au niveau n. Le retour de l'électron excité est interdit. Cet état métastable se produit pour certains colorants à basses températures; il est responsable de la phosphorescence. Dans cette configuration la molécule présente un spectre d'absorption très différent ([1]), qui est caractérisé par l'apparition de bandes de longueurs d'ondes plus grandes que $\lambda(n, n+1)$. On a attribué ces nouveaux spectres aux transitions triplet $\rightarrow$ triplet $n+1 \rightarrow n+2$, $n+3$, etc. Mais le calcul montre qu'elles devraient conduire à des longueurs d'onde plus courtes que $\lambda(n, n+1)$. Or la position des niveaux $n+1$ et $n+2$ étant assez correctement prédite par le M.M. pour les états singulets, il devrait en être de même pour les états de triplets. Cette interprétation se heurte donc à des difficultés. J'ai cherché à attribuer les bandes observées à des transitions entre niveaux plus profonds. En effet à l'état métastable le niveau n contient un seul électron et la transition entre les configurations, que nous écrirons symboliquement par analogie avec les configurations atomiques, les flèches indiquant le parallélisme des spins $(n-1)q^2$, $nr\uparrow$, $(n+1)s\uparrow$, et $(n-1)q\uparrow$, nr^2, $(n+1)s\uparrow$, est possible. Elle correspond à une longueur d'onde $\lambda(n-1, n) > \lambda(n, n+1)$, ce qui est en bon accord avec l'observation. On peut généraliser ce raisonnement à des niveaux plus profonds encore. Des calculs de M. El Komoss montrent que l'électron excité à l'état métastable peut s'échapper facilement de la molécule. Il est donc plausible d'envisager une ionisation des molécules sous l'effet de l'irradiation à basses températures. On pourrait alors considérer la formation de configurations métastables ionisées telles que $((n-2)p^2, (n-1)q^1\uparrow, nr^1\uparrow)^{++}$ ou $((n-2)p^2, (n-1)q^1\uparrow, nr^1\uparrow, (n+1)s^1\uparrow)^{+}$, dans lesquelles la transition $n-2 \rightarrow n-1$ entre multiplets de même nature est possible.

J'ai appliqué cette théorie à la thionine (th.), le bleu de méthylène (b. m.) étudiés par Lewis et Bigeleisen et le naphthalène et l'antracène étudiés par Mc Clure ([1]). Les spectres étudiés de th. et b. m. ont été obtenus après irradiation intense des leuco dérivés à basses températures. Après l'irradiation ces spectres se modifient spontanément et passent sucessivement par les formes K, L, M, N, O. La forme M est facile à identifier à l'ion$^+$ du colorant ayant un spectre identique. L'interprétation de la forme O est incertaine. La structure de son spectre pourrait être due à une séparation très grande du triplet. L'ion$^+$ th. et b. m. comporte 14 électrons occupant les 7 niveaux inférieurs ([4]).

Nous reproduisons ci-après les nombres d'ondes observés et calculés, en cm^{-1}, en indiquant les transitions correspondantes.

Leuco th + X$h\nu$: Forme K observée : 12 700 et à partir de 21 000 →, calculée : 12 200 (5 → 6), 22 000 (4 → 6) et 26 700 (5 → 7); L observée : 15 700, calculée : 14 500 (6 → 7); M observée : 16 330, calculée : 16 640 (7 → 8); N observée 18 000, calculée : 18 800 (8 → 9); O interprétation incertaine.

Leuco b. m. + X$h\nu$: Forme K observée : 11 500 et environ 21 000 et 24 000, calculée : 11 100 (5 → 6), 20 200 (4 → 6) et 24 000 (5 → 7); L observée : 13 400, calculée : 13 200 (6 → 7); M observée : 14 950, calculée : 15 100 (7 → 8); N observée : 15 700, calculée : 18 000 (8 → 9). Le changement de spectre par et après irradiation et la succession des formes sont facilement expliqués par la théorie (désexcitation ou capture d'électrons). L'accord est bon.

Naphthalène + X$h\nu$: Observée : 21 300, 24 000, 25 460, calculée : 18 540 (1 → 2); (théorie de Platt), 22 000 (théorie modifiée). Les trois bandes observées pourraient correspondre à un triplet à grande séparation.

Anthracène + X$h\nu$: Observée : 14 700 et 23 400, calculée : (théorie de Platt) 15 750 (2 → 3) et 25 200 (1 → 3). Pour ces composés les niveaux électroniques contiennent 2, 4, 4, etc. électrons. Le M. M. s'applique moins aisément aux composés aromatiques et l'accord est moins bon.

SPECTROSCOPIE. — *Excitation des niveaux de rotation élevés du premier système positif* $B^3\Pi_g - A^3\Sigma_u$ de N_2. Note de Mme **Renée Herman** et M. **Charles Weniger**, présentée par M. Jean Cabannes.

On sait que le spectre d'émission de l'azote se compose principalement du premier système positif $B^3\Pi_g - A^3\Sigma_u$ et du deuxième système positif $C^3\Pi_u - B^3\Pi_g$. Ils s'étendent de 10500 à 2800 Å et ont une intensité de même ordre lorsque le gaz est excité sous faible pression (quelques dixièmes à quelques millimètres de mercure). L'intensité du système B → A augmente avec la pression du gaz. Lorsque la pression dépasse une atmosphère, une modification importante s'opère dans la distribution des intensités des bandes du premier système positif.

Les bandes visibles correspondant à $v' > 2$ s'effacent progressivement et les bandes (0,0) et (1,0) sont pratiquement seules présentes dans l'infrarouge proche [1]. De plus, alors que sous une pression de quelques millimètres de mercure les raies de rotation s'étendent seulement sur une cinquantaine d'angströms, sous forte pression elles s'étendent sur un millier ou plus. Ainsi la température apparente de vibration semble diminuer lorsque la pression croît, tandis que l'inverse a lieu pour la température de rotation.

Ce double comportement de la molécule vient très probablement de ce que, lors d'une collision avec une autre particule, on a surtout échange ou transfert

---

(1) M. W. Feast avait observé un phénomène analogue dans l'azote excité dans une onde de choc (communication privée).

d'énergie de rotation. L'énergie de vibration, par contre, paraît pouvoir se conserver en dépit de milliers ou même de millions de collisions ([2]).

Ce fait semble justifier l'hypothèse faite pour la première fois par Langstroth ([3]) pour expliquer la répartition d'intensité des bandes du deuxième positif, observée à basse pression. Cet auteur admet l'excitation du niveau électronique $C\,^3\Pi_u$ à partir du niveau $X\,^1\Sigma_g^+$ avec répartition thermique au niveau X. Aux faibles pressions, l'excitation du premier système positif peut s'expliquer d'une manière analogue : les molécules partent du niveau X avec répartition thermique, sont portées au niveau C puis émettent par une descente en cascade les systèmes $C \rightarrow B$ et $B \rightarrow A$. Par contre, aux pressions élevées, on aurait le processus habituellement admis $B\,^3\Pi_g \rightarrow A\,^3\Sigma_u$ avec répartition thermique des niveaux de vibration à l'état électronique B.

Lorsque l'on compare les spectres obtenus sous faible et forte pression, on a tout d'abord l'impression qu'il s'agit de deux spectres différents. C'est pourquoi nous avons fait une étude sommaire de la structure de rotation de la bande (1,0) 8912 Å. Dans ce but, nous avons photographié la région spectrale 9000-7200 Å à l'aide du spectrographe à réseau de l'Observatoire de Meudon donnant une dispersion de 3,6 Å : mm, sur plaques Kodak N II sensibilisées à l'ammoniaque. La dispersion n'est pas suffisante pour résoudre complètement la structure très compliquée de ces bandes qui se composent de 27 branches dont 9 principales. Les diverses branches se recouvrent plus ou moins, ce qui rend l'analyse difficile. De plus, la présence de raies d'azote intenses et nombreuses dans cette région spectrale complique encore la tâche. Nous avons néanmoins identifié les différentes branches et nous donnons dans le tableau ci-dessous un exemple montrant qu'il s'agit bien du premier système positif. Cette analyse concerne les branches P_1, Q_1 et R_1 de la bande (1,0).

J.	$R_1(J)$.	$Q_1(J)$.	$P_1(J)$.	$R_1(J)-Q_1(J)$.	2B'.	$R_1(J)-Q_1(J+1)$.	2B''.	$Q_1(J)-P_1(J)$.	2B'.
21....	11369,0	–	–	–	–	–	–	–	–
22....	78,4	11305,4	–	73,0	3,17	65,9	2,86	–	–
23....	90,0	12,5	–	77,5	3,23	69,7	2,90	–	–
24....	11400,1	20,3	–	79,8	3,19	71,8	2,87	–	–
25....	10,3	28,3	–	82,0	3,15	74,3	2,86	–	–
26....	21,1	36,0	–	85,1	3,15	77,1	2,85	–	–
27....	32,3	44,0	11259,3	88,3	3,15	79,7	2,85	84,7	3,14
28....	43,6	52,6	64,2	91,0	3,14	82,3	2,84	88,4	3,15
29....	55,5	61,3	–	94,2	3,14	85,3	2,84	–	–

([2]) S. W. Kash et J. Kaplan dans un récent travail (*Final Report*, *February*, 1951, N 6 onr-27 508, Institute of Geophysics, University of California, Los Angeles) ont suggéré que l'énergie de l'azote actif pourrait provenir de l'énergie de vibration de $N_2(X\,^1\Sigma_g^+, v \approx 20)$ pouvant se conserver longtemps en dépit des collisions.

([3]) *Proceedings of the Royal Society*, A, 150, 1935, p. 371; 146, 1934, p. 166. Un calcul plus complet est donné par R. W. Nicholls, *Colloque international*, Liége, 1951, p. 305.

L'analyse préliminaire donne pour B'' la valeur 1,43 cm^{-1} en bon accord avec la valeur 1,434 cm^{-1} donnée dans les tables. Pour B', on obtient 1,57 pour $^3\Pi_0$, 1,60 pour $^3\Pi_1$ et 1,64 pour $^3\Pi_2$ ceci pour des valeurs de J supérieures à 20. Pour les valeurs de J inférieures, on trouve pour B' des valeurs qui se rapprochent de la moyenne, ce qui est bien conforme au résultat de Naudé [4], qui a observé la transition du cas *a* de Hund au cas *b* pour l'état $^3\Pi$. Si l'on extrapole les valeurs de Naudé pour $v' = 1$ en admettant la valeur de B_e donnée dans les tables, on trouve respectivement pour les trois valeurs : $B' = 1,574$; 1,611 et 1,656. On voit qu'il s'agit donc certainement de la bande (1,0) du premier système positif.

SPECTROGRAPHIE. — *Spectre d'émission de l'acétaldéhyde.* Note de Mme **Simone Régnier**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous nous sommes proposé d'étudier la décomposition de l'acétaldéhyde dans la décharge avec électrodes extérieures. Nous disposions à cet effet d'un spectrographe Hilger de 170 cm de focale, avec lequel nous avons pris deux sortes de clichés. Pour les premiers, la décharge avait lieu dans un tube de 30 cm de long, muni d'une fenêtre de quartz à une extrémité et portant deux bagues d'aluminium distantes de 4 cm environ, la bague amont reliée à la terre, l'autre à la sortie d'un oscillateur H. F. La fréquence utilisée était de l'ordre de 25 Mc : s. Le courant d'acétaldéhyde parcourait le tube et sortait par un tube latéral situé entre les deux électrodes. Dans le second cas, le tube à décharge avait la forme d'une croix. La branche horizontale suivant l'axe de laquelle la photo était prise, portait de part et d'autre de la croix, deux électrodes de masse; le courant gazeux passait dans la branche verticale qui était munie, en aval de la croix, de l'électrode H. F. Ce second système avait l'avantage de raccourcir considérablement la décharge, les conditions d'excitation restant les mêmes que dans le premier montage. Dans les deux cas, la décharge était du type électrostatique, par opposition au type de décharge électromagnétique obtenue au moyen d'une self entourant le tube à décharge [1]. Nous nous proposons d'ailleurs d'employer par la suite ce second procédé.

Nos deux montages nous ont permis d'observer deux formes de décharge. L'une, pour des pressions de l'ordre de 10^{-2} mm à 10^{-3} mm est très intense et s'étend loin de part et d'autre des électrodes sur le trajet du gaz. Sa couleur est blanc bleuté. L'autre, correspondant à des pressions de l'ordre de 10^{-1} mm est moins lumineuse, relativement peu étendue. Nous avons

(4) *Proceedings of the Royal Society*, A, 136, 1932, p. 114.

(1) F. Esclangon, *Thèse Sciences*, Paris, 1933.

pu remarquer avec le second tube et à faible excitation des teintes variées dans la lumière émise : bleue au croisement, elle est vert pâle, au niveau des électrodes de masse et mauve dans l'électrode H. F. Dans les deux cas, il y avait rapidement formation de part et d'autre des électrodes H. F., d'un dépôt brun jaunâtre, à structure lamellaire, à ce qu'il semble, insoluble dans les solvants usuels.

Nous n'avons jusqu'à maintenant photographié que la première forme de décharge. Les poses sont de l'ordre de 24 h. Le spectre obtenu est très riche; particulièrement entre 3 000 Å et 5 300 Å où il s'étend sans solution de continuité. Il comporte, entre autres, sept groupes complexes entre 3 600 et 4 400 Å.

L'analyse a permis de dégager, jusqu'à maintenant, les résultats suivants : tout d'abord une nette prédominance des bandes de CO, système d'Angström, troisième système positif et système 5 B, système de triplets, quatrième système positif et système 3 A, enfin, nous avons également mis en évidence le premier système négatif de CO^+; ensuite viennent, le système 3 900 Å de CH, le spectre de OH, la bande 4 050 du spectre cométaire et la raie H_β de l'hydrogène.

Nous comptons, pour poursuivre cette analyse, utiliser le fait que les intensités relatives des différents groupes varient sensiblement avec les conditions de travail. Nous nous proposons d'opérer avec des pressions et des excitations très différentes afin de diviser les groupes. Nous étudierons plus particulièrement la seconde forme de décharge (pression relativement élevée) et si possible, nous photographierons séparément les différentes zones de la décharge.

Nous espérons ainsi obtenir des indications sur le mode de décomposition de l'acétaldéhyde par les courants H. F.

EFFET RAMAN. — *Position de la liaison* C=O *dans les cristaux d'acide oxalique dihydraté*. Note de Mme **Lucienne Couture-Mathieu** et Mlle **Lucette Bardet**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'étude du spectre Raman confirme la structure de l'acide oxalique proposée par Brill (1).

L'acide oxalique dihydraté cristallise dans le système monoclinique avec la symétrie $C_{2h}^5(P2_1/C)$. Sa structure est maintenant connue et peut se représenter par la figure. La maille élémentaire contient deux molécules de symétrie propre C_i. Cependant des divergences existent dans la configuration attribuée

(1) *Zeitsch. Elektrochem.*, 50, 1944, p. 47.

par les différents auteurs au groupement CO_2H qui se trouve deux fois dans chaque molécule. Zachariasen [2] trouvait les longueurs des deux liaisons C — O presque égales et pensait qu'il existait un phénomène de résonance entre ces liaisons dans le groupement CO_2. Des études plus récentes [3], [4], [1] conduisent au contraire à l'inégalité des longueurs, des liaisons et à la dissymétrie de ce groupement, l'un des atomes d'oxygène étant lié à l'atome de carbone par une double liaison, l'autre par une liaison simple. Mais les divers auteurs ne sont pas d'accord sur la position de ces liaisons. Leurs résultats sont résumés dans le tableau I.

TABLEAU I.

Longueurs des liaisons CO.

	CO_I.	CO_{II}.
Zachariasen [2]	1,25 Å (C — O)	1,25 Å (C — O)
Robertson et Woodward [3], [5]	1,24 Å (C = O)	1,30 Å (C — O)
Brill [4], [1]	1,28 Å (C — O)	1,21 Å (C = O)

On voit que Robertson et Woodward placent la double liaison en CO_I et Brill en CO_{II}, les atomes O_I et O_{II} ayant les situations indiquées sur la figure.

Des études sur l'effet Raman du cristal [6] permettaient déjà d'affirmer qu'il existe des doubles liaisons C = O dans le cristal, puisqu'elles se manifestent par l'existence d'une forte raie à 1739 cm^{-1} caractéristique de ce groupement.

En partant d'une étude plus complète de l'effet Raman entreprise par l'une de nous sur un monocristal taillé, en lumière naturelle et en lumière polarisée [7], il est possible de trouver sans ambiguité la position de la double liaison.

Nous désignerons par XYZ les axes de l'ellipsoïde de polarisabilité lié au cristal; Z représente l'axe binaire $\vec{b}$ (0 1 0), X a sensiblement la direction de l'axe $\vec{a}$ (1 0 0), Y complète le trièdre trirectangle (voir *figure*).

La polarisation de la forte raie à 1739 cm^{-1}, qui est de type B_g (notation de Placzek), est remarquable. Les deux coefficients ε_{ZX} et ε_{YZ} du tenseur de polarisabilité dérivé sont permis par la symétrie; mais on trouve que le

---

[2] *Zeitsch. Kristallogr.*, 89, 1934, p. 442.

[3] J. M. ROBERTSON et H. WOODWARD, *Journ. Chem. Soc. London*, 1936, p. 1817.

[4] R. BRILL, C. HERMANN et CL. PETERS, *Nature*, 27, 1939, p. 677, et *Ann. der Physik*, 42, 1942-1943, p. 357.

[5] J. M. Robertson (*Trans. Farad. Soc.*, 36, 1940, p. 913) fut ensuite d'opinion que les deux liaisons C—O étaient égales et d'une longueur de 1,24 Å.

[6] R. MARIGNAN, Thèse Doct. ès Sciences Physiques, Paris, 1947.

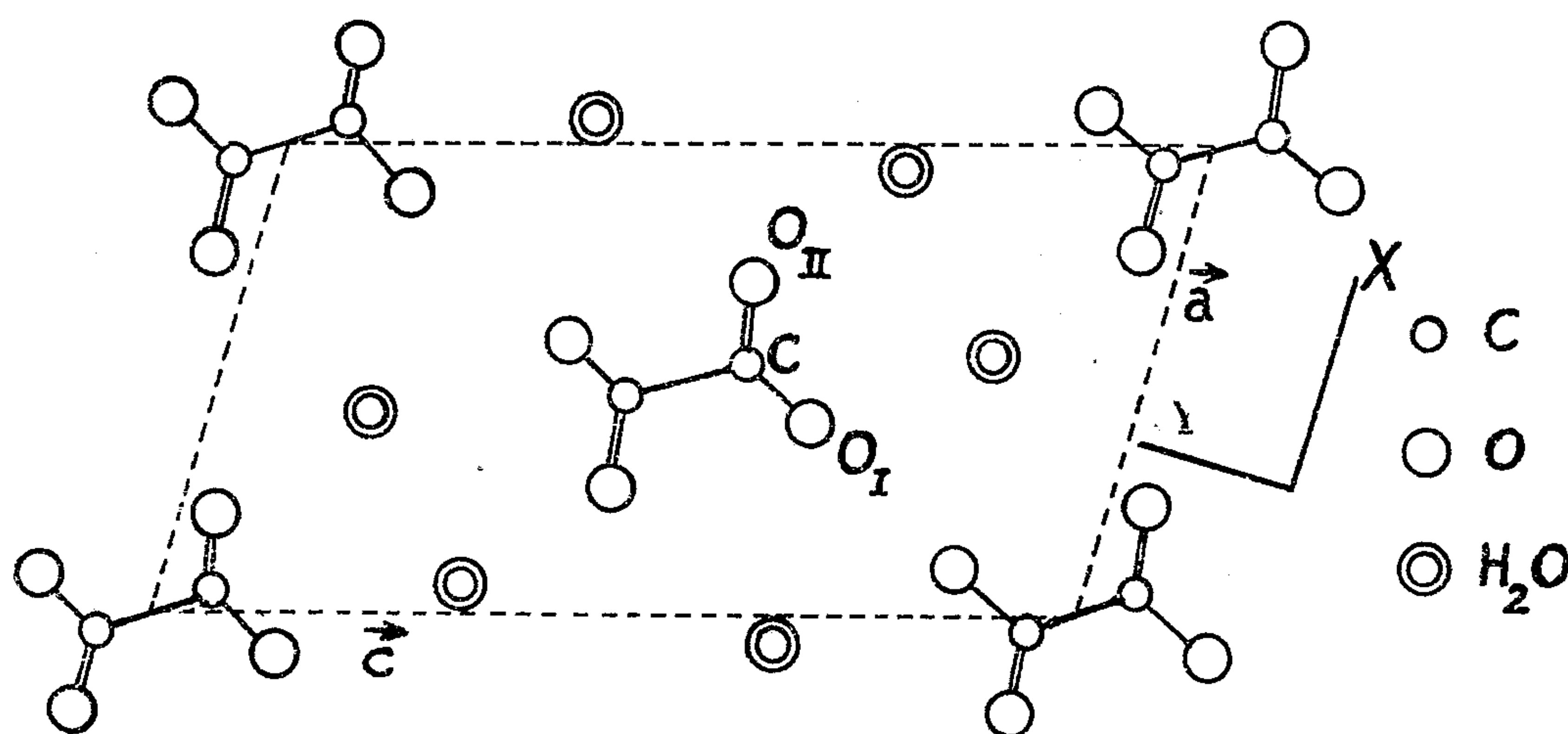
[7] R. MARIGNAN et L. BARDET, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 714.

premier est très grand, alors que le second est trop petit pour se manifester expérimentalement.

Considérons chaque liaison C = O comme isolée et faisons-lui correspondre un tenseur de polarisabilité dérivé relatif à sa vibration de valence. Ce tenseur est de révolution. Si W est un axe dirigé suivant le trait de liaison, U et V deux axes qui lui sont perpendiculaires, ce tenseur s'écrit :

$$\varepsilon_{UU} = \varepsilon_{VV} = \alpha, \qquad \varepsilon_{WW} = \gamma, \qquad \varepsilon_{ij} = 0 \qquad (i, j = U, V, W;\ i \neq j).$$

Le calcul des cosinus directeurs ([8]) des axes UVW liés à chacune des deux liaisons, CO_I d'une part, CO_{II} de l'autre, permet de rapporter le tenseur



précédent aux axes XYZ liés au cristal. En couplant les vibrations des quatre groupements symétriques C = O de la maille selon les conditions de symétrie, on aboutit, pour les coefficients ε^2_{YZ} et ε^2_{ZX}, aux valeurs relatives suivantes. (Dans le rapport les coefficients α et γ s'éliminent.)

TABLEAU II.

Intensités.		
Théorique.		
C = O en CO_I.	C = O en CO_{II}.	Expérimentale.
$\varepsilon^2_{YZ} = 68$	$\varepsilon^2_{YZ} = 0,3$	$\varepsilon^2_{YZ} = 0$
$\varepsilon^2_{ZX} = 10$	$\varepsilon^2_{ZX} = 10$	$\varepsilon^2_{ZX} =$ Fort

On voit que les résultats permettent de localiser avec certitude la double liaison dans la position CO_{II}, ce qui est en accord avec les résultats de Brill ([1]).

([8]) Pour ce calcul, nous avons utilisé les coordonnées de Robertson et Woodward ([3]).

RADIOGRAPHIE. — *Technique de l'utilisation des rayons X dans l'étude de la cokéfaction.* Note de MM. **André-Antoine Peytavy** et **Jean Lahouste**, transmise par M. Albert Policard.

La mise au point d'une méthode pour l'examen aux rayons X d'une masse de charbon en cours de cokéfaction, permet des observations intéressantes sur les phénomenes de la carbonisation. Elle rend possible, en particulier, surtout dans le cas d'un chauffage par tranches planes, des mesures précises sur les déformations et sur l'épaisseur et la vitesse de déplacement de la couche plastique.

Dans nos études sur la cokéfaction, au Laboratoire du Centre d'Études et Recherches des Charbonnages de France, l'emploi de la radioscopie, de la radiographie et dans certains cas, de la radiocinématographie, nous a permis de suivre avec facilité les transformations d'une masse de charbon au cours de sa carbonisation. Nous avons ainsi pu préciser certains phénomènes qu'il n'avait pas été possible jusqu'alors d'étudier directement.

Naturellement il convient d'utiliser une cornue de cokéfaction suffisamment transparente aux rayons X. La méthode peut être utilisée même dans un certain nombre d'essais courants où le creuset contenant une masse cylindrique de charbon est placé dans un four électrique tubulaire qui assure un chauffage centripète. Il suffit que les spires de fil de chauffage soient assez éloignées pour ne pas gêner l'observation.

Elle nous a toutefois donné les meilleurs résultats sur un essai que nous avons mis au point et que nous appliquons depuis quelque temps, où le cylindre de charbon est placé sur une plaque chauffante, assurant un chauffage sensiblement plan. Les surfaces isothermes se rapprochent des sections droites du cylindre, elles sont donc, comme dans les fours à coke, à peu près parallèles à la paroi chauffante : on poursuit le chauffage jusqu'à ce que la partie supérieure de la charge soit portée à la température désirée.

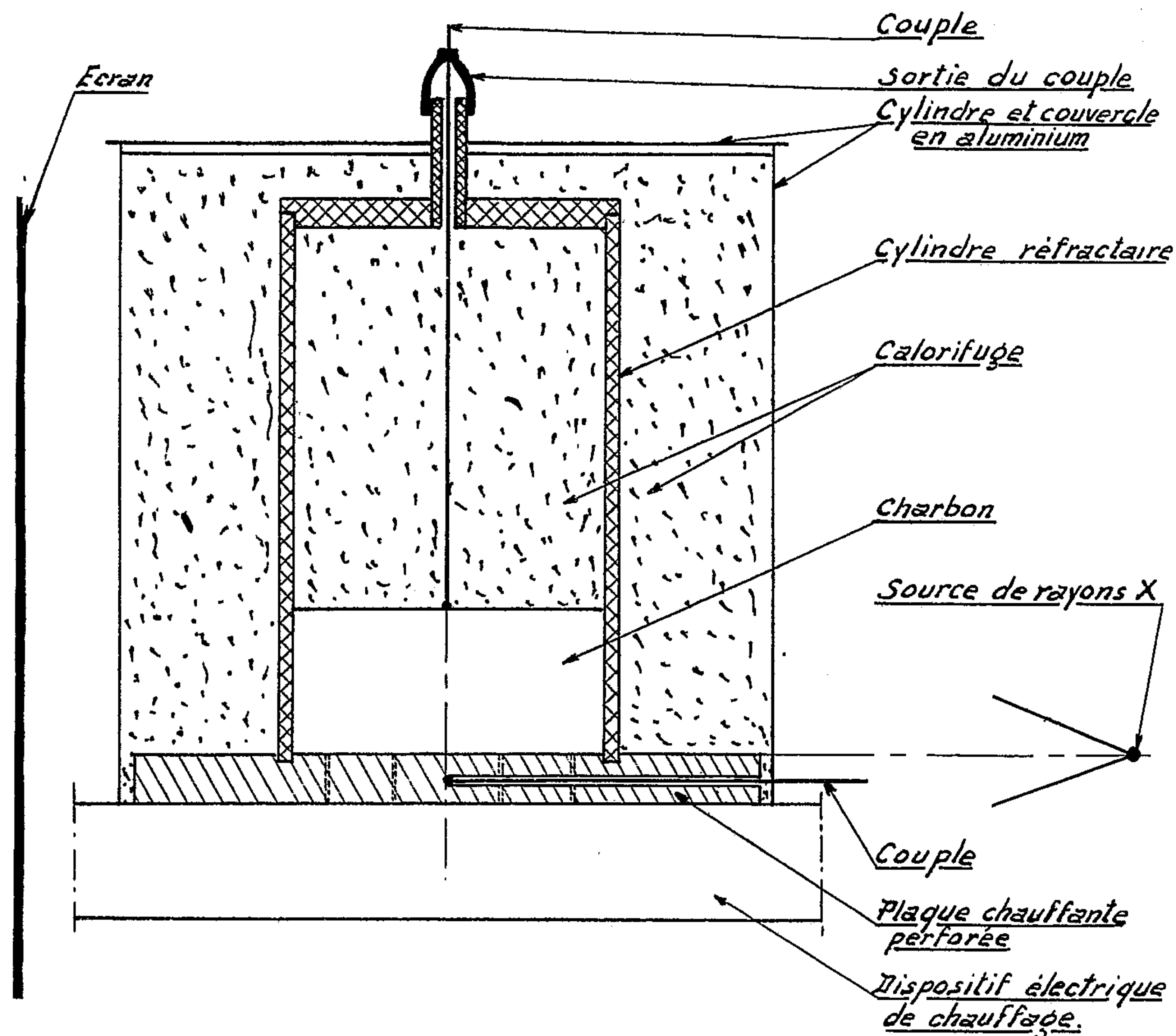
Le montage utilisé est représenté schématiquement sur la figure. L'ensemble du four est placé à distance convenable entre le générateur de rayons X et l'écran. Selon les cas on suit l'opération par vision directe, photographie ou cinématographie. Pour faciliter l'observation, on peut placer à certains endroits de la charge des repères métalliques, ou des corps opaques, comme la poudre de baryte.

La méthode s'est montrée riche en possibilités aussi bien pour l'étude du processus de la cokéfaction que pour celle de la formation de la fissuration.

Elle rend très distinctement visibles les diverses zones correspondant aux stades successifs de transformation, en particulier la couche plastique,

plus ou moins large selon les charbons et les conditions opératoires et dont certaines particularités de constitution sont mises en évidence.

A ce sujet cet examen est utilement complété par des mesures plastométriques simultanées, que nous avons commencé à effectuer.



Appareil pour l'examen aux rayons X du processus de cokéfaction.

D'autre part, il devient facile de mesurer, entre autres caractéristiques, la vitesse de déplacement et la largeur de cette zone, ainsi que le gradient de température correspondant.

On peut d'autre part déceler l'apparition de la fissuration et suivre son évolution en fonction soit de la température, soit du temps.

Nous avons entrepris des mesures dans ces différentes voies, mais les résultats ne prendront tout leur intérêt que lorsqu'ils seront assez nombreux pour permettre des comparaisons entre plusieurs charbons et pour diverses conditions de cuisson.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Remarque sur l'étude du phénomène de focalisation axiale dans les spectrographes magnétiques à plan de symétrie.* Note de M. **Joseph Lafoucrière**, présentée par M. Louis de Broglie.

Une méthode de calcul basée sur la théorie des perturbations a été appliquée par K. Wallauschek ([1]) à l'étude de la stabilité des orbites stationnaires dans le cas d'un champ électro-magnétique à symétrie de révolution. Ses calculs repris par N. Svartholm et K. Siegbahn ([2]) pour le champ magnétique seul, les ont conduits à définir deux angles de focalisation : un angle de focalisation radiale Φ_r pour des corpuscules émis dans le plan de symétrie, et un angle de focalisation axiale Φ_z pour des corpuscules émis de part et d'autre de ce plan. Ils donnent pour valeur de ces angles :

$$(1) \qquad \Phi_r = \pi\sqrt{\frac{H_z}{\dfrac{\partial}{\partial r}(rH_z)}}, \qquad \Phi_z = \pi\sqrt{\frac{H_z}{-r\dfrac{\partial H_z}{\partial r}}},$$

(le système de référence utilisé étant les coordonnées cylindriques $r\varphi z$, l'axe des z ayant la direction du champ et le sens contraire). Les valeurs de H_z et de sa dérivée sont prises pour $z = 0$ et $r = r_0$ (rayon de l'orbite stationnaire). Ces deux angles vérifient alors la relation

$$(2) \qquad \frac{1}{\Phi_r^2} + \frac{1}{\Phi_z^2} = \frac{1}{\pi^2}.$$

Il est évident que Φ_r et Φ_z ne seront tous les deux réels que dans les champs à décroissance radiale mais où $|rH_z(r, 0)|$ est croissant. C'est le cas du champ en $r^{-1/2}$ utilisé par Svartholm et Siegbahn pour la construction du spectrographe à double focalisation. Dans un champ à $|rH_z|$ décroissant, Φ_r prenant une valeur imaginaire, l'application de la formule (2) donne pour le doublet magnétique (champ en r^{-3}) la valeur $\Phi_z = \pi/\sqrt{3}$.

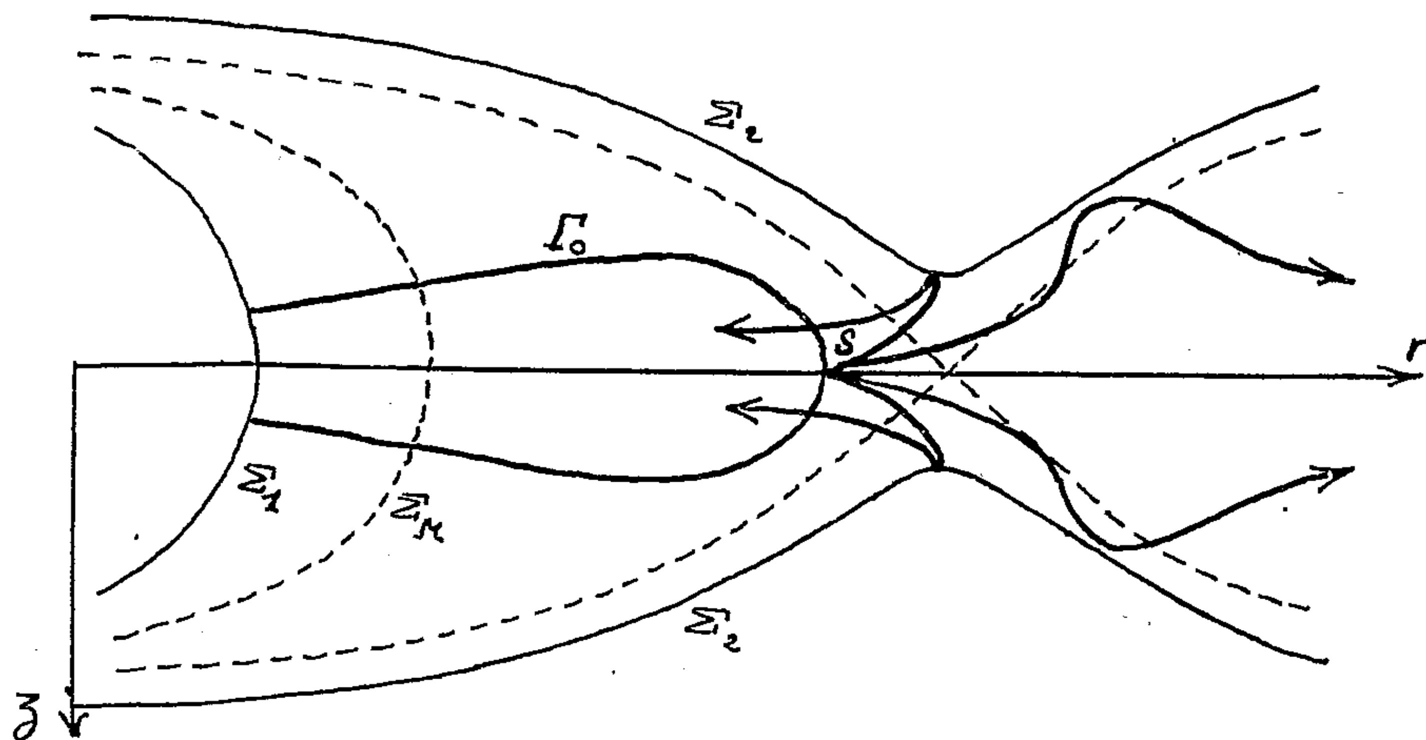
Nous proposons d'appliquer à l'étude de ce problème une méthode de construction des trajectoires gauches les plus générales. Si $A(rz)$ désigne le potentiel-vecteur dont dérive le champ, u_0 et θ_0 les angles d'émission radiale et axiale au voisinage de l'orbite stationnaire, l'équation intrinsèque des projections cylindriques des trajectoires sur un plan méridien prend une forme particulièrement simple en introduisant le système de coordonnées curvilignes défini par

$$(3) \qquad \eta = -r^{-1}\left[r_0 \cos u_0 \cos\theta_0 - \frac{rA - r_0A_0}{\rho H}\right].$$

([1]) *Z. Physik*, 117, 1941, p. 565.
([2]) *Ark. not ast. fys. Sverige*, 1947, p. 33, n° 4, art. 21.

Ce choix impose de grouper les angles au départ, pour que soit vérifiée la relation $\cos u_0 \cos \theta_0 = \cos \alpha$. Un tel groupe de méridiennes possédera alors les mêmes limites $\Sigma_1 \Sigma_2 \Sigma_M$ (*fig.* 1) généralisant les rayons limites des trajectoires planes.

L'étude théorique du problème de la stabilité de l'orbite stationnaire pour les champs à $|rH_z|$ décroissant, montre que la projection des méridiennes des trajectoires perturbées est donnée par la figure 1. La méridienne $\Gamma_0(u_0 = \pi,\ \theta_0 = \alpha)$ est la projection d'une courbe périodique (trochoïde déformée) et elle n'est autre que la trajectoire « perturbée » axiale.



La focalisation est due tout simplement aux corpuscules qui reviennent couper le plan médian en r_0 après avoir parcouru une boucle et avoir touché Σ_1. Ces corpuscules, s'ils restent au voisinage immédiat de $z = 0$, s'éloignent cependant assez de r_0 pour qu'un calcul basé sur la méthode des perturbations ne soit plus justifié. La valeur $\pi/\sqrt{3}$ trouvée par l'application des formules (1) et (2) est donc certainement erronée. Il faut la remplacer par l'expression :

$$\Phi_z = \frac{1}{2} \oint_{\Gamma_0} \frac{\eta}{r\sqrt{1-\eta^2}} \sqrt{1+y'^2}\, dr.$$

Cette intégrale dépend de α et tend vers l'infini lorsque α tend vers zéro. Il ne peut donc exister d'angle de focalisation axiale puisque Φ_z n'est pas du second ordre par rapport à α. Les trajectoires Γ_0 admettent une sorte de caustique tracée sur le cylindre $r = r_0$ et dont les branches sont symptotes à l'orbite stationnaire.

La formule de K. Siegbahn et N. Svartholm donne ainsi les valeurs exactes des angles de focalisation, à condition que ces deux angles soient réels. On peut d'ailleurs étendre notre construction aux champs magnétiques à $|rH_z|$ croissant et l'on trouve que les trajectoires se tiennent effectivement au voi-

sinage immédiat de l'orbite stationnaire. L'emploi de la méthode des perturbations est parfaitement justifié, les deux auteurs l'ont d'ailleurs utilisée uniquement dans ce cas. Il faut donc borner l'application de l'équation (2) aux $|rH_z|$ croissants, entre le champ homogène et le champ en r^{-1}, limites comprises. On n'a pas le droit de faire séparément l'étude des deux focalisations, leur existence est étroitement liée.

La méthode de construction des trajectoires gauches s'applique aux cas les plus généraux et elle est particulièrement commode pour étudier les aberrations de sphéricité des spectrographes. Le groupement des angles u_0 et θ_0 suivant le produit de leur cosinus fait intervenir à la fois toutes les courbes voisines de l'orbite stationnaire et non plus les seules trajectoires axiale et radiale. Le principe de cette méthode sera exposé ultérieurement dans le *Journal de Physique et le Radium.*

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Rapport des absorptions photoélectriques* K *et* L *des rayons* γ. Note de Mme **Nadine Marty**, présentée par M. Frédéric Joliot.

La valeur expérimentale du rapport τ_L/τ_K des sections efficaces d'absorption photoélectrique dans les couches L et K nous ayant, dans un travail précédent [1] paru en désaccord avec les valeurs théoriques non relativistes de Hall [2], nous avons repris l'étude de ce rapport à l'aide du spectromètre magnétique à focalisation semi-circulaire déjà utilisé. Les mesures ont été faites pour les rayons γ de 411 keV (émis par ^{198}Au) et 140 keV (émis par ^{99}Tc*) et des absorbants de U, Pb, Au et Ag dans le premier cas, Au et Ag dans le deuxième. La source était placée dans une capsule de duralumin capable d'absorber tous les rayons β ou les électrons de conversion.

L'épaisseur des diffuseurs était d'environ 1/5 du parcours des photoélectrons K; nous n'avons pas, dans le cas des rayons γ de 411 keV, observé pour τ_L/τ_K de différence supérieure aux erreurs expérimentales avec des diffuseurs de Pb variant de 1/5 à une fois le parcours des photoélectrons K (25 à 125 mg : cm²).

Le rapport τ_L/τ_K était déterminé par le rapport des hauteurs et des surfaces des raies photoélectriques L et K.

Nous avons d'abord vérifié que, en accord avec la théorie [2] la valeur du rapport τ_L/τ_K ne dépendait pas sensiblement de la direction d'émission des photoélectrons détectés : le même résultat a été obtenu lorsque la direction d'émission des photoélectrons par rapport aux rayons γ incidents était comprise entre 0 et $\pi/2$ et lorsqu'elle était comprise entre 40 et 70°.

Nous groupons dans le tableau suivant nos valeurs expérimentales ainsi que

---

(1) N. Marty, *Annales de Physique*, 6, 1951, p. 662.

(2) *Rev. Mod. Phys.*, 8, 1936, p. 358.

les valeurs de Hall relativistes (seuls calculs théoriques existant dans ce domaine sur le rapport τ_L/τ_K) et non relativistes; la formule relativiste est valable pour des photons d'énergie très supérieure à mc^2 et, dans ce cas, indépendante de leur énergie; la formule non relativiste en dépend et a été calculée par Hall pour des énergies de rayons γ allant jusqu'à 300 keV dans le cas d'un diffuseur de Pb : nous avons donné sa valeur pour des photons de 140 keV.

La précision des valeurs expérimentales est plus grande pour les rayons γ de 411 keV que pour ceux de 140 keV, la source de ^{198}Au utilisée étant beaucoup plus intense que celle de ^{99}Tc*.

	$\frac{\tau_L}{\tau_K} \cdot 10^2$.			
Diffuseurs.	γ 411 keV.	Formule de Hall relativiste.	γ 140 keV.	Formule de Hall non relativiste.
U....................	31 ± 1	23	–	–
Pb....................	27 ± 1	20	–	12
Au....................	26 ± 2	20	23	–
Ag....................	13 ± 2	14,5	14	8,5

Nos résultats sont en accord avec les valeurs théoriques de Hall si l'on considère les rayons γ utilisés comme très relativistes, dans le cas du diffuseur de Ag et pour le sens de la variation du rapport τ_L/τ_K avec Z. Ils sont, par contre, nettement plus élevés pour les diffuseurs de Z élevé et se rapprochent plutôt de la valeur de 25 % adoptée par Hulme et col. (³) pour l'ensemble des valeurs de Z et des énergies des γ.

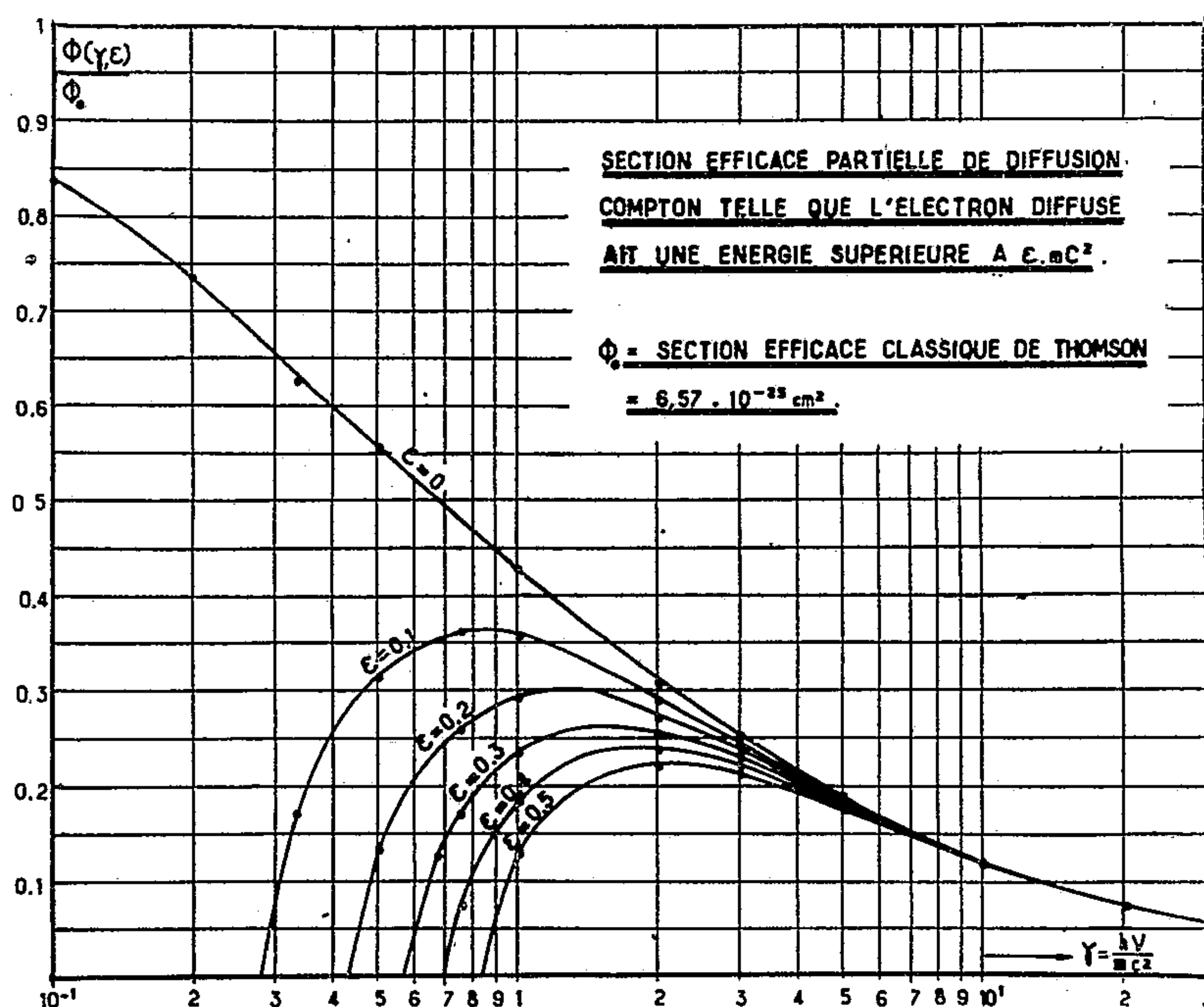
PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Remarque sur l'efficacité de détection des rayons γ par les compteurs à scintillations.* Note de M. **Henri Piatier**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Le problème de l'efficacité de détection des rayons γ par les compteurs à scintillations en fonction de l'énergie des quanta incidents se pose fréquemment et ne semble pas avoir reçu de solution très satisfaisante. L'objet de la présente Note est de donner une formule qui permette de calculer cette efficacité dans le cas où l'effet Compton est pratiquement seul responsable de la détection, comme cela arrive la plupart du temps quand on emploie des substances fluorescentes organiques, anthracène, stilbène, tolane, tétraphénylbutadiène en solution dans le polystyrène, etc.

Dans ces conditions il est naturel d'admettre qu'un photon sera détecté

(³) H. P. Hulme, J. Mc Dougall, R. A. Buckingham et R. H. Fowler, *Proc. Roy. Soc.*, A-149, 1935, p. 131.

toutes les fois qu'il donnera naissance dans la substance fluorescente à un électron Compton dont l'énergie est supérieure à une certaine valeur ε dépendant de divers facteurs, notamment des appareils électroniques utilisés conjointement, de la façon dont on sépare les signaux du bruit de fond du



photomultiplicateur, etc. Nous avons donc été amené à calculer la section efficace partielle de l'effet Compton, correspondant à la diffusion d'un électron d'énergie supérieure à la limite ε. Il faut pour cela intégrer la formule différentielle de Klein et Nishina (1)

$$\frac{d\Phi}{\Phi_0} = -\frac{3}{8}\left\{\frac{1}{1+\gamma(1-\cos\theta)} + \frac{1}{[1+\gamma(1-\cos\theta)]^3} - \frac{1-\cos^2\theta}{[1+\gamma(1-\cos\theta)]^2}\right\} d(\cos\theta),$$

depuis l'angle de diffusion du photon θ_ε, correspondant à la diffusion d'un électron-Compton d'énergie ε, jusqu'à π. γ représente l'énergie du photon incident exprimée en unités mc^2. L'énergie limite ε étant elle-même exprimée en unités mc^2, on obtient

$$\frac{\Phi(\gamma,\varepsilon)}{\Phi_0} = \frac{3}{8\gamma^3}\left\{[\gamma^2 - 2(1+\gamma)]\log\frac{(1+2\gamma)(\gamma-\varepsilon)}{\gamma} - [\gamma - (\gamma-\varepsilon)(1+2\gamma)]\left[\frac{\gamma+(\gamma-\varepsilon)(1+2\gamma)}{2(1+2\gamma)^2} + \frac{1}{\gamma-\varepsilon} + \frac{1}{\gamma}\right]\right\}.$$

(1) *Z. Physik.*, 52, 1929, p. 853; *cf.* aussi W. Heitler, *Quantum Theory of Radiation*, Oxford, 1944, p. 146 et suiv.

Le tableau suivant donne les valeurs du rapport $\Phi(\gamma, \varepsilon)/\Phi_0$ pour différentes valeurs de γ et de ε.

ε. γ....	0,33.	0,5.	0,66.	0,75.	1.	2.	3.	5.	10.	20.	$\Phi = 0$ pour
0,1......	0,174	0,318	0,355	0,362	0,360	0,292	0,246	0,187	0,123	0,075	$\gamma = 0,279$
0,2......	–	0,135	0,239	0,261	0,295	0,274	0,238	0,184	0,122	0,075	0,432
0,3......	–	–	0,129	0,172	0,237	0,256	0,230	0,181	0,121	0,075	0,566
0,4......	–	–	–	0,075	0,185	0,239	0,222	0,178	0,120	0,075	0,690
0,5......	–	–	–	–	0,131	0,222	0,214	0,175	0,119	0,075	0,840

Si N.Z est le nombre d'électrons présents dans 1 cm³ de la substance fluorescente, le coefficient d'absorption Compton est

$$\tau = N.Z.\Phi(\gamma, 0)$$

et le « coefficient d'absorption partiel »

$$\tau_\varepsilon = N.Z.\Phi(\gamma, \varepsilon)$$

Dans le cas où l'épaisseur x de la substance fluorescente est petite vis-à-vis de $1/\tau$, ce qui est pratiquement vrai très souvent, l'efficacité de détection est

$$E = \tau_\varepsilon x$$

ou plus exactement

$$E = \frac{\tau_\varepsilon}{\tau}(1 - e^{-\tau x}).$$

Ces considérations ne sont évidemment valables que si le phòton diffusé, associé à un électron Compton d'énergie inférieure à ε, n'a qu'une faible probabilité de donner lieu dans la substance fluorescente à un second effet Compton. Cette condition est remplie dans le cas du scintillateur mince, car les photons incidents non détectés sont ceux qui perdent peu d'énergie dans la substance fluorescente; le libre parcours du photon secondaire est donc pratiquement le même que celui du photon primaire, c'est-à-dire grand devant l'épaisseur du scintillateur.

•

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence des cations étrangers en solution sur le faciès cristallin du gypse précipité.* Note (*) de M. **Hubert Forestier** et Mme **Gilbert Krémer**, présentée par M. Louis Hackspill.

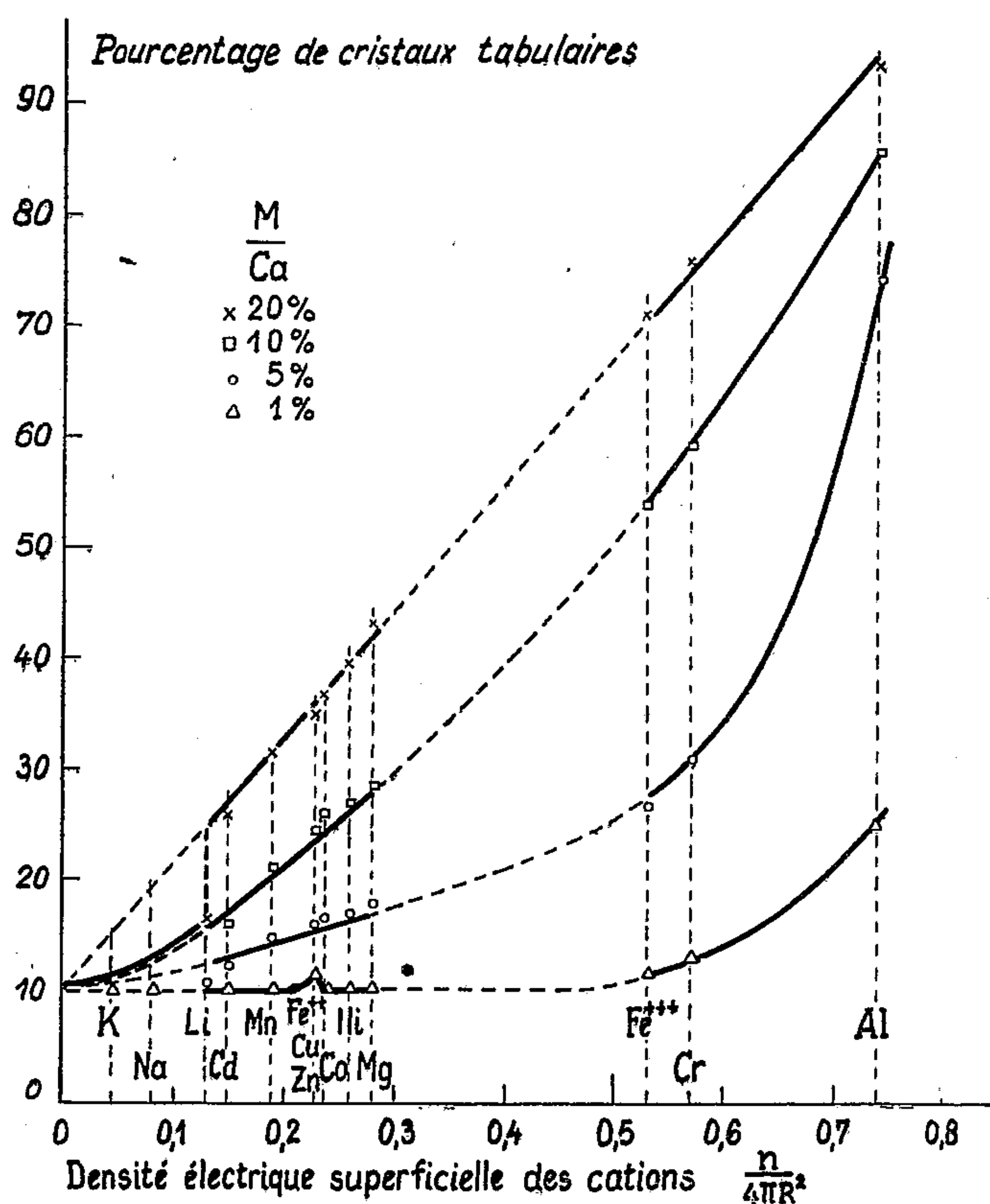
Les cations étrangers en solution favorisent la précipitation du gypse sous forme de cristaux tabulaires; le pourcentage de ces cristaux (dans la totalité du gypse précipité qui se présente aussi sous forme d'aiguilles) est une fonction croissante de la densité électrique superficielle des cations.

La précipitation du sulfate de calcium à $2 H_2O$ (gypse), à partir d'une solution d'un sel de calcium, conduit à la formation, soit de cristaux tabulaires

(*) Séance du 18 février 1952.

parallélépipédiques, soit d'aiguilles assez fines, suivant les conditions de précipitation. Cette différence de faciès cristallin peut avoir une importance assez grande dans certaines opérations chimiques (filtration, prise des liants, par exemple). Nous étudierons dans cette Note, l'influence de la présence de cations étrangers dans les solutions d'ion calcium, sur la variation de forme du gypse, précipité par l'addition d'acide sulfurique.

Nous sommes partis de solution de chlorure de calcium (concentration : 0,6937 cation-g : l) contenant des quantités déterminées d'autres cations : M sous forme de chlorures, le rapport M/Ca pouvant varier entre 1 et 20 % ; l'acide sulfurique (concentration : 1,5 anion-g : l) était ajouté très rapidement dans la solution énergiquement brassée, le mélange s'effectuant dans un temps de l'ordre de la seconde.



Le pourcentage de cristaux tabulaires dans le précipité, après la fin de la réaction, était évalué au microscope par examen de leur surface relative totale après comparaison avec une série de tests établis antérieurement ; 0 % de cristaux tabulaires équivaut donc à 100 % d'aiguilles ; l'erreur commise dans cette méthode est assez grande (5 à 10 % environ) mais difficilement évitable, et les chiffres indiqués représentent la moyenne d'un grand nombre d'expériences.

Les résultats obtenus montrent que le pourcentage des cristaux tabulaires croît en même temps que le rapport M/Ca, mais paraît tendre vers une limite lorsque ce rapport dépasse 20/100. Par ailleurs, ces résultats nous ont conduits à penser que l'influence observée pouvait être fonction de la densité superficielle de la charge électrique des cations, que l'on peut représenter, à une constante près, par le rapport $n/4\pi R^2$, n étant la valence, et R le rayon de l'ion, supposé sphérique.

Les courbes de la figure ci-contre résument l'ensemble de cette étude; elles nous permettent d'aboutir aux conclusions suivantes :

1° L'influence des cations étrangers sur le faciès cristallin du gypse se manifeste dans le sens de la formation des cristaux tabulaires, aux dépens des aiguilles.

2° *Le pourcentage de cristaux tabulaires est une fonction croissante de la densité électrique superficielle des cations étrangers, dont le degré d'« hydratation » varie également dans le même sens.*

3° L'influence des cations à forte densité électrique (Al^{+++} par exemple) se manifeste encore nettement à une teneur de 1 %.

Lorsque l'on étudie les variations du pourcentage des cristaux tabulaires en fonction de la vitesse de précipitation, on constate que cette fonction est décroissante.

Il semblerait donc, en définitive, que cette influence puisse se relier à l'action de la densité de charge superficielle des cations étrangers (ou de leur degré d'hydratation) sur la *vitesse* de formation du cristal de gypse.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la chaleur de transformation des corps solides sur le déplacement de leur température de transformation par les gaz adsorbés.* Note de M. **Jean-Pierre Kiehl**, présentée par M. Louis Hackspill.

L'amplitude de la variation de la température de transformation de corps solides, liée au phénomène d'adsorption des gaz, est une fonction décroissante de la chaleur de transformation.

Au cours de publications antérieures (1), (2) nous avons mis en évidence l'influence de l'adsorption des gaz sur un certain nombre de transformations polymorphiques, ce qui nous avait conduit à la conclusion suivante : l'importance de l'abaissement de la température de transformation dépend de la nature du corps solide et de la température à laquelle il se transforme.

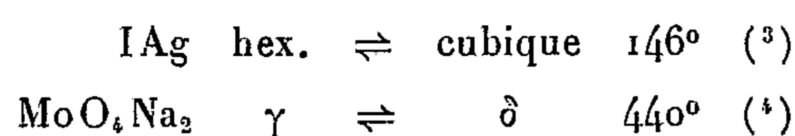
Dans la présente étude, nous nous proposons, en complétant ces obser-

(1) H. Forestier et J. P. Kiehl, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 2 288.

(2) J. P. Kiehl, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1666.

vations, de déterminer les variables dont dépend l'abaissement de la température de transformation.

Les nouvelles transformations, que nous avons étudiées, par analyse thermique, sont :



$$IAg \text{ hex.} \rightleftharpoons \text{cubique} \quad 146^\circ \quad (^3)$$
$$MoO_4Na_2 \quad \gamma \rightleftharpoons \delta \quad 440^\circ \quad (^4)$$

Les échantillons sont dégazés dans un vide de 10^{-5} mm Hg, puis chauffés à une vitesse uniforme de 1° : mn dans le gaz étudié.

Les résultats obtenus conduisent aux conclusions suivantes :

1° La température de transformation de l'iodure d'argent varie selon la température de liquéfaction du gaz adsorbé; (143°,6 sous atmosphère d'hélium et 139°,0 sous atmosphère de CO_2).

2° Les gaz adsorbés n'ont pas d'influence nette sur la température de transformation du molybdate de sodium.

Ces résultats, en accord avec nos précédents travaux, mettent en évidence une fois de plus, les différences d'amplitude du phénomène selon la nature du solide examiné.

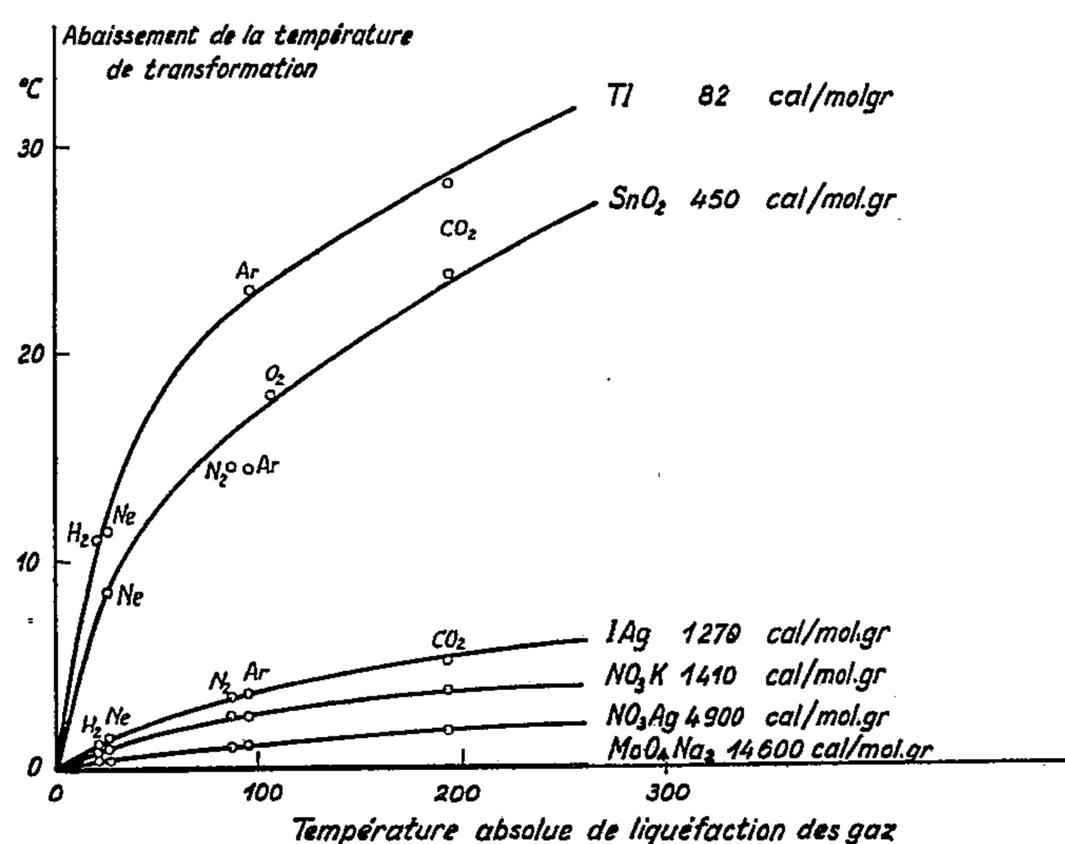


Fig. 1.

On pourrait penser que ces variations dépendent d'une diminution régulière de l'adsorption, lorsque la température augmente ou d'une différence de structure des corps solides étudiés; en réalité, l'expérience montre [5],

[3] Bloch et Möller, *Z. phys. Chem.*, A 152, 1931, p. 245.
[4] F. Hoermann, *Z. anorg. Ch.*, 177, 1929, p. 152.
[5] O. Schmidt, *Z. phys. Chem.*, 133, 1928, p. 266.

que ces influences sont relativement faibles pour les solides examinés aux températures comprises entre 100° et 500°. Mais, par contre, on remarque que ces variations paraissent dépendre notablement de la chaleur de transformation des différents corps solides étudiés. En effet, si l'on prend les températures de transformation des divers corps, dans l'hélium comme température de référence, et, si l'on exprime l'abaissement de la température de transformation de ces corps dans les gaz, en fonction de la température de liquéfaction de ces gaz, le facteur : chaleur de transformation, est mis en évidence d'une manière très nette (*fig.* 1).

Nous pouvons en déduire que :

1° L'amplitude de la variation de la température de transformation, est une fonction décroissante de la chaleur de transformation.

2° Cette variation est particulièrement nette et importante pour les solides, dont la chaleur latente de transformation est inférieure à 100 cal : mol : g (*fig.* 2).

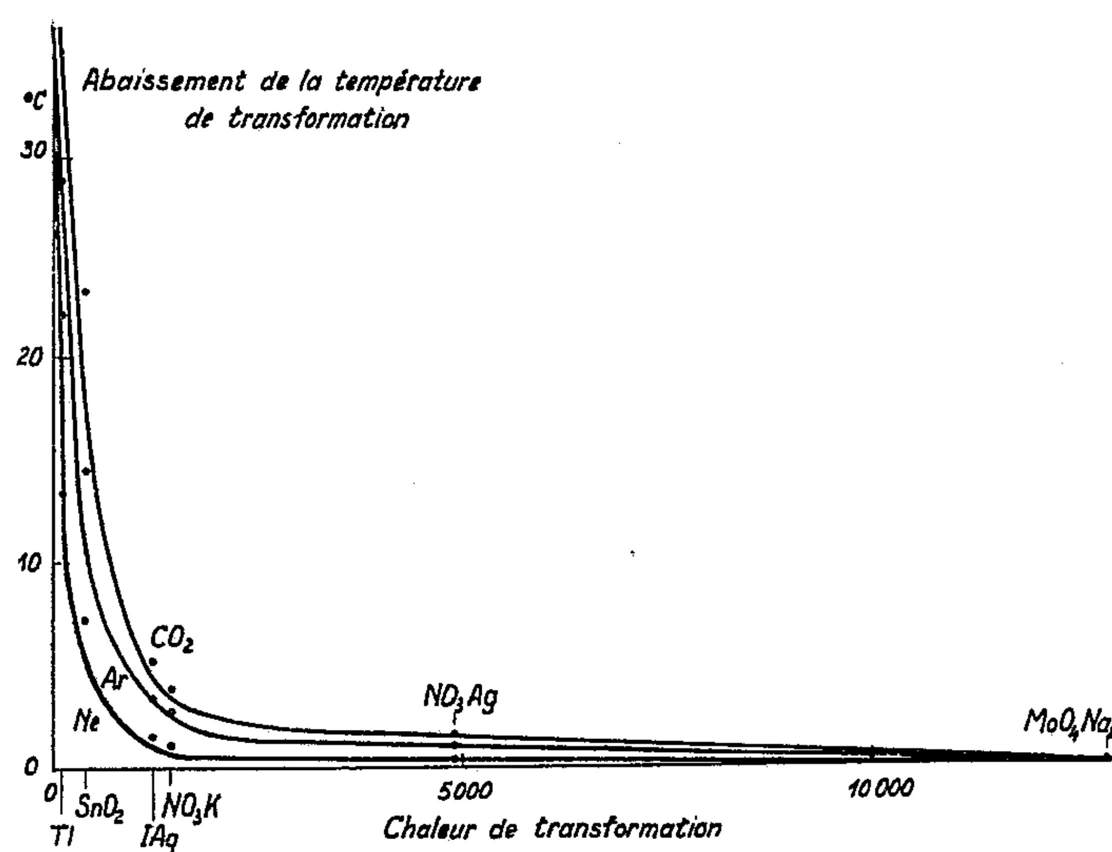


Fig. 2.

La première conclusion s'applique également aux travaux relatifs à l'influence des gaz adsorbés sur les points de fusion de corps cristallisés ([6]).

Il est donc logique d'admettre, en première approximation, que l'amplitude de la variation de la température de transformation est d'autant plus marquée que la différence de niveau énergétique entre les deux phases du solide est plus faible.

([6]) H. Forestier et J. Maurer, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1664.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la disparition de l'antiferromagnétisme du protoxyde de nickel* NiO *sur l'activité chimique de cet oxyde.* Note de M. **Georges Nury**, présentée par M. Louis Hackspill.

Le passage de l'état antiferromagnétique à l'état paramagnétique tend à annuler la réactivité de l'oxyde de nickel divalent NiO entre 300 et 400°C.

Dans une Note précédente (1) nous avons mis en évidence l'influence de la disparition de l'antiferromagnétisme de Cr_2O_3 et de CoO sur l'activité chimique de ces deux oxydes. Le présent travail est consacré à l'étude de l'influence de la transformation d'un autre oxyde antiferromagnétique, le protoxyde de nickel NiO.

L'accord n'est pas complet entre les auteurs quant à la température de transition magnétique de l'oxyde de nickel; certains la situent aux environs de 500° K (2), d'autres vers 375° C (3); enfin, M. Foex (4) signale un maximum de coefficient de dilatation, d'allure λ vers 250° C. C'est pourquoi nous avons étudié le comportement de cet oxyde dans un intervalle de température compris entre 200 et 425° C.

La méthode utilisée consiste à suivre avec précision les variations de la vitesse de réduction, par l'hydrogène, du protoxyde de nickel obtenu par déshydratation, sous vide poussé et à température relativement basse (218° C), de l'hydroxyde de nickel $Ni(OH)_2$.

Une petite quantité d'oxyde, finement broyé, est maintenue sous courant d'hydrogène, pur et sec, pendant 2 h, dans un four électrique réglé à la température désirée; l'échantillon est refroidi ensuite sous courant d'azote, sec et exempt d'oxygène (pour éviter la formation de nickel pyrophorique), puis extrait du four.

Le nickel formé est dosé par la méthode magnétique; une étude systématique aux rayons X a pleinement confirmé les résultats donnés par cette méthode.

Les résultats obtenus sont résumés sur la figure ci-après.

La courbe température-pourcentage de nickel formée présente deux discontinuités très marquées à 265 et 350° C; par ailleurs, la vitesse de réaction est pratiquement nulle entre 300 et 340° C d'une part, entre 355 et 400° C d'autre part.

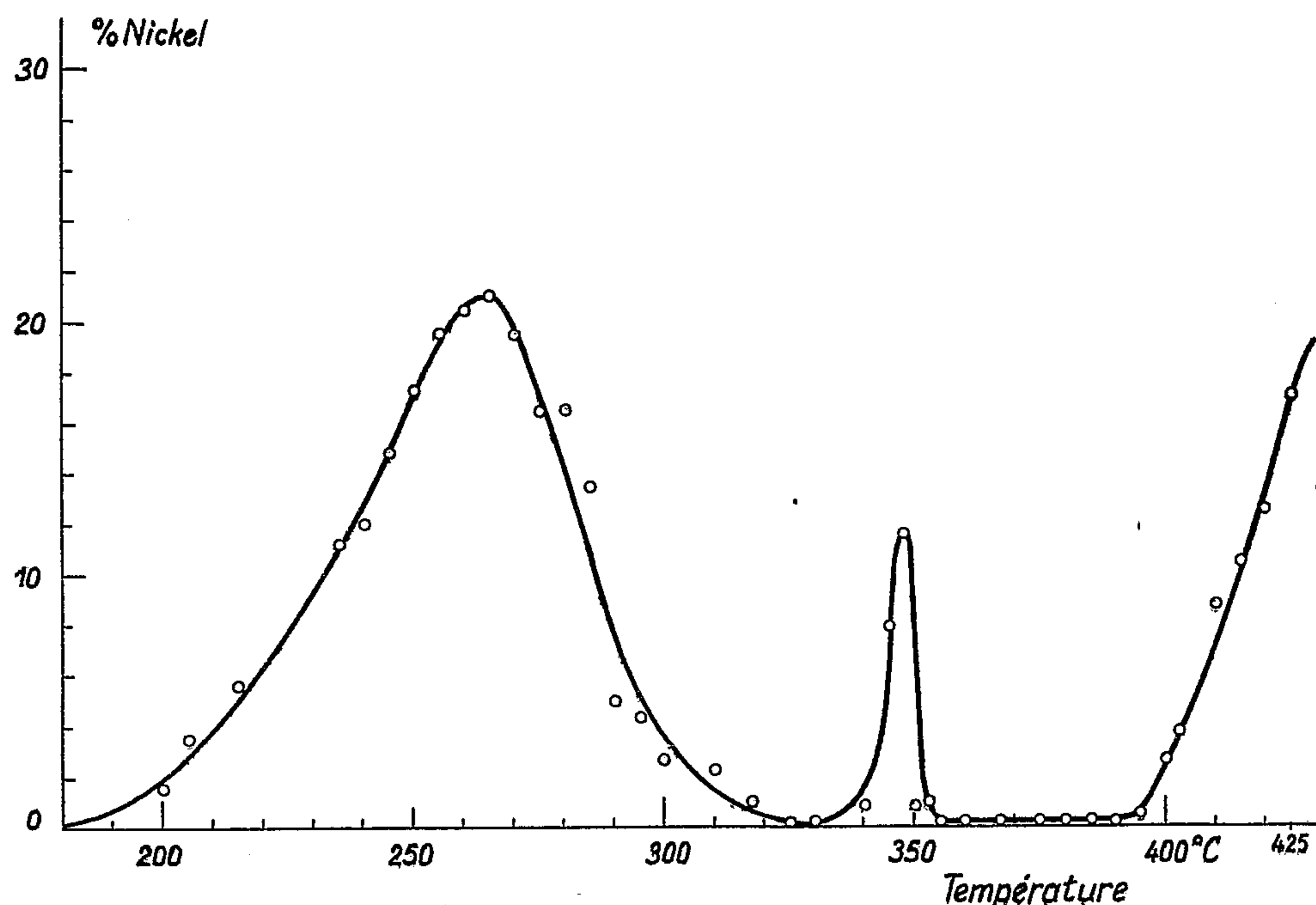
(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1167.

(2) S. Greenwald et J. S. Smart, *Nature*, 166, 1950, p. 524.

(3) M. Foex et Mlle C. Henry la Blanchetais, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1579.

(4) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 193. *Société chimique de France*, séance du 8 février 1952.

Le maximum de vitesse de réaction à 265° C peut être relié, en accord avec les travaux de M. M. Foex, à l'anomalie de dilatation observée vers 250° C ([5]); la discontinuité très nette à 350° C (maximum aigu de vitesse de réduction) semble liée étroitement au point de Curie du nickel (fait observé antérieurement dans un cas semblable par M. R. Lille) ([6]).



Enfin, le fait que la vitesse de réaction passe par un minimum très étalé entre 300 et 400° C (abstraction faite de l'anomalie à 350° C) paraît être en relation avec les résultats de l'étude magnétique de l'oxyde de nickel ([3]), étude qui révèle un maximum très étalé de susceptibilité magnétique vers 375° C (passage de l'état antiferromagnétique à l'état paramagnétique pur).

En résumé, nous voyons que les résultats obtenus dans le présent travail sont sensiblement différents de ceux observés pour les oxydes CoO et Cr_2O_3, puisque le passage très lent de l'état antiferromagnétique à l'état paramagnétique, au lieu d'augmenter la réactivité de l'oxyde de nickel, tend pratiquement à l'annuler. Par contre, l'anomalie dilatométrique observée par M. M. Foex entraîne, vers 265° C, un maximum important de vitesse

([5]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 193; *Société chimique de France*, séance du 8 février 1952.

([6]) *Thèse*, Strasbourg, 1943, p. 49.

de réaction, en accord avec nos études précédentes ([1]). Quoi qu'il en soit, ces résultats confirment l'influence des transformations du second ordre en général, sur l'activité chimique des corps considérés ([7]) et peuvent présenter de l'intérêt pour les techniques de préparation du nickel réduit; ils apportent, en outre, une explication au fait bien connu que le nickel réduit doit être préparé à température inférieure à 280° C, si l'on veut obtenir un catalyseur actif.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Sur le mécanisme de l'accélération de certaines réactions chimiques sous l'action d'un champ électrique.* Note de M. **José Lima-de-Faria**, présentée par M. Louis de Broglie.

On présente un mécanisme pour l'accélération de certaines réactions chimiques sous l'action d'un champ électrique. On donne des précisions sur l'application de ce phénomène à l'analyse qualitative en montrant que dans le cas de la réaction du $Pb(NO_3)_2 + NaI$, on arrive à une sensibilité 10 fois plus grande que celle obtenue en conditions normales.

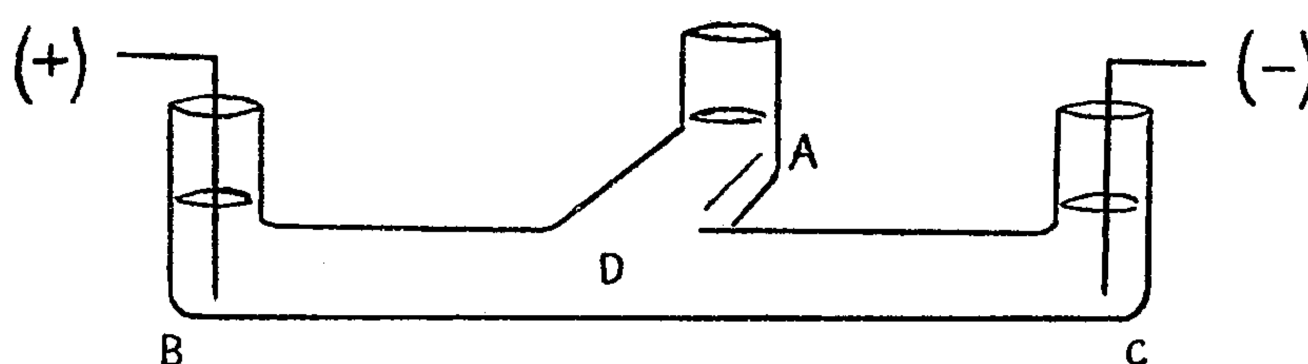
A la suite d'une étude détaillée d'expériences de précipitations sous l'action d'un champ électrique, en particulier de la réaction $Pb(NO_3)_2 + NaI$, et en suivant les idées que nous avons exposées dans une Note précédente ([1]), nous sommes arrivé à admettre le mécanisme suivant, comme un mécanisme possible du phénomène de l'accélération de certaines réactions chimiques sous l'action d'un champ électrique.

Considérons, pour fixer les idées, le cas du $Pb(NO_3)_2 + NaI$ et rappelons qu'on remplit le tube en T avec une solution faible de NaI et l'on verse dans l'extrémité A (*voir* la figure) une goutte d'une solution concentrée de $Pb(NO_3)_2$. Les ions Pb^{++} en arrivant à D commencent à se séparer légèrement des ions NO_3^- sous l'action du champ électrique, les ions Pb^{++} étant attirés vers la cathode et les NO_3^- vers l'anode. En même temps que s'opère cette séparation, les ions I^- de la solution viennent entourer les ions Pb^{++} compensant ainsi la distribution non homogène des charges; ceci donne comme résultat une augmentation locale de la concentration des ions I^- dans cette région et, par conséquent, de la précipitation. Les ions continuent à se diffuser et à se séparer et le phénomène se propage. Dans la branche anodique il doit exister de même une augmentation locale de la concentration des ions K^+, entourant les NO_3^-, mais le produit de cette réaction étant incolore on n'observe rien.

([7]) H. Forestier et R. Lille, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1891; R. Lille, *Thèse*, Strasbourg, 1943; H. Forestier et G. Nury, *Colloque international sur l'état solide*, Paris, 1948; G. Nury et H. Forestier, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 123.

([1]) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 252.

Nous avons pu mettre en évidence, et d'une façon visible, cette augmentation locale de concentration. En effet, si ces hypothèses sont exactes, alors, même avec deux substances qui ne réagissent pas entre elles, mais qui sont très ionisables, l'augmentation locale de concentration devrait se produire; et si une des substances était colorée, on pourrait voir et suivre l'évolution de cette augmentation locale de concentration. Nous



avons encore opéré avec un tube de verre en T (dimensions : BC = 15 cm, AD = 4 cm, diamètre = 0,8 cm, *voir* la figure) placé horizontalement. Nous avons versé dans l'extrémité A une goutte d'une solution concentrée de $Pb(NO_3)_2$ (0,2 M : l) sur une solution faible de $KMnO_4$ (2.10^{-4} M : l) qui remplissait initialement le tube. En appliquant aux extrémités B et C une différence de potentiel de 280 V, nous avons vu apparaître du côté cathodique une augmentation nette de la coloration pourpre (accumulation d'ions MnO_4^-) et du côté anodique une décoloration (accumulation d'ions K^+). Ce phénomène est observé initialement en D et se propage après dans les deux branches anodiques et cathodiques. Nous avons essayé avec le $KMnO_4$ d'autres substances, comme le $NaNO_3$, KNO_3, $MgSO_4$, $NiSO_4$, KOH, $K_3Fe(CN)_6$, etc., et nous avons toujours obtenu le même résultat. Dans une Note précédente [1] nous avons considéré la décoloration observée dans l'action du HCl sur le $KMnO_4$ comme une réaction chimique provoquée par le champ électrique (réduction du $KMnO_4$ par le HCl). En étudiant en détail cette expérience, nous sommes arrivé à la conclusion que dans ce cas il ne s'agit pas d'une réaction chimique, mais simplement d'une augmentation locale de la concentration en K^+.

L'augmentation locale de concentration paraît jouer un rôle fondamental dans ce phénomène. Nous nous sommes cependant posé la question de savoir s'il n'y aurait pas, par ailleurs, lieu de considérer une certaine augmentation de l'énergie d'activation provoquée par le champ électrique. Les expériences que nous avons faites jusqu'à présent nous amènent à penser que l'activation ne doit pas intervenir d'une façon remarquable dans ce phénomène.

Il nous semble intéressant de signaler le rapport étroit qui existe entre la différence de potentiel appliquée et la quantité de précipité produite;

ceci permettant d'obtenir une quantité variable de précipité en faisant varier la différence de potentiel pendant l'expérience.

Dans le but d'une future application de ce phénomène à l'analyse qualitative, nous nous sommes proposé la détermination de la concentration minimum de NaI pour laquelle, en utilisant cet appareil, une goutte d'une solution concentrée de $Pb(NO_3)_2$ arrivait encore à former un précipité. Nous avons trouvé la valeur 2.10^{-4} M : l. Dans les conditions normales, c'est-à-dire sans champ électrique, cette concentration minimum est de l'ordre de 2.10^{-3} M : l, ce qui montre que par ce procédé nous arrivons à une sensibilité dix fois plus grande.

ÉLECTROCHIMIE. — *Étude des phénomènes électrolytiques à l'aide de courants alternatifs faibles et de fréquence variable.* Note de M. **Israël Epelboin**, présentée par M. Eugène Darmois.

Le relevé de l'impédance d'une cellule électrolytique en fonction de la fréquence (spectre électrique) permet l'étude des phénomènes aux électrodes. En particulier, on décèle un effet de résonance lié à l'apparition d'une couche de diffusion autour de l'électrode qui est susceptible de subir une dissolution sélective.

Afin d'étudier l'électrolyse, particulièrement les phénomènes aux électrodes, nous avons superposé au courant continu de polarisation un courant sinusoïdal d'amplitude faible et constante; la méthode que nous utilisons est apparentée à la spectroscopie électrique d'absorption et elle consiste à relever entre deux électrodes A et B les variations de l'impédance ($Z = R - j/C\omega$) dans un large domaine de fréquence. Nous étudions ici les phénomènes à l'électrode A polarisée positivement grâce à un circuit dont l'impédance est suffisamment élevée pour ne pas intervenir dans le relevé de Z et nous choisissons la forme, la dimension et la nature de l'anode et de la cathode afin que les variations de Z traduisent principalement les phénomènes en A. Comme l'électrolyse évolue souvent très rapidement, l'utilisation des ponts usuels d'impédance n'est pas toujours indiquée en basse fréquence. Mais contrairement à la spectroscopie d'absorption classique (magnétique ou électrique), celle des phénomènes électrolytiques peut être basée uniquement sur la variation du module de l'impédance; on mesure $|Z|$ avec un impédancemètre par la méthode de substitution et le déphasage est contrôlé avec un oscillographe cathodique [1].

Lorsqu'on étudie avec des électrodes insolubles des solutions aqueuses ou des sels fondus, on constate que dans un large domaine de fréquences, la variation du module de l'impédance $|Z|$ est équivalente à celle d'une résistance

[1] Epelboin, Réunion du 8 au 10 mai 1951 de la Société de Chimie physique.

en série avec une capacité fixe; la capacité de l'électrode A peut donc se calculer à partir de l'ordonnée à l'origine de la droite $y = f(\omega^2) = |Z|^2\omega^2$.

Ceci nous a servi à confirmer le rôle du degré d'hydratation des ions métalliques dissous dans un électrolyte dont les anions sont de faibles dimensions. Nous avons utilisé une électrode A en nickel et un mélange acide perchlorique-anhydride acétique (pureté 98 %), de composition ClO_4H, $6CH_3CO_2H$ correspondant à la résistivité électrique maximum [1]. Nous avons trouvé en collaboration avec Mlle E. Portier, que la capacité mesurée est au moins 6 fois supérieure à celle que l'on calcule en supposant une adsorption complète des anions ClO_4^- sur l'électrode A. La différence entre les deux valeurs diminue de plus en plus si l'on fait dissoudre les ions Ni de l'anode par polissage électrolytique, et ceci peut indiquer que l'hydratation des ions Ni rend possible la formation d'une couche anhydre autour de l'anode, facilitant l'adsorption des anions non hydratés (ClO_4^-).

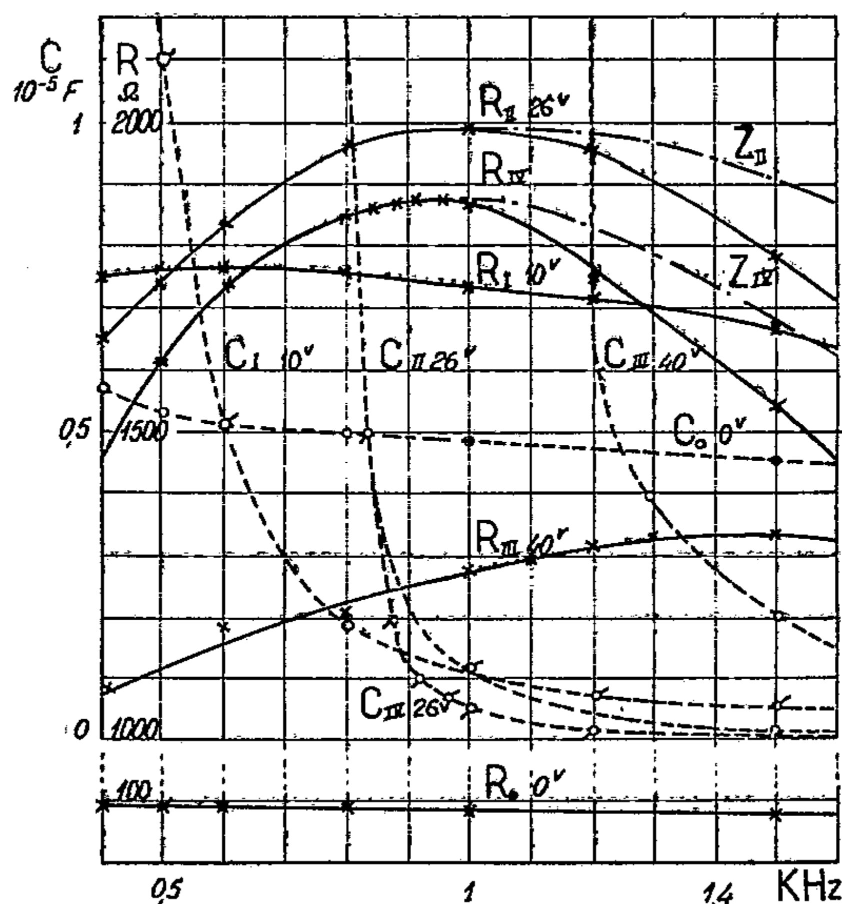


Fig. 1.

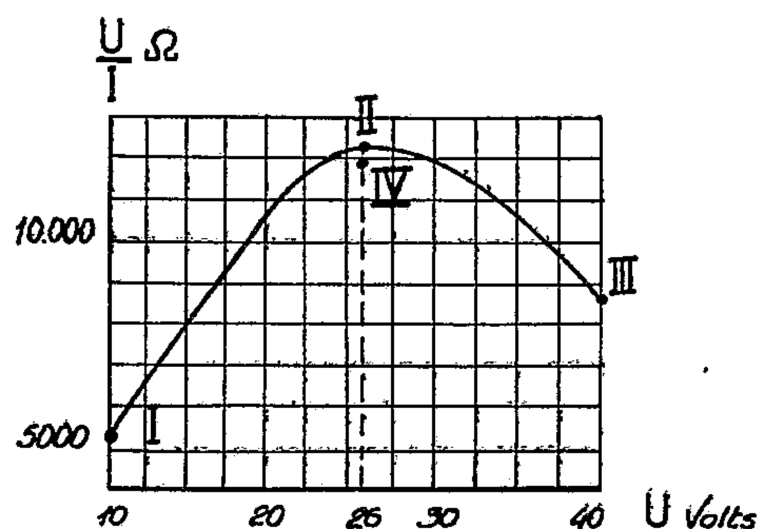


Fig. 2.

Fig. 1. — Caractéristiques $Z = R - j/C\omega$ en fonction de la fréquence d'un bain acéto-perchlorique (ClO_4H, $6CH_3CO_2H$) pour différentes tensions U aux bornes de la cellule. Électrodes : A, en nickel B, en platine.

Fig. 2. — Caractéristique résistance apparente U/I en fonction de la tension. Les indices des caractéristiques de la figure 1 correspondent aux points indiqués sur la figure 2.

Avec l'apparition d'une couche de diffusion à l'électrode A, les caractéristiques de Z en fonction de la fréquence présentent un maximum pour |Z| et R, une relaxation pour C et ce phénomène de résonance est particulièrement aigu pour la tension correspondant au maximum de la résistance apparente U/I de la cellule électrolytique. Les figures 1 et 2 se rapportent à un bain très stable

ClO_4H, 6 CH_3CO_2H) ne contenant pas encore suffisamment d'ions Ni pour permettre le polissage électrolytique de l'anode A en nickel. Cette stabilité facilite la comparaison des mesures faites à l'impédancemètre avec celles relevées au pont. Lorsqu'il y a polissage, le phénomène de résonance se conserve, mais il est parfois perturbé par la rapide évolution du bain au cours même de la mesure et par des oscillations de la tension de polarisation. Cependant la fréquence de résonance de tous les bains électrolytiques à base de ClO_4^- que nous avons étudiés à l'impédancemètre, se situe dans le domaine des fréquences acoustiques.

Ce phénomène de résonance existe encore, mais à fréquence plus basse, pour différents autres électrolytes : bains phosphorique-chromique, bains de polissage chimique de l'aluminium ([2]), bains d'acide chlorhydrique pour le polissage du platine en courant alternatif. Lorsque certaines conditions de polissage ne sont pas remplies, par exemple si la température est trop basse, la résonance peut encore se produire, mais il faut que l'électrode soit entourée d'une couche de diffusion. Dans de nombreux cas, il suffit de connaître $|Z|$ pour définir le spectre d'absorption, même lorsqu'il y a résonance, car la forte relaxation de la charge donne $|Z| = R$ (voir les courbes Z_{II} et Z_{IV} de la figure 1). Nous nous proposons d'utiliser ce qui précède pour enregistrer à chaque instant les coefficients caractéristiques de l'équation du mouvement des ions au voisinage de l'électrode A. On pourrait ainsi connaître la nature et la durée de vie des composés chimiques constitués au cours de l'électrolyse.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur l'adsorption de vapeur d'eau par l'alumine et la silice.* Note de M. **Denis Papée**, présentée par M. Paul Pascal.

L'étude de l'adsorption de la vapeur d'eau a permis de distinguer l'adsorption physique d'une adsorption permanente. Seule la première intervient dans le cycle reproductible d'adsorption-désorption. Elle permet la détermination de la surface spécifique.

L'adsorption de la vapeur d'eau présente parfois un caractère particulier : gonflement dans le cas des argiles montmorillonitiques, pénétration lente dans celui des protéines. Il y a lieu de distinguer, dans chaque cas, l'adsorption physique des phénomènes qui l'accompagnent et qui traduisent le comportement spécifique du produit vis-à-vis de l'eau.

Notre étude a porté sur deux variétés de silice (gel monodispersé et précipité hétérodispersé) et deux d'alumine (une bayerite et un gel de bœhmite) calcinées dans des conditions variables.

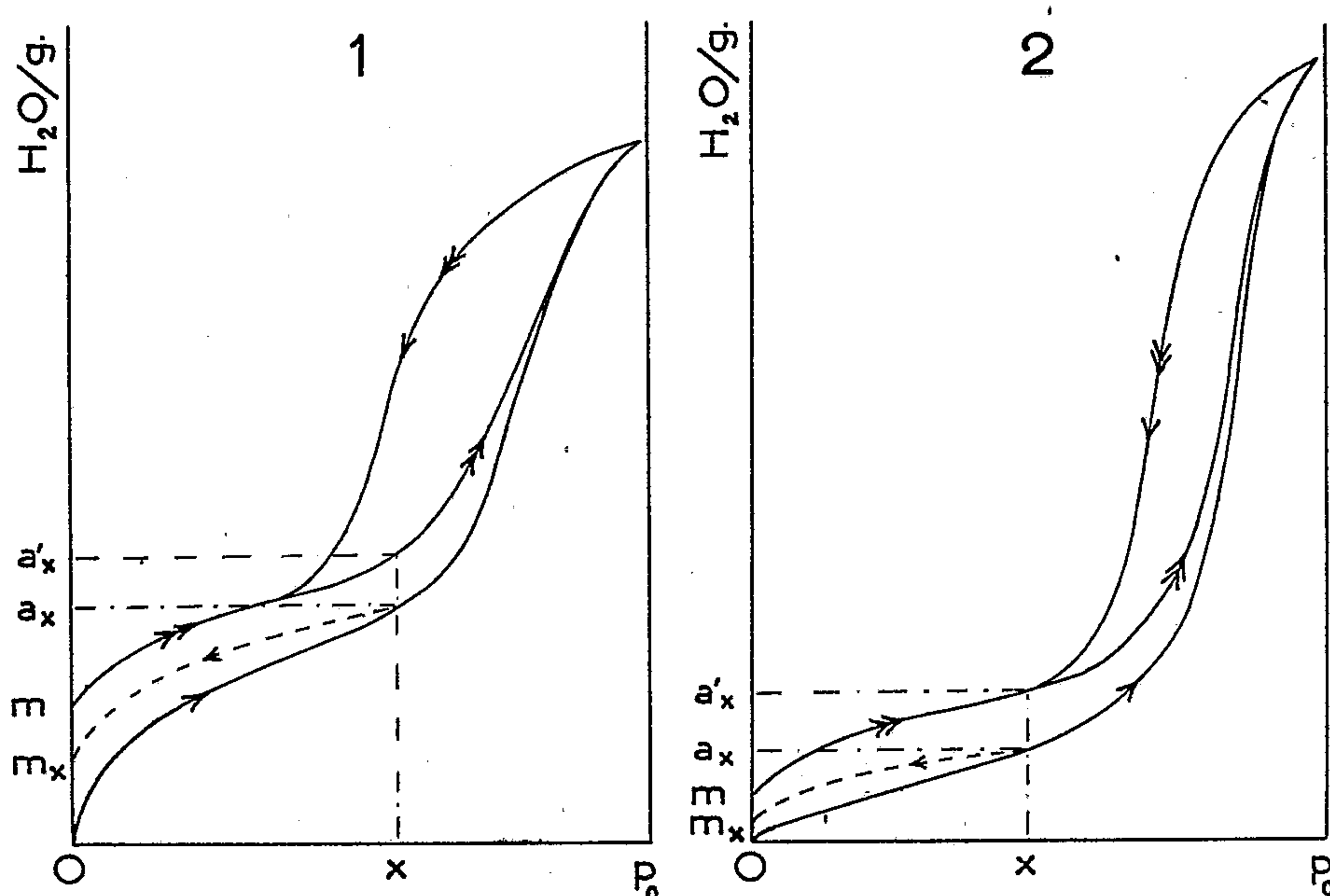
Elle comporte, pour chaque produit, la détermination d'isothermes

---

([2]) J. Herenguel et R. Segond, *Rev. de Métallurgie*, 48, 1951, p. 3.

à 25° au cours des opérations suivantes : première adsorption, première désorption suivie d'un dégazage jusqu'à une pression résiduelle inférieure à 10^{-2} mm Hg; puis plusieurs cycles successifs d'adsorption, désorption, dégazage. L'établissement de l'équilibre exige 1 à 4 h pour chaque point.

Dans tous les cas étudiés, une certaine quantité de vapeur m, adsorbée pendant la première opération, ne se laisse plus désorber à la même température : la première isotherme d'adsorption est distincte de l'ensemble des suivantes, tandis que les isothermes de désorption sont toutes confondues; un cycle reproductible est obtenu dès la seconde opération, la valeur m demeure constante.



La première isotherme d'adsorption peut être considérée comme représentant la somme de l'adsorption physique et d'une adsorption permanente. Dans le cas des alumines, le caractère additif des deux phénomènes est mis en évidence par l'expérience suivante (*fig.* 1) : si après un parcours de la première isotherme jusqu'à une pression partielle x on effectue une désorption suivie d'un dégazage, on obtient une valeur m_x de l'adsorption permanente telle que $m - m_x = a'_x - a_x$, a_x et a'_x étant les ordonnées de la première isotherme d'adsorption et de celle représentant les suivantes. L'adsorption permanente varie avec la pression; elle prend fin au point où ces deux isothermes se rejoignent. L'adsorption physique est la même au cours de toutes les opérations.

Dans le cas des variétés de silice, la première isotherme se rapproche du type V et la différence d'ordonnées $a'_x - a_x$ passe par un maximum

supérieur à m (*fig.* 2). La chaleur nette d'adsorption $E_1 - E_L$, calculée par l'équation B. E. T. pour la première isotherme (1000 cal environ) est inférieure à celle obtenue pour les suivantes (1600 cal). C'est l'inverse qui se produit pour les alumines (2 400 et 1600 cal). Cependant, l'adsorption permanente intervient dès le début de la première isotherme : par dégazage à partir de $x = 0{,}4$, on obtient déjà pour m_x une fraction importante de m.

L'adsorption permanente ne modifie pas sensiblement la grandeur de la surface : l'adsorption de vapeur organique après un cycle de vapeur d'eau fournit généralement une valeur de 10 % inférieure à celle obtenue avec la même vapeur sur la surface initiale.

Puisque l'adsorption physique intervient seule à partir du second cycle, il est possible d'utiliser celui-ci pour la détermination de la surface spécifique en prenant pour origine sur l'axe des y le point d'ordonnée m. Les valeurs concordent avec celles obtenues à partir des mêmes isothermes par l'application de la théorie de la condensation capillaire ou à partir d'isothermes de n-C_7H_{16}, C_6H_6 ou C_6H_{12} effectuées après un cycle de vapeur d'eau. Il convient de remarquer toutefois que la surface ainsi mesurée peut n'être pas identique à la surface initiale.

Récemment, Kiselev et Smirnova [1] ont étudié l'adsorption de la vapeur d'eau sur des gels d'alumine calcinés. Ils ont observé un décalage progressif des isothermes avant l'obtention d'un cycle reproductible et concluent à l'impossibilité de mesurer les surfaces spécifiques au moyen des isothermes de vapeur d'eau.

En ne tenant compte sur les isothermes publiées par ces auteurs que de l'adsorption physique du cycle reproductible, on obtient des valeurs de la surface voisines de celles calculées par eux à partir des isothermes de méthanol.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de l'acide amidosulfonique sur l'iodure d'ammonium. Préparation du triodure d'ammonium.* Note (*) de MM. **Triphon Karantassis** et **Paul Sakellaridis**, présentée par M. Paul Pascal.

En étudiant l'action de l'acide amidosulfonique sur les iodures alcalins de Cs, Rb, K et Na, on a trouvé [1] que dans tous les cas cet acide agit comme oxydant et transforme ces iodures en triodures du type I_3M.

Nous avons étudié de la même manière l'action de l'acide amidosulfonique

(1) *Zhur. Fiz. Khim.*, 23, 1949, p. 1018.

(*) Séance du 18 février 1952.

(1) P. Sakellaridis, *Bull. Soc. Chim.*, 18, 1951, p. 610.

sur l'iodure d'ammonium. Nous avons constaté que d'une façon analogue l'acide amidosulfonique conduit à la formation de triodure d'ammonium.

Si dans une solution concentrée d'iodure d'ammonium, on ajoute un excès d'acide amidosulfonique, elle brunit et cette coloration est atteinte plus rapidement si l'on opère à chaud. Par évaporation, des cristaux bleu noir prismatiques se déposent. Ces cristaux ont habituellement une forme tabulaire; stables à l'air sec, ils deviennent déliquescents à l'air humide. Quand on les chauffe, ils ne fondent pas, mais ils libèrent de l'iode en même temps qu'ils se couvrent d'une couche d'iodure d'ammonium.

L'analyse a montré que ces cristaux correspondent à la formule I_3NH_4.

	I_2 %.	NH_3 %.
Trouvé	95,03	4,03
	95,17	4,16
Valeur théorique I_3NH_4	95,48	4,26

Par conséquent la réaction qui a lieu entre l'acide amidosulfonique et l'iodure d'ammonium est la suivante :



$$3INH_4 + 2NH_2SO_3H + OH_2 \rightarrow I_3NH_4 + SO_4(NH_4)_2 + SO_3(NH_4)_2.$$

On a constaté l'existence de sulfate et de sulfite d'ammonium dans les produits de la réaction.

Les cristaux de triodure d'ammonium sont très solubles dans l'alcool, l'éther et le benzène. Il est par conséquent possible d'obtenir le triodure d'ammonium plus aisément, si l'on traite par l'éther ou le benzène la solution obtenue par l'action de l'acide amidosulfonique sur l'iodure d'ammonium. Par évaporation de l'extrait éthéré ou benzénique les cristaux de triodure d'ammonium se déposent.

La dissolution du triodure d'ammonium dans l'eau s'accompagne d'une dissociation qui met de l'iode en liberté. On a déterminé le pourcentage d'iode libre et l'on a trouvé 63,61 %. Par conséquent la dissociation de I_3NH_4 en solution a lieu selon la réaction pratiquement totale



$$I_3NH_4 = I_2 + INH_4.$$

En effet le pourcentage d'iode libéré calculé selon la réaction ci-dessus est de 66,66 %.

La solubilité du I_3NH_4 dans l'eau augmente en présence d'iodure de potassium. Nous avons remarqué que la température (au-dessous de 30°C) et la concentration n'influencent pas la dissociation de I_3NH_4. Dans tous les cas le pourcentage d'iode libre est constant. Dans les tableaux suivants nous donnons les résultats obtenus en étudiant par l'hyposulfite la teneur de l'iode libre en fonction de la concentration et de la température.

Les mêmes résultats ont été obtenus avec les mêmes solutions même après six mois d'abandon.

Quantité employée en cm³ de la solution de I_3NH_4.	Quantité d'eau ajoutée en cm³.	Quantité de $S_2O_3Na_2$ 0,1 N en cm³.	Quantité employée en cm³ de la solution de I_3NH_4.	Température de la solution à titrer.	Quantité de $S_2O_3Na_2$ 0,1 N en cm³.
20	–	1,2	30	15°	1,8
20	10	1,2	30	20	1,8
20	20	1,2	30	25	1,8
20	30	1,2	30	28	1,8
20	50	1,2	30	30	1,8
20	100	1,2			

CHIMIE MINÉRALE. — *Paramètres cristallins et constitution des spinelles mixtes* $Fe_2O_3\gamma — Co_3O_4$. Note de MM. **Jacques Robin** et **Jacques Bénard**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une récente Note (¹) nous avons indiqué les limites des domaines de stabilité des solutions solides à structure de spinelle $Fe_2O_3\gamma — Co_3O_4$ en fonction de la composition et de la température. Nous avions montré antérieurement (²) la possibilité d'obtenir ces solutions solides dans un état métastable, à des températures peu élevées (vers 300° C) et avions cherché à déterminer par la diffraction des rayons X les variations de leur paramètre cristallin en fonction de la composition. Ces mesures étaient assez peu précises, à cause de l'état de cristallisation médiocre des échantillons, qui donnaient des anneaux de Debye-Scherrer flous. La possibilité qui nous a été offerte depuis lors d'obtenir aux hautes températures et dans certaines limites de composition ces solutions solides dans un état stable et bien cristallisé, nous a permis d'en déterminer les paramètres avec une précision bien supérieure, à l'aide de la méthode des diagrammes en retour avec étalon.

La courbe de variation des paramètres en fonction de la composition, représentée dans la figure (courbe 1) comprend deux branches distinctes dont le point de rencontre correspond à la composition du ferrite de cobalt Fe_2CoO_4 (33,3 % Co).

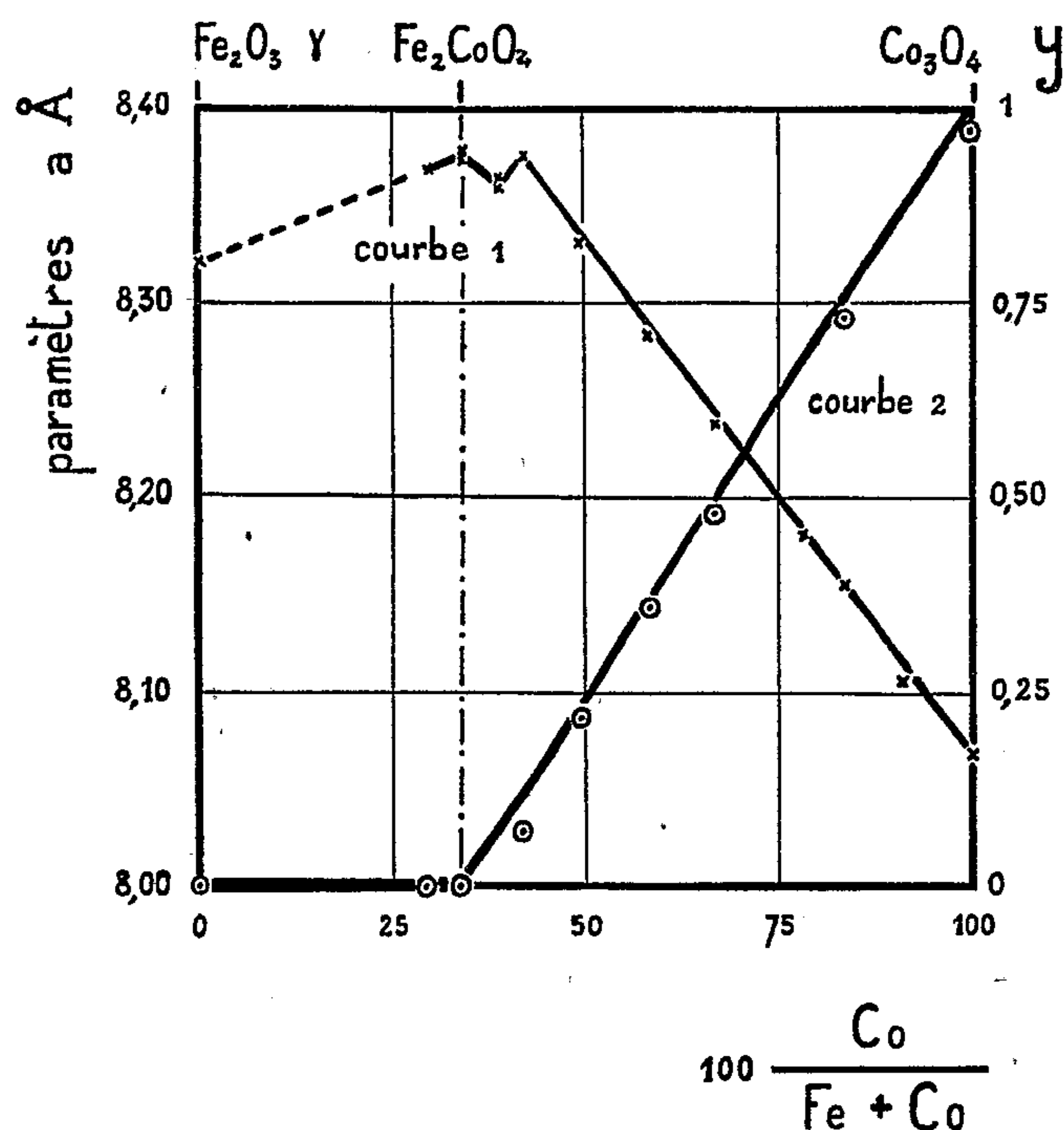
1. La branche correspondant aux teneurs inférieures à 33,3 % Co est déterminée par trois points expérimentaux, correspondant respectivement à l'oxyde $Fe_2O_3\gamma$ pur (a=8,320 Å), à la phase intermédiaire renfermant 30 % Co et au ferrite de cobalt ($a = 8,374$ Å) qui sont pratiquement alignés. L'absence de points expérimentaux dans l'intervalle 0 — 30 % Co est due à l'impossibilité d'obtenir des systèmes monophasés bien cristallisés dans ce domaine de composition.

2. La branche correspondant aux teneurs supérieures à 33,3 % Co, définie

(¹) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 734.

(²) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1830.

par de nombreux points expérimentaux est sensiblement linéaire entre 41,7 et 100 % Co (Co_3O_4 : $a = 8{,}070$ Å). Entre 33,3 et 41,7 % Co apparaît un minimum de faible amplitude, parfaitement reproductible quelle que soit la température à laquelle ont été préparés les échantillons, et pour le moment inexpliqué.



La présence de deux branches distinctes dans la courbe de variation des paramètres conduit à admettre que la formation des solutions solides $Fe_2O_3\gamma - Co_3O_4$ résulte de deux mécanismes différents suivant que l'on considère les phases renfermant plus ou moins de 33,3 % Co.

Le premier permet de passer d'une façon continue de $Fe_2O_3\gamma$ à Fe_2CoO_4 et s'accompagne d'une variation du rapport du nombre des cations à celui des anions dans le réseau commun. Les phases correspondantes répondent à la formule générale $Fe_{(8-2x)/3}Co_xO_4$ avec $0 < x < 1$ aux températures peu élevées et $0{,}89 < x < 1$ à 1000°C.

Le second mécanisme permet de passer de Fe_2CoO_4 à Co_3O_4 et consiste en une substitution progressive des ions cobalt aux ions fer dans le réseau spinelle. Le rapport du nombre des cations à celui des anions reste invariable et ces phases répondent à la formule générale $Fe_{2-2y}\,Co_{1+2y}\,O_4$ avec $0 < y < 1$ aux températures auxquelles la miscibilité est totale.

Nous avons cherché à vérifier le second mécanisme par l'analyse chimique. En effet, la substitution des ions cobalt aux ions fer au delà de la composition

Fe_2CoO_4 doit entraîner l'apparition dans le réseau d'un nombre croissant d'ions cobalt dans un état de valence supérieure à 2, qui peuvent être dosés en solution par leur action oxydante sur les ions ferreux.

L'oxyde est attaqué, sous un courant d'azote purifié, par une solution chlorhydrique concentrée en présence d'un volume connu de solution titrée de sulfate ferreux et d'ammonium en excès. Après dissolution l'excès de sel ferreux est titré par le bichromate de potassium en présence de diphénylamine sulfonate de Ba. Les points expérimentaux obtenus par cette méthode permettent de tracer une courbe $y = f(\% \text{ Co})$ et indiquent une variation régulière de la teneur en ions cobalt de valence supérieure à 2, conforme à la formule donnée plus haut (courbe 2).

L'ensemble de ces résultats nous permet donc de préciser le mécanisme du passage continu de $Fe_2O_3\gamma$ à Co_3O_4 que nous avions proposé dans notre première publication (²) et montre qu'il se décompose en réalité en deux opérations distinctes correspondant chacune à un domaine particulier de composition.

CHIMIE MINÉRALE. — *Peroxydation spontanée des amalgames alcalins.* Note (*) de M. **Émile Rinck** et Mlle **Yvette Chassain**, présentée par M. Louis Hackspill.

Les amalgames de rubidium et de cæsium se peroxydent dans une atmosphère d'air ou d'oxygène sec à l'état de Rb_2O_4 et Cs_2O_4 qui oxydent à leur tour une certaine quantité de mercure en oxyde mercureux Hg_2O. L'amalgame de sodium au contraire, ne se peroxyde que de façon insignifiante.

Dans une Note précédente [1] nous avons montré que l'amalgame de potassium liquide, maintenu au contact de l'air ou d'oxygène sec, se peroxyde en donnant K_2O_4 qui oxyde de son côté une certaine quantité de mercure, à l'état d'oxyde mercureux Hg_2O. On pouvait s'attendre à ce que les autres amalgames alcalins et notamment ceux de rubidium et de cæsium, se comportent de façon analogue. Nous avons examiné l'action de l'oxygène pur ou dilué sur ces amalgames.

Préparation. — Les amalgames de rubidium et de cæsium sont préparés par électrolyse de solutions à 10 % de leurs chlorures purs. On obtient ainsi des amalgames titrant au maximum 4/1000 en poids de métal alcalin et utilisés tels quels ou dilués. Peu stables, ils sont immédiatement placés dans des flacons à bouchon rodé en atmosphère d'oxygène sec. On observe qu'ils se recouvrent instantanément d'une couche mordorée, indiquant le début de la réaction.

(*) Séance du 18 février 1952.

(¹) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1196.

L'amalgame de sodium, également étudié, a été préparé par électrolyse d'une solution de soude pure.

Nous avons traité ces amalgames selon la méthode décrite antérieurement [1]. Pour les amalgames de rubidium et de cæsium, l'oxydation du métal alcalin est terminée après 4 à 7 jours; pour l'amalgame de sodium au contraire, le tiers seulement du métal est oxydé après 15 jours.

Les produits obtenus sont analysés de la façon indiquée dans la Note précédente [1].

Résultats. — 1° *Amalgames de rubidium et de cæsium.* — Les masses noires ou mordorées formées lors de l'oxydation des amalgames de rubidium et cæsium donnent avec l'eau un violent dégagement d'oxygène et abandonnent une poudre verte semblable à celle obtenue avec l'amalgame de potassium. L'analyse montre que cette poudre est constituée par de l'oxyde mercureux Hg_2O.

Les quantités d'oxygène dégagé correspondent à des peroxydes dont la formule oscille entre $Rb_2O_{2,9}$ et $Rb_2O_{3,5}$ pour l'amalgame de rubidium, et $Cs_2O_{2,7}$ et $Cs_2O_{3,6}$ pour l'amalgame de cæsium. Les écarts entre ces formules, un peu plus importants que celui observé pour les peroxydes formés par l'amalgame de potassium, semblent dus à la plus grande instabilité des amalgames de rubidium et de cæsium vis-à-vis de l'humidité.

En additionnant dans ces formules l'oxygène transmis au mercure pour la formation de Hg_2O, on se rapproche dans tous les cas du tétroxyde Rb_2O_4 et Cs_2O_4.

2° *Amalgame de sodium.* — Contrairement à ce qui se passe pour le groupe des amalgames de potassium, rubidium et cæsium, l'amalgame de sodium ne se peroxyde guère ni dans l'air, ni dans l'oxygène.

Nos essais ont porté sur des amalgames titrant environ 2/1000 de sodium et traités exactement comme les précédents. Soumis à l'action de l'eau, après un contact de 15 jours avec l'oxygène, ces amalgames ne dégagent que des quantités très faibles d'oxygène. L'expérience montre que la peroxydation de l'amalgame de sodium est plus de 100 fois moins importante que celle des autres amalgames alcalins.

Conclusions. — Il résulte de l'ensemble de ces essais que les amalgames du groupe potassium, rubidium et cæsium se peroxydent spontanément à l'air ou dans l'oxygène sec pour donner le peroxyde M_2O_4. Ce peroxyde oxyde une certaine quantité de mercure à l'état d'oxyde mercureux. La masse de Hg_2O formé croît avec le temps de contact, mais n'est pas dans un rapport stœchiométrique avec celle du peroxyde qui fournit l'oxygène. Dans les mêmes conditions, l'amalgame de sodium ne donne que des quantités minimes d'un peroxyde, dont la formule n'a pu être déterminée.

Nous examinerons prochainement le comportement de l'amalgame de lithium et des amalgames alcalino-terreux.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Séparation par chromatographie sur papier des phosphates, phosphites et hypophosphites.* Note de MM. **André Bonnin** et **Pierre Süe**, présentée par M. Frédéric Joliot.

La séparation de très petites quantités de sels de phosphore est un problème analytique difficile, tant pour les sels de valence 5 que pour ceux de valences inférieures. Récemment, Ebel et Volmar ([1]) ont effectué la séparation des ortho, pyro, méta et polyphosphates par chromatographie sur papier.

Pour étudier les états chimiques du radiophosphore formé dans les réactions $^{35}Cl(n, \alpha)\,^{32}P$ et $^{32}S(n, p)\,^{32}P$, nous avons été amenés à essayer cette méthode. Nous avions déjà constaté que des cristaux uniques de NaCl irradiés aux neutrons rapides et dissous dans l'eau, donnaient du phosphore à la valence 5 et à des valences inférieures ([2]).

La chromatographie a été faite sur des mélanges en quantités variables des sels suivants : PO_4HNa_2, PO_3HNa_2, PO_2H_2Na. Le solvant utilisé est un mélange à volumes égaux de butanol normal, de dioxane et d'ammoniaque 1N. Les papiers Whatman n° 1 et Durieux n° 122 *bis*, sont lavés à l'acide chlorhydrique normal et rincés à l'eau, comme le conseillent Hanes et Isherwood ([3]), puis découpés en bandelettes de 1,5 cm de large; les solutions à étudier sont déposées à 5 cm du bord inférieur. Le développement, ascendant est effectué dans une cellule analogue à celle décrite par Laskowski et Mac Crone ([4]) et dure une vingtaine d'heures. La révélation est effectuée par la méthode de Hanes et Isherwood ([3]) : formation de complexes avec le molybdène qui, réduits par H_2S, donnent des taches bleues.

Les valeurs du tableau I, obtenues avec des sels purs montrent que les séparations sont nettes.

Pour des mélanges, les résultats sont les mêmes pour de petites quantités de chaque constituant (moins de 20 μg de P). Pour des quantités plus importantes, les migrations sont légèrement plus faibles comme on peut le voir sur le tableau II.

Le tableau III donne les positions des taches pour les mélanges des trois sels séparés sur papier Whatman et Durieux.

Ces essais montrent que cette méthode est satisfaisante, et à côté des travaux qu'elle nous permet d'entreprendre en chimie nucléaire, il est à signaler qu'elle peut présenter un intérêt en microanalyse.

([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 415.

([2]) Caillat et Süe, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1666; Süe et Caillat, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1864.

([3]) *Nature*, 164, 1949, p. 1107.

([4]) *Anal. Chem.*, 23, 1951, p. 1579.

TABLEAU I.

	Phosphates		Phosphites		Hypophosphites	
	$\frac{B}{C}$.	$\frac{A}{C}$.	$\frac{B}{C}$.	$\frac{A}{C}$.	$\frac{B}{C}$.	$\frac{A}{C}$.
3,5 μg......	0,13	0,15	0,20	0,24	0,60	0,62
10 »	0,13	0,15	0,19	0,24	0,59	0,66
16,5 »	0,10	0,15	0,17	0,24	0,51	0,62
35 »	–	–	0,15	0,23	–	–
100 »	0,00	0,13	–	–	0,46	0,63
200 »	0,00	0,13	0,08	0,20	0,44	0,66
300 »	0,00	0,14	0,04	0,19	0,44	0,68

Nota. — A, B, C représentent respectivement les distances en centimètres à la tache de départ des bords supérieurs et inférieurs de la tache finale, et du front de solvant.

Ce tableau correspond au papier Whatman, n° 1, qui donne des résultats plus reproductibles que le papier Durieux, n° 122 *bis*.

TABLEAU II (Whatman n° 1).

Phosphates.			Phosphites.			Hypophosphites.		
Quantités. (μg).	$\frac{B}{C}$.	$\frac{A}{C}$	Quantités. (μg).	$\frac{B}{C}$.	$\frac{A}{C}$.	Quantités. (μg).	$\frac{B}{C}$.	$\frac{A}{C}$.
3,5	0,13	0,15	3,5	0,20	0,24	3,5	0,60	0,62
300	0,00	0,15	3,5	0,16	0,20	3,5	0,56	0,60
–	–	–	300	0,04	0,19	3,5	0,47	0,52

TABLEAU III.

	Phosphates.			Phosphites.			Hypophosphites.				
	Quantités (μg).	B.	A.	Quantités (μg).	B.	A.	Quantités (μg).	B.	A.	C.	Durée h
Whatman 1...	3,5	2,8	3,2	3,5	4,3	5,2	3,5	12,7	13,1	21,2	17 45
Durieux 122 *bis*.	3,5	2,2	3,1	3,5	3,4	4,4	3,5	12,1	13,0	23,5	18 10
W...........	10	2,7	3,2	10	4,1	5,2	10	12,7	14,1	21,5	17 45
D............	10	2,4	3,4	10	3,6	4,8	10	12,5	13,7	23,9	18 10
W...........	300	0,0	3,7	3,5	4	4,9	3,5	13,6	14,6	24,3	22 50
D............	300	0,0	2,8	3,5	3,2	4,2	3,5	12	12,8	21,2	18 10

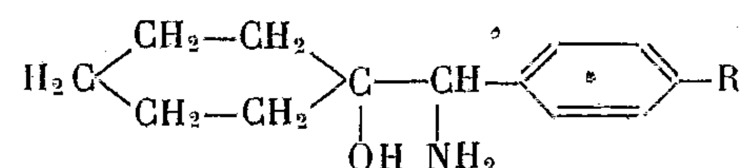
Nota. — A, B, C sont en centimètres.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude de la stabilité des ions carbonium à l'aide d'une notation spéciale.* Note (*) de M. **J. Joseph Jennen**, présentée par M. Louis de Broglie.

On sait que la désamination nitreuse des α-amino-cycloalcoyl-alcools,

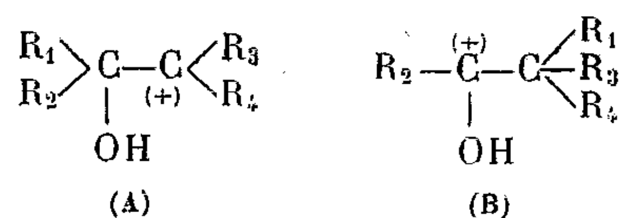
(*) Séance du 18 février 1952.

effectuée en milieu hydro-acétique diluée provoque une transposition intramoléculaire en conduisant à des composés carbonylés. Par contre la désamination des (hydroxy-1 cyclohexyl)-arylaminométhanes du type



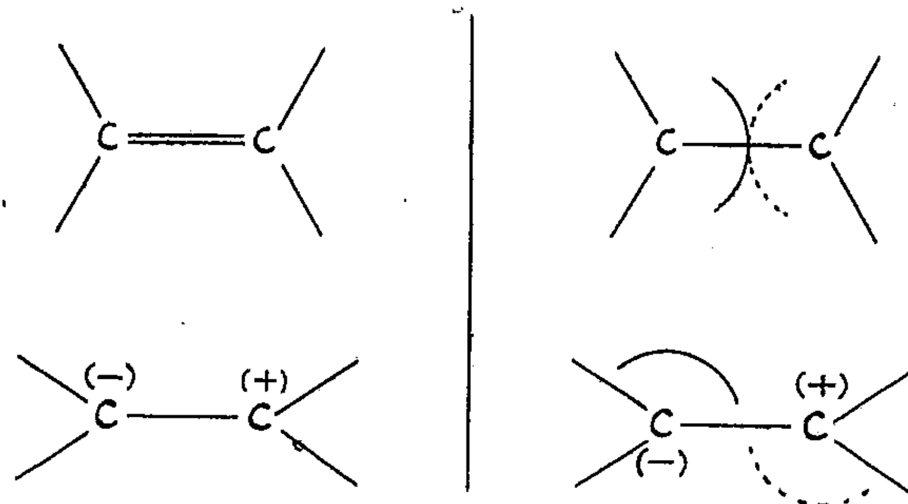
se produit sans extension de cycle : au lieu d'obtenir des arylcycloheptanones, il se forme des glycols.

Cette réaction a été étudiée par Mme Elphimoff-Felkin et Mlle Tchoubar ([1]) qui en donnent une interprétation électronique. Elles admettent la formation initiale d'un ion carbonium (A)



Cet ion intermédiaire (A) peut être stabilisé par résonance avec un noyau aromatique R_3; alors il ne se produit pas de transposition. Mais si l'ion A est moins stable, il ne peut empêcher la formation de l'ion B résultant de la transformation; et alors la désamination donne lieu à la formation de produits transposés.

Cette interprétation se confirme par une nouvelle notation, que nous ([2]) avons introduite pour la double liaison et les systèmes de doubles liaisons conjuguées. Nous donnons ici un parallélisme entre la notation usuelle et spéciale :



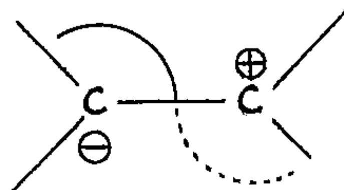
Cette nouvelle notation nous permet de décrire l'état intermédiaire entre ces deux formules limites par une forme mésomère portant une demi-charge

---

([1]) Mme I. Elphimoff-Felkin et B. B. Tchoubar, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1314.

([2]) J. Jennen, *Mededel. Vlaam. chem. Ver.*, **12**, 1950, p. 133-236; (*Chem. Abstr.*, **45**, 1951, p. 9968*e*).

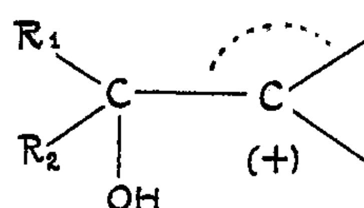
positive ⊕ et négative ⊖. L'extrémité s'appelle *périchrome*.



C'est précisément cet état particulier, qui exige une notation spéciale ([3]).

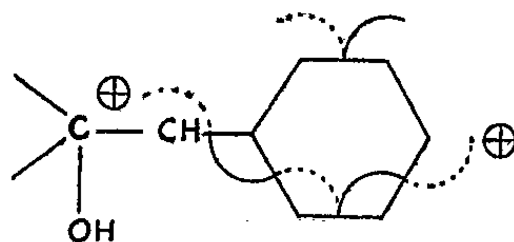
On distingue donc un segment réel, représentant un doublet électronique, et un segment virtuel. Ici ils pivotent dans le même sens (vecteurs parallèles).

L'ion A est alors caractérisé par la formule



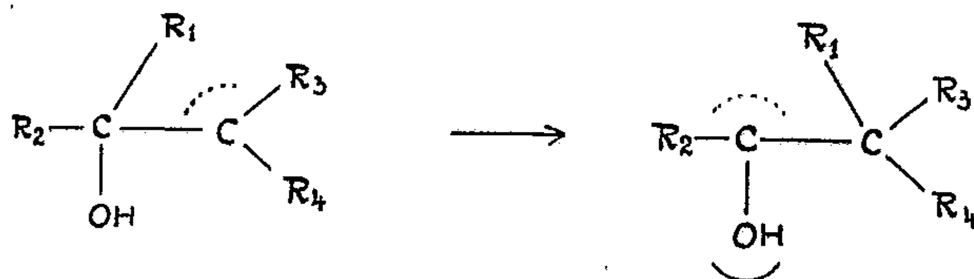
Cet ion (A) ne peut être stable que lorsqu'il peut entrer en résonance c'est-à-dire former des doubles liaisons comme indiqué dans le parallélisme plus haut.

C'est bien facile lorsque R_3 est un groupe aromatique, alors le segment virtuel va conjuguer avec des segments réels du benzène

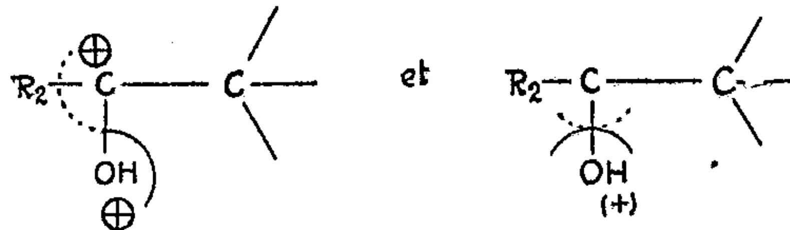


pour former ce que nous appelons un *mésochrome* (=conjugaison de segments).

Dans l'autre cas, le segment virtuel doit se transposer pour donner lieu à une résonance stable, c'est-à-dire former une double liaison avec un doublet libre de l'oxygène



avec les formes



([3]) C. DUFRAISSE, *La Mésomérie* (Réunion d'études, Président L. de Broglie), Paris, 1947, p. 10; *voir* ([1]) *loc. cit.*, p. 188.

Ce dernier composé du type oxonium cède le proton pour donner finalement une cétone.

La transposition de ces amino-alcools est tout à fait analogue à la transposition pinacolique, pour laquelle on admet ([4]) aussi un ion carbonium intermédiaire.

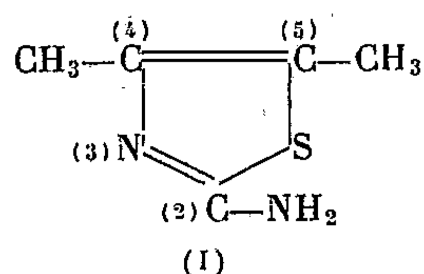
De même, la désamination des α-amino-alcools où $R_1 = R_2 = R_3 =$ phényle conduit à une transposition (Kenzie) ([5]). Dans ce cas, la stabilité de l'ion (B) est aussi l● plus grande, parce qu'alors le segment virtuel forme un mésochrome plus long avec le groupe phényle et avec le segment réel de l'oxygène.

A première approximation on peut dire que l'ion carbonium sera plus stable si son périchrome ([6]) fait partie d'un mésochrome plus long.

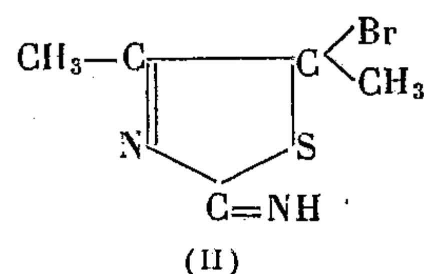
CHIMIE ORGANIQUE. — *Influence d'un substituant méthylé en diverses positions sur la bromuration et les propriétés des dérivés bromés de l'amino-2 diméthyl-4.5 thiazol.* Note de Mlle **Yvonne Garreau**, présentée par M. Marcel Delépine.

En accord avec une formule de constitution établie précédemment, le méthylamino-2 diméthyl-4.5 thiazol et l'amino-2 triméthyl-3.4.5 thiazol, qui peuvent prendre la forme imino-2 thiazoline, donnent un produit de substitution bromé en (5), tandis que le diméthylamino-2 diméthyl-4.5 thiazol ne fournit qu'un produit d'addition. La méthylation en (3) diminue la mobilité de l'halogène.

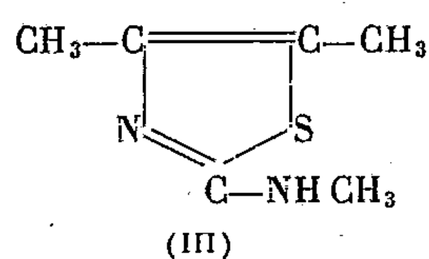
J'ai montré ([1]) que l'amino-2 diméthyl-4.5 thiazol (I) donne avec le brome un produit de substitution et j'ai indiqué les raisons qui permettent de lui attribuer la constitution (II). L'atome de brome fixé en (5) est extrêmement labile.



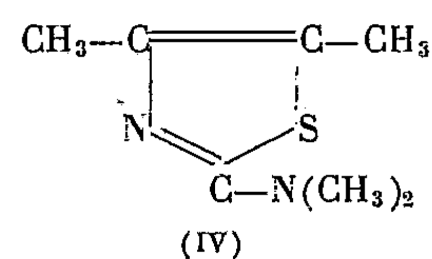
(I)



(II)



(III)



(IV)

Si la formule (II) est exacte, on doit s'attendre à la formation d'un corps

([4]) G. W. Wheland, *The theory of resonance*, New-York, 1947, p. 280.

([5]) *Soc.*, **125**, 1924, p. 2105.

([6]) J. Jennen, *Mededel. Vlaam. chem. Ver.*, **13**, 1951, p. 99-144.

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 982.

de propriétés analogues quand l'atome d'azote fixé en (2) porte un groupe méthyle et à l'impossibilité d'obtenir un dérivé bromé s'il en porte deux.

L'expérience confirme ces prévisions.

Le bromhydrate de méthylamino-2 diméthyl-4.5 thiazol, $C_6H_{10}N_2S$, HBr (III) F 260-265°, obtenu à partir de la bromo-3 butanone-2 et la N-méthylthiourée, est soluble dans l'eau froide, très soluble dans l'alcool méthylique, plus soluble à chaud qu'à froid dans l'alcool éthylique, (recristallisation); insoluble dans les autres solvants usuels.

Traité par le brome en milieu bromhydrique, il donne après évaporation et cristallisation dans l'alcool, le bromhydrate de méthylimino-2 diméthyl-4.5 bromo-5 thiazoline ($C_6H_9N_2SBr$, HBr).

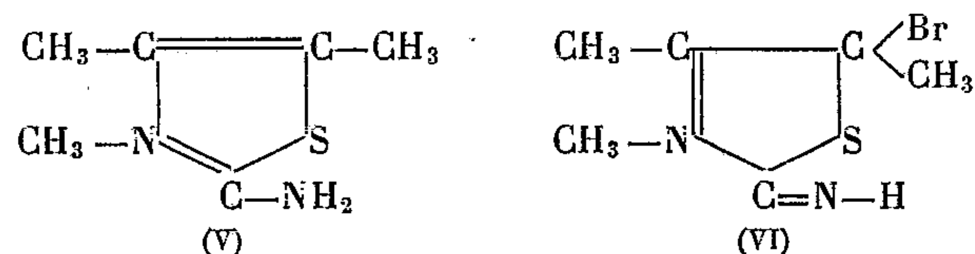
Comme son homologue, non méthylé sur l'azote fixé en (2), en solution aqueuse, à froid, il perd son brome à l'état d'acide bromhydrique, ainsi qu'on le constate par titrage par la soude, ou par le nitrate d'argent.

Le bromhydrate de diméthylamino-2 diméthyl-4.5 thiazol $C_7H_{12}N_2S$, HBr (IV), préparé par action de la N-diméthylthiourée sur la bromo-3 butanone-2, (aiguilles), très soluble dans l'eau, les alcools méthylique et éthylique froids, le benzène, le dioxane. le tétrachlorure de carbone, est purifié par cristallisation dans le chloroforme, F 175°.

Sa solution dans l'acide bromhydrique (*d* 1,38) additionnée de brome donne des prismes orangés cristallisant dans l'alcool, un peu solubles dans le chloroforme surtout à chaud, $[C_7H_{12}N_2S + Br_2]$, HBr.

L'analyse montre que deux atomes de brome ont été fixés, mais il s'agit d'une addition, car ils sont éliminés par simple dissolution dans l'amylène ou l'acétone; par évaporation, on récupère le produit initial.

Lorsque l'on méthyle l'azote (3) dans le composé (I), on obtient le composé (V) qui peut encore prendre la forme imino-2 thiazoline, et donner un produit de substitution en (5) avec le brome (VI).



L'amino-2 diméthyl-4.5 thiazol et le sulfate de méthyle fournissent le méthyl sulfate d'amino-2 triméthyl-3.4.5 thiazol, (aiguilles) F 145° très soluble dans l'eau, soluble dans l'alcool méthylique froid et l'alcool éthylique chaud (recristallisation),

Pour obtenir le bromhydrate, on épuise à l'éther la solution de méthylsulfate alcalinisée, puis la solution éthérée est agitée avec la quantité calculée d'acide bromhydrique (*d* 1,38). Après évaporation de la partie aqueuse, on essore les cristaux qui se séparent, F 240°, très solubles dans l'eau, l'alcool méthylique

surtout à chaud (recristallisation), solubles dans l'alcool éthylique, insolubles dans les autres solvants usuels. En milieu bromhydrique ce corps décolore la quantité calculée de brome, puis par évaporation donne des cristaux de bromhydrate d'imino-2 triméthyl-3.4.5 bromo-5 thiazoline, $C_6H_{10}N_2SBr$, HBr très solubles dans l'alcool méthylique, l'alcool absolu chaud, moins à froid (recristallisation); insolubles dans les autres solvants usuels.

Il était intéressant de voir quelles modifications seraient apportées, dans ce cas, aux propriétés de l'halogène.

J'ai en effet indiqué précédemment ([2]) que la méthylation sur l'azote (3) de l'amino-2 méthyl-4 bromo-5 thiazol, modifie considérablement le caractère de l'atome de brome, qui de positif et labile devient inerte. Ici, cette méthylation le rend seulement moins labile. Pour le détacher sous forme d'acide bromhydrique, il ne suffit plus comme pour (II) de mettre le composé en solution dans l'eau, il faut encore le chauffer de façon prolongée en présence de nitrate d'argent.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de cétones naphtaléniques à l'aide du fluorure de bore. I. Préparation des acyl-2 naphtols-1*. Note de M. **Éphime Chapiro**, présentée par M. Marcel Delépine.

La condensation de l'α-naphtol avec les acides gras, en présence de fluorure de bore, fournit, avec des rendements allant jusqu'à 95%, les acyl-2 naphtols-1. Ont été ainsi préparés les acétyl-, propionyl-, *n*-butyryl-, *iso*-butyryl- et pivalyl-napthols. Les phénylhydrazones des quatre premières cétones ont été obtenues par la méthode habituelle.

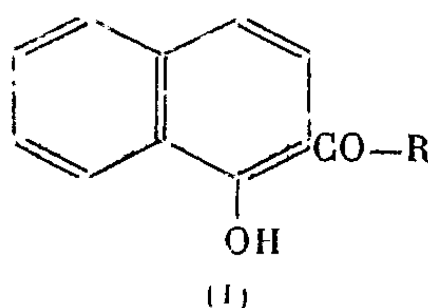
Les cétones hydroxy- et méthoxynaphtaléniques ont connu ces dernières années un regain d'interêt en raison de leur utilisation dans la synthèse de certaines substances œstrogènes et bactériostatiques. L'obtention de ces cétones présente souvent quelques difficultés. C'est ainsi que les acyl-2 naphtols-1 ont été, jusqu'à ces derniers temps, préparés principalement par condensation de l'α-naphtol sur des acides gras en présence de chlorure de zinc, avec des rendements inférieurs à 40 % ([1]). Étant donné que la synthèse des acylphénols avait déjà fait ressortir la supériorité du fluorure de bore en tant qu'agent de condensation, il m'a paru intéressant d'appliquer cette technique à l'α-napthol et j'ai effectivement obtenu, avec des rendements allant jusqu'à 95 % et à l'état très pur, les acyl-2 naphtols-1 (I).

J'ai réalisé ainsi la synthèse de l'acétyl-2 naphtol-1, du propionyl-2

([2]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1022.

([1]) O. N. Witt, *Ber. d. chem. Ges.*, **21**, 1888, p. 324; A. Goldzweig, A. Kaiser, *J. f. prakt. Chem.*, **43**, (2), p. 86.

naphtol-1, du *n*-butyryl-2 naphtol-1, de l'*iso*-butyryl-2 naphtol-1 et du pivalyl-2 naphtol-1. L'identité des cétones ainsi obtenues et des échantillons préparés par la méthode au chlorure de zinc a été établie.



J'ai également préparé les phénylhydrazones de ces cétones en vue d'une étude spectrale. Toutefois, la phénylhydrazone du pivalyl-2 naphtol-1 n'a pu être obtenue.

Dans un prochain mémoire, je décrirai la préparation, par le même procédé, de quelques cétones dérivées du méthoxy-1 naphtalène.

Partie expérimentale. — Le mode opératoire est sensiblement celui décrit par Kästner ([2]) pour la synthèse de l'acétylphénol. Un mélange d'α-naphtol finement pulvérisé (1 mol) et d'acide gras (2 mol) est traité par un courant de F_3B. Après saturation, on chauffe à 70° pendant 2 h, et l'on décompose par l'acétate de sodium. Les cétones sont purifiées, selon le cas, par des cristallisations dans l'alcool ou dans l'éther de pétrole.

Acétyl-2 naphtol-1 : $C_{12}H_{10}O_2$ (formule I où R : CH_3). — F 98° (alcool dilué). Rdt 92 %. *Phénylhydrazone* : $C_{18}H_{16}ON_2$. Aiguilles jaunes F 139° (alcool). Trouvé : N % 9,97; calculé 10,14.

Propionyl-2 naphtol-1 : $C_{13}H_{12}O_2$ (R : C_2H_5). — F 86°. Rdt 83 %. *Phénylhydrazone* : $C_{19}H_{18}ON_2$, F 127°.

n-butyryl-2 naphtol-1 : $C_{14}H_{14}O_2$ (R : $CH_2CH_2CH_3$). — Cristaux jaune pâle F 84-5° (mélange éther-éther de pétrole). Rdt 87 %. Goldzweig et Kaiser décrivent des aiguilles grises F 78°. Il s'agit très probablement d'un échantillon impur. *Phénylhydrazone* : $C_{20}H_{20}ON_2$. Poudre cristalline jaune paille F 160° (alcool). Trouvé N % 9,08; calculé 9,21.

Iso-butyryl-2 naphtol-1 : $C_{14}H_{14}C_2$ (R : $CH=(CH_3)^2$ F 87°. (Goldzweig et Kaiser indiquent F 79°). Rdt 95 %. *Phénylhydrazone* : $C_{20}H_{20}ON_2$. Cristaux jaunes F 127° (alcool). Trouvé N % 9,02; calculé 9,21.

Pivalyl-2 naphtol-1 : $C_{15}H_{16}O_2$ [R : $C\equiv(CH_3)^3$]. Gros cristaux jaune vert fluorescents. F 68° (éther de pétrole). Rdt 72 %. Trouvé C % 79,07; H % 6,93; calculé 78,94 et 7,02

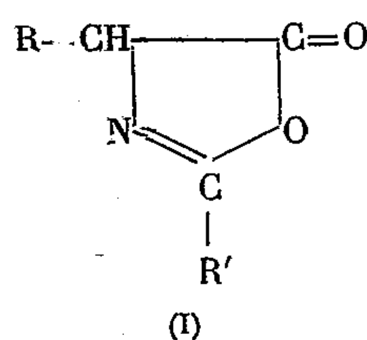
([2]) *Neuere Methoden der präparativen organischen Chemie*, 3, Aufl., Weinheim, 1949, p. 441.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des aldéhydes sur les* N. *aroyl α-phényl α-amino-acétonitriles.* Note de MM. **Jean Lichtenberger** et **Jean-Pierre Fleury**, transmise par M. Charles Dufraisse.

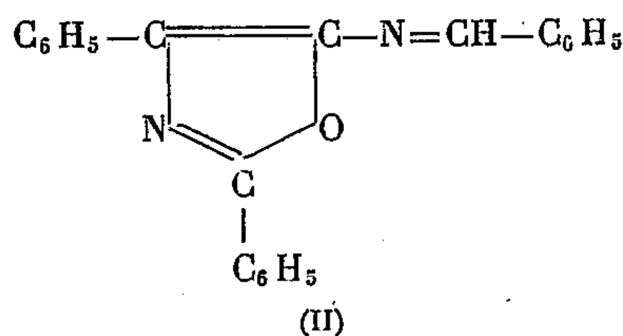
L'action d'un certain nombre d'aldéhydes aromatiques sur divers N. aroyl α-phényl α-amino-acétonitriles conduit régulièrement aux bases de Schiff des amino-5 diaryl-2.4 oxazoles.

Nous avons incidemment été amenés à étudier l'action du benzaldéhyde sur le N. benzoyl α-phényl α-aminoacétonitrile (nitrile phényl-hippurique) (III). En chauffant ce nitrile à 130° avec le benzaldéhyde, en présence de chlorure de zinc, ou en faisant passer de l'acide chlorhydrique gazeux dans une solution alcoolique ou chloroformique de ces réactifs, nous obtenons un dérivé de formule $C_{22}H_{16}ON_2$ et de P. M. 333 (P. M. calculé : 324) correspondant à $[C_6H_5—CH(CN)—NH—CO—C_6H_5 + C_6H_5—CHO]—H_2O$; cristaux jaune vif, stables et insolubles vis-à-vis de l'eau et des alcalis concentrés et chauds. Le produit s'hydrolyse par chauffage prolongé dans l'acide sulfurique 6N en libérant 1 mol de benzaldéhyde, 1 mol d'ammoniac et 1 mol d'acide phényl-hippurique. Les chlorures d'acétyle et de benzoyle sont sans action sur lui, ainsi que l'hydrogène en présence de nickel Raney à froid, ou le permanganate.

Étant donné, d'une part les connaissances actuelles dans le domaine des Az-lactones (I) et, d'autre part les travaux de Jones, Ramage et I. C. I. (1) et de Cornforth et Tuang (2), la seule structure admissible pour notre dérivé est celle d'un benzalamino-5 diphényl-2.4 oxazole (II).



(I)



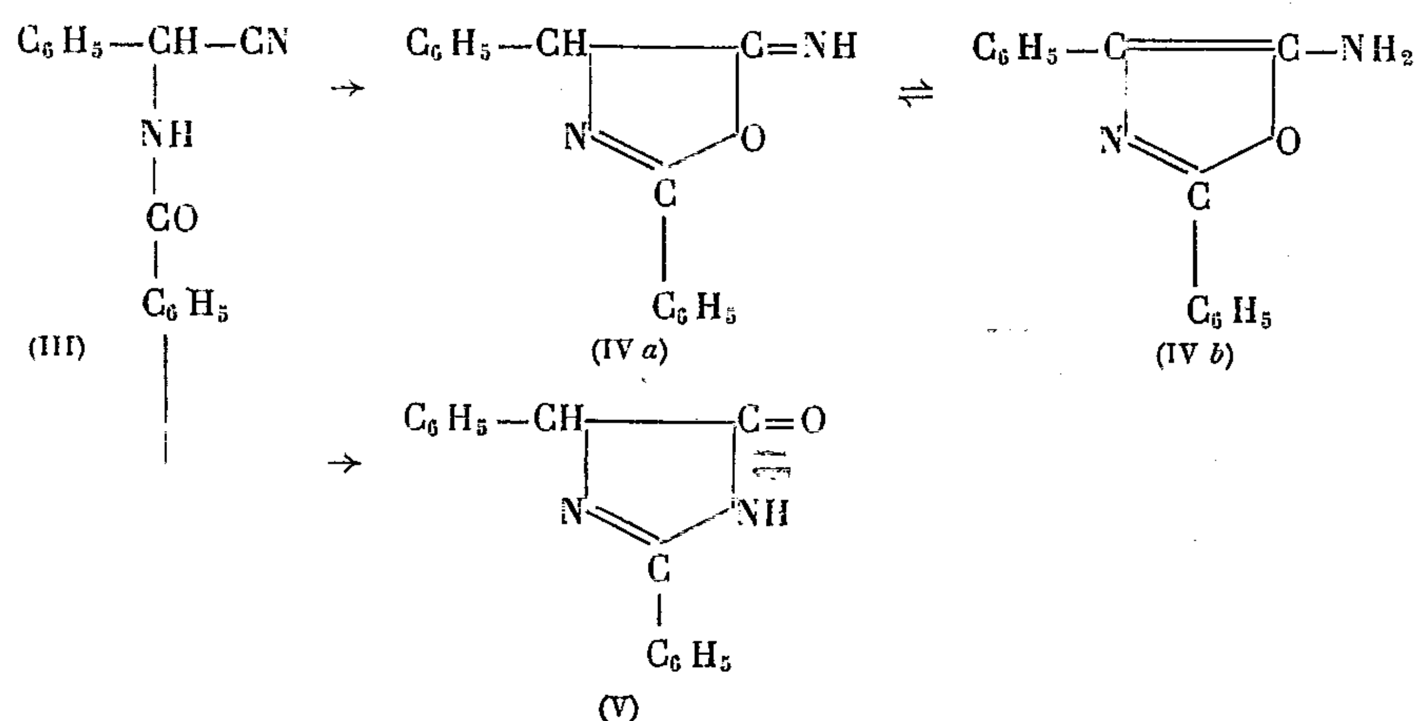
(II)

Un produit d'hydrolyse primaire pourrait être l'amino-5 diphényl-2.4 oxazole (IV *a* ou *b*), pouvant être obtenu par isomérisation du nitrile phényl-hippurique (III), laquelle peut aussi conduire à une dihydro-céto-5 glyoxa-

(1) *B. P.*, 596-537; C. A., 1948, 7342*c* : passage du phénylacétyl-amino cyanacétate d'éthyle à l'amino-5 benzyl-2 carbéthoxy-4 oxazole.

(2) *J. Chem. Soc.*, 1948, p. 1969 : passage d'un sel de potassium de l'α-(éthoxy-hexylidène-amino) β-hydroxy-acrylonitrile à la dinitro-2.4, phényl-hydrazone de l'amino-5 amyl-2 formyl-4 oxazole.

line (V); mais la forme glyoxaline paraît exclue, n'étant pas susceptible de donner une base de Schiff.



Dans l'hydrolyse partielle du produit (II), nous n'avons en fait pas pu obtenir l'amino-oxazole (IV); mais en traitant, dans le chloroforme, le nitrile phényl-hippurique par l'acide chlorhydrique, il précipite une substance jaune clair ayant les caractéristiques d'un chlorhydrate de (IV) (% calculé : N 10,3; Cl 13,05; % trouvé : N 10,27; Cl 13,3). Ce dernier s'hydrolyse trop facilement en amide et en acide phényl-hippurique pour permettre l'isolement de la base correspondante. Toutefois, mis en présence de benzaldéhyde, il redonne, à température ordinaire, le produit jaune (II).

Nous avons étendu notre réaction aux aldéhydes aromatiques et aux nitriles α-acylaminés analogues, et obtenu une série de produits bien cristallisés et fortement colorés, ayant apparemment tous la même structure (bases de Schiff d'amino-5 diaryl-2.4 oxazoles).

	Trouvé.				Calculé.					
Oxazole.	C.	H.	O.	N.	C.	H.	O.	N.	Coloration.	F (°C).
Benzalamino-5 diphényl-2.4...	80,78	4,92	5,5	8,72	81,5	4,94	4,94	8,64	Jaune	158,5
p-Nitro-benzalamino-5 diphényl-2.4..............	71,02	4,06	13,7	11,44	71,5	4,06	13	11,38	Rouge	237,5
m-Nitro-benzalamino-5 diphényl-2.4..............	–	–	–	11,29	–	–	–	11,38	Orange	195,5
o-Nitro-benzalamino-5 diphényl-2.4..............	71,04	4,07	13,5	11,4	71,5	4,06	13	11,38	»	168,5
p-Diméthylamino-benzalamino-5 diphényl-2.4..............	–	–	–	11,27	–	–	–	11,44	»	202-203
Benzalamino-5 *p*-nitrophényl-2 phényl-4	–	–	–	11,4	–	–	–	11,38	»	211-212

Vu l'intérêt actuel de l'action des dérivés carbonylés sur les amino-nitriles et de la parution récente des travaux de Davis et Levy ([3]) traitant de l'action de tels dérivés sur les α-amino-nitriles non acylés à l'azote, conduisant à des imino-5 oxazolidines et à des tétrahydro-céto-4 glyoxalines, nous avons tenu à publier dès à présent ces résultats, tout en poursuivant notre travail dans le sens indiqué.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Influence de la vitesse d'évaporation de solutions aqueuses d'halogénures alcalins sur le faciès des cristaux précipités.* Note de M. **Raymond Kern**, présentée par M. Charles Mauguin.

Lorsqu'on laisse cristalliser les halogénures alcalins du type NaCl à partir de la solution aqueuse pure, il apparaît les formes (100) du système cubique. Ce fait est toujours mentionné dans les publications. Les autres formes de l'holoédrie cubique ne sont pas signalées dans ces conditions de cristallisation ([1]).

En présence d'impuretés de différents types, sels métalliques, acides, corps organiques, colorants, l'octaèdre apparaît plus ou moins facilement. Très rarement et d'une façon non reproductible, on cite l'apparition d'une facette des autres formes de l'holoédrie cubique.

Nous avons constaté que, lors de la cristallisation des halogénures alcalins en solutions aqueuses pures, le faciès des cristaux précipités dépendait des conditions opératoires. Suivant les vitesses d'évaporation de la solution, nous avons obtenu la plupart des formes holoèdres connues.

Les sels étudiés étaient les suivants : LiF ([2]), NaF, NaCl, KCl, KBr, KI. Nous les avons fait recristalliser deux fois afin de les purifier. Nous avons déposé une goutte de la solution presque saturée sur une lampe porte-objet en verre. Des essais sur lame de platine ont été également faits. L'évaporation de cette goutte de solution a été réalisée de deux manières :

a. A température de la salle, 25° C environ, soit à l'air libre, soit dans une enceinte fermée, soit en présence de desséchants plus ou moins énergiques.

b. En chauffant la lame porte-objet de façon que la tension de vapeur de la solution déposée détermine une certaine vitesse d'évaporation.

La deuxième façon d'opérer est la plus simple au point de vue pratique, la première plus variée mais faisant intervenir moins de paramètres puisqu'elle se fait à température constante.

([3]) *J. Chem. Soc.*, 1951, p. 3479.

([1]) P. Groth, *Chem. Kristal.*, Leipzig, 1906; Buckley, *Crystal Growth*, London, 1950.

([2]) La solubilité de LiF quoique faible (2,7 g dans 1 l d'eau à 18°) est suffisante pour ce genre d'expérience.

Les formes cristallines ont été observées et photographiées au microscope. La variation de la mise au point ainsi que celle de l'éclairage permet de reconnaître assez facilement les formes cristallines même de petits cristaux.

A des vitesses d'évaporation lentes les six halogénures alcalins étudiés présentaient tous le faciès (100). Nous entendons par vitesse d'évaporation lente l'évaporation à sec en un laps de temps supérieur à plusieurs heures.

En augmentant la vitesse d'évaporation, nous avons vu apparaître des formes autres que celles du cube. Nous appellerons « vitesse critique d'évaporation » pour un halogénure alcalin donné, la vitesse d'évaporation minima correspondant à l'apparition de ces formes. Ainsi nous avons observé pour les six halogénures alcalins étudiés l'apparition de faces d'octaèdres à partir de vitesses critiques d'évaporation allant pour une goutte de 1 mn pour KI jusqu'à 30 mn environ pour LiF. Les vitesses critiques d'évaporation faisant apparaître l'octaèdre, vont en croissant de LiF à KI dans la série LiF, NaF, NaCl, KCl, KBr, KI. Les formes dominantes sont : le cube pour NaCl, KCl, KBr, KI et l'octaèdre pour LiF et NaF.

Dans le cas de NaF, nous avons pu observer les autres formes de l'holoédrie en opérant à des vitesses d'évaporation intermédiaires entre celles qui fournissent uniquement le cube et celles qui fournissent l'octaèdre. Nous avons obtenu les formes (*ppr*), (*pqq*), (0*qr*) en association soit avec (111), soit avec (100). Les formes isolées n'ont pas été observées. Deux échantillons très bien formés se présentaient comme il suit :

1° axe ternaire perpendiculaire à la lame, (110) dominant (3 faces), (111) (4 faces), (*pqq*) (3 faces). Dimension du cristal : 0,015 cm, faces correspondantes également développées.

2° axe quaternaire perpendiculaire à la lame, (111) dominant (4 faces), (0*qr*) (4 faces), (*ppr*) (4 faces), dimension du cristal : 0,02 cm, faces correspondantes également développées.

Toutes ces expériences sont facilement reproductibles si l'on se place dans les conditions d'évaporation convenables. Elles confirment le fait que l'on peut obtenir à partir de solutions pures d'halogénures alcalins non seulement le cube mais aussi les autres formes holoèdres et qu'il existe une relation intime entre le faciès et la vitesse d'évaporation.

CRISTALLOGRAPHIE. — *La croissance hélicoïdale de cristaux de biotite.* Note de M. **Séverin Amelinckx**, présentée par M. Charles Mauguin.

Dans des Notes précédentes ([1]), ([2]) l'attention a été, entre autres, attirée sur le fait que les différentes modifications des minéraux micacés sont

([1]) W. Dekeyser et S. Amelinckx, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1297.
([2]) W. Dekeyser et S. Amelinckx, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 446.

en réalité des polytypes, dont l'existence est due au développement de ces cristaux suivant le mécanisme de croissance proposé par F. C. Frank ([3]).

Ces conclusions découlaient d'observations interférométriques qui avaient révélé le caractère hélicoïdal de faces de clivage de ces minéraux ([4]), ce qui constitue une preuve indirecte de la croissance suivant le mécanisme précité. En effet, dans ce cas, le cristal n'est plus formé par un ensemble de plans parallèles mais par un certain nombre de surfaces hélicoïdales. Toutefois, la preuve la plus directe de ce mode de formation est fournie par l'existence de spirales de croissance sur certaines faces, en général les plus compactes. Jusqu'à présent celles-ci ont été observées sur un nombre limité de cristaux auxquels se sont ajoutés très récemment l'or ([5]) et l'apatite ([6]).

Des observations faites au microscope métallographique ordinaire des faces (001) de cristaux de méroxène nous ont permis de mettre également en évidence l'existence de ces spirales. L'échantillon examiné, mis à notre disposition par Mlle Caillère, porte le n° 106 273 du Muséum d'Histoire Naturelle et provient du Monte Somma (Vésuve). Le procédé opératoire consiste à déposer par évaporation thermique dans le vide poussé une mince couche d'argent sur la face à examiner, technique par laquelle on est parvenu à observer des différences de niveau jusque 7 Å ([7]).

Le cliché ci-joint montre la partie centrale de la figure de croissance observée. Le degré de polygonisation ([8]) des spirales est pratiquement égal à l'unité. Les angles entre deux branches successives de la spirale sont toutefois arrondis, ce qui permet une mesure directe du rayon du germe critique à deux dimensions. En effet, ce rayon est égal au rayon de courbure du sommet de l'angle. (Nous avons trouvé $R = 35$ à $37\ \mu$.)

On voit qu'il y a deux groupes de dislocations de même signe; le groupe dominant (celui qui détermine la vitesse de croissance normale) est celui du centre; il a une activité double. Chaque spirale est de plus constituée par des fronts de croissance multiples. Après six tours les fronts de croissance émis par le groupe dominant passent une seconde dislocation de même signe. Sous l'effet de cette perturbation, les fronts de croissance multiples sont décomposés en couches simples. A l'aide d'interférométrie

([3]) *Farad. Soc. Disc.*, n° 5, 1949, p. 48.

([4]) S. Amelinckx, *Nature* (sous presse).

([5]) S. Amelinckx, C. Grosjean et W. Dekeyser, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 113; S. Amelinckx, *Phil. Mag.* (sous presse).

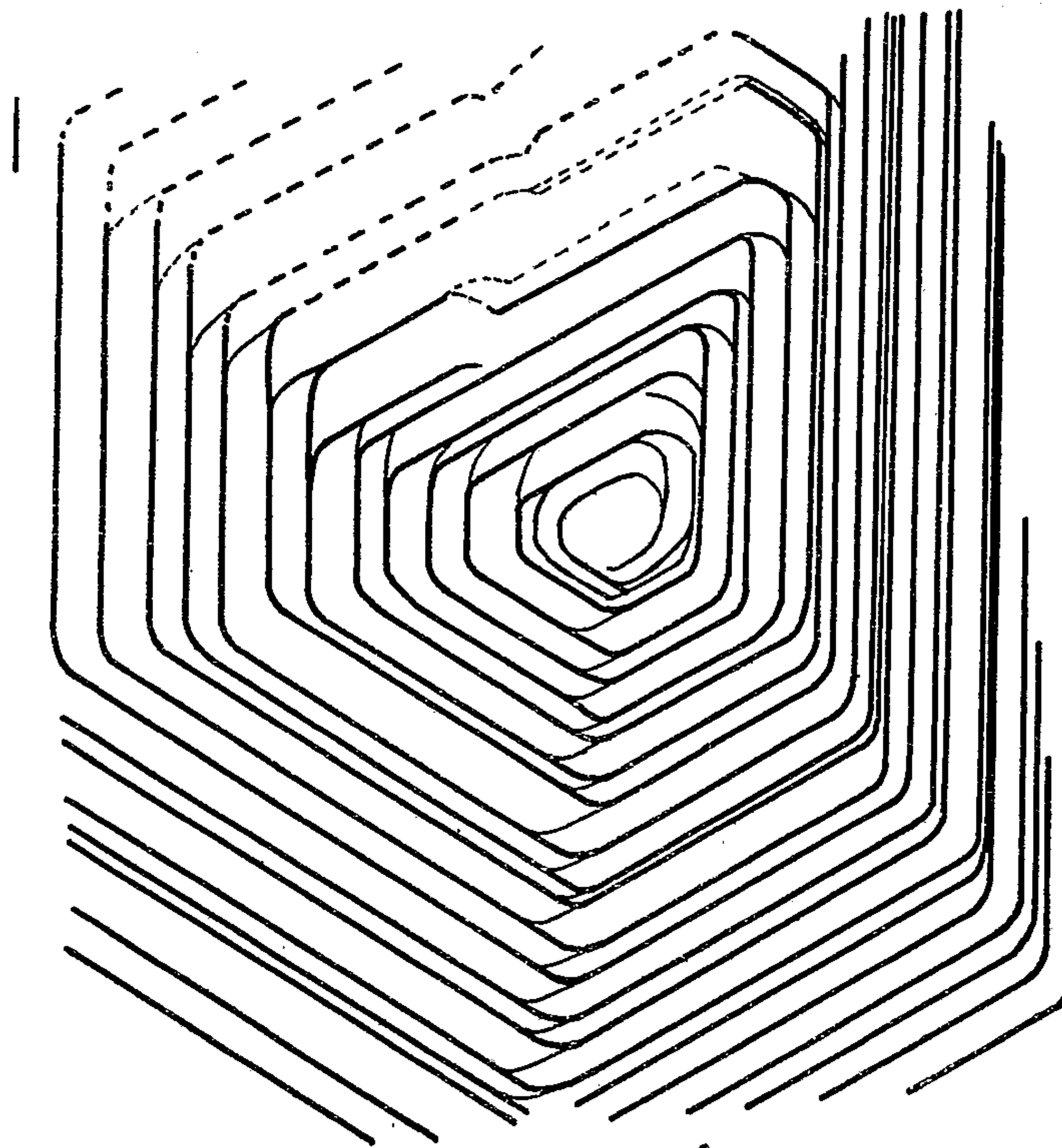
([6]) S. Amelinckx, *Nature* (sous presse).

([7]) S. Amelinckx, *Nature*, 168, 1951, p. 431.

([8]) S. Amelinckx, *J. Chim.*, 48, 1951, p. 475.

à réflections multiples, nous avons déduit que ces couches simples ont une épaisseur de 10 Å.

Un fait remarquable visible sur le cliché est le caractère « entrelacé » des spirales. Par ceci, nous entendons l'aspect particulier causé par la présence de fronts de croissance ayant une épaisseur inférieure à celle du



front de croissance principal. Les fronts de croissance principaux sont de ce fait reliés par des fronts de croissance à épaisseur réduite, comme on le voit aux « coins » de la spirale polygonisée. Le phénomène est tout à fait analogue à celui observé pour le carbure de silicium du type 6 H. L'origine de ce phénomène est, comme dans le cas du carbure de silicium, une différence de symétrie de couches successives.

Il existe donc un rapport direct entre la succession des couches dans la structure d'un polytype et l'aspect des spirales. Cette relation sera mise en évidence en plus de détails dans un travail ultérieur.

Les observations communiquées ici justifient les déductions faites dans les communications citées (1), (2) tout en prouvant d'une façon incontestable que les minéraux micacés doivent l'ordre dans la succession des couches au mécanisme de Frank.

GÉOLOGIE. — *Sur le métamorphisme régional du Paléozoïque en Armorique méridionale et d'une manière générale dans la chaîne hercynienne d'Europe occidentale.* Note de M. **André Demay**, transmise par M. Emmanuel de Margerie.

J'ai indiqué, en 1948, qu'au Sud de l'Armorique sédimentaire classique, la partie Sud de l'Armorique méridionale présente, bien qu'essentiellement hercynienne, un style tectonique différent et qu'en même temps le Paléozoïque devient métamorphique (1).

A l'extrémité orientale, dans la région vendéenne, au-dessous du Silurien fossilifère découvert par M. G. Mathieu, j'ai constaté que le *Cambrien passe à des schistes et grès épimétamorphiques, puis à des micaschistes francs.* Au Sud de l'anticlinal des Essarts, le Cambrien, qui comprend des phtanites, des cipolins (G. Mathieu) et des poudingues analogues à ceux de Gourin (M. Ters), a été transformé en micaschistes. Plus à l'Ouest, jusqu'à la presqu'île de Rhuis, *les micaschistes, parfois avec intercalation de phtanites et de cipolins (Grande-Brière), sont probablement cambriens.* Dans les Mauges, le poudingue de Saint-Hilaire-des-Bois, au Sud de Vihiers, équivalent, pour M. G. Mathieu, en 1943, à celui de Sigournais, donc acadien ou postdamien, contient de la séricite et de la biotite de métamorphisme (*pl.* 243) et semble appartenir à la série des schistes sériciteux et micaschistes. Le passage de cette série au grès armoricain m'a paru probable près de Saint-Florent-le-Vieil.

Au Nord des zones précédentes, mes observations (*loc. cit.*, 1951 et 1952) entraînent des conclusions plus précisés. Entre Teillé, Nort, Blain, Saint-Gildas-des-Bois, Saint-Dolay, Béganne, Fégréac, *le métamorphisme régional touche certainement le grès armoricain, les schistes d'Angers et le Gothlandien, avec formation de schistes et grès à séricite, souvent avec biotite microscopique, et de micaschistes francs, eux-mêmes associés à des paragneiss et à des gneiss amphiboliques au Sud de Blain et de Dreffeac.*

Sur le flanc Nord de l'anticlinal de Lanvaux, le métamorphisme touche à l'Est le Postdamien (poudingue du Dreneux et grès de Bains pro parte) *et à l'Ouest le grès armoricain, les schistes d'Angers et, très probablement, à l'Ouest de Baud, le Gothlandien* (*loc. cit.*, 1951). Par continuité, nous devons maintenant considérer *comme cambro-siluriens les micaschistes, paragneiss et le substrat des migmatites de l'Armorique méridionale jusqu'à la baie d'Audierne et aux pointes du Raz et du Van.* Dans cette région, M. Giot a admis, en 1945 et 1948, que le Cristallophyllien était en partie d'âge paléozoïque et compre-

(1) A. Demay, *C. R. Congr. géol. int. Londres*, 1948 (en impression); *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1636; 234, 1952, p. 448.

nait même du Dévonien. D'après mes recherches, les quartzites du bord Sud du synclinal de Briec prolongent, non pas les grès dévoniens, mais seulement le grès armoricain. J'ai pu suivre ces quartzites pas à pas, à l'Ouest de la voie ferrée Quimper-Châteaulin, jusqu'au Nord-Nord-Ouest de Quimper, où, avec un faciès de quartzite à muscovite, ils sont intercalés dans des micaschistes francs. En accord avec M. Giot, je considère que les lambeaux de quartzites du Juch et de Poul-David, au Sud de Douarnenez, associés aux micaschistes, en sont le prolongement. *La présence du Silurien dans le Cristallophyllien est ainsi démontrée à la pointe Ouest de la Bretagne méridionale, tout comme à l'Est, entre Baud, le Sud de Redon et Nort. Par contre, à mon sens, rien ne prouve actuellement la présence du Dévonien.*

En Armorique méridionale, le métamorphisme régional du Paléozoïque, essentiellement postérieur au Gothlandien et qui n'a pu se produire que sous une charge dévonienne ou dinantienne, *prend en écharpe les zones structurales.* Le Cambrien est presque partout légèrement métamorphique. Le passage aux micaschistes francs apparaît au Sud d'une ligne qui va de Douarnenez au Faouët, à Locminé, suit l'axe de l'anticlinal de Lanvaux, puis passe au Sud de Saint-Gildas, à Blain, Ancenis, Chalonnes et Thouarcé. Le métamorphisme du Silurien apparaît au Sud de la ligne Douarnenez, Baud, Malestroit, Fégréac au Sud de Redon, Sud de Nozay, Teillé, à la lisière Nord du noyau synclinal d'Ancenis. Le passage à des micaschistes francs a lieu, au moins jusqu'à Nort, au Sud de la même ligne que pour le Cambrien. Mais on retrouve, plus au Sud, une zone silurienne épargnée dans le synclinorium de Chantonnay.

L'existence de galets ou microgalets de schistes sériciteux prouve, en quelques points, *un métamorphisme antérieur à l'Acadien, mais qui a été largement débordé par le métamorphisme hercynien.*

En Armorique septentrionale, le Cambrien, à l'exception du Géorgien, parfois légèrement métamorphique, est intact, ainsi que tous les termes supérieurs. Le Léon, où MM. P. Pruvost, G. Waterlot et P. Comte ont mis en évidence, en 1943, le métamorphisme du Dévonien, est une exception remarquable, peut-être directement liée à des phénomènes magmatiques.

La zone paléozoïque métamorphique de l'Armorique méridionale se prolonge dans la zone paléozoïque métamorphique du Massif Central, qui, comme je l'ai montré dès 1932, dessine *un grand arc, convexe vers le Sud, au Sud de la zone précambrienne du Nord du Massif,* et comprend, presque certainement, du Silurien dans le Bas-Limousin, comparé déjà à l'Armorique par M. G. Mathieu, et du Cambro-Silurien au Sud du Rouergue et dans les Cévennes méridionales. En 1934, j'avais noté le métamorphisme régional de l'Ordovicien dans les Pyrénées, métamorphisme observé par la suite jusque dans le Dévonien (P. Hupé, 1947). La découverte du Silurien métamorphique

des Maures par H. Schoeller a renforcé mon interprétation. Dans le Forez et le Lyonnais, j'ai montré, en 1948, que la présence de Dévonien métamorphique est probable. Enfin, j'avais signalé aussi en 1934 que la zone moravique, avec son Dévonien métamorphique, occupe une position analogue dans la partie Est de la chaîne hercynienne d'Europe.

Ces faits sont aussi importants pour la chaîne hercynienne que l'existence du Cambro-Silurien métamorphique dans la chaîne calédonienne de Scandinavie et celle du Mésozoïque et Cénozoïque métamorphiques dans la chaîne alpine.

MÉTALLOGÉNIE. — *Découverte de l'uranium dans les niveaux phosphatés du Maroc.* Note (*) de MM. **André Lenoble, Henri Salvan** et **Valéry Ziegler**, présentée par M. Paul Fallot.

Une série de mesures de la densité des rayonnements β et γ dans les bassins phosphatiers du Maroc a permis de déceler la liaison constante d'une forte radioactivité avec les niveaux phosphatés.

L'intensité des rayonnements est d'autant plus grande que la couche phosphatée est plus ancienne.

En 1934, M. C. Arambourg découvrait un minéral jaune verdâtre, sous forme d'imprégnation ou de remplissage de fissures dans les bancs calcaires ou siliceux des formations phosphatées des régions d'El Borouj et de Louis Gentil. Ce minéral étudié par M. J. Orcel, appartient au type tiuyamunite ou ferghanite [1].

En 1950, l'un de nous (V. Z.), en compagnie de M. P. Bourrieau, observait que les niveaux phosphatés éocènes des régions de Medinet et d'Amismiz dans l'Atlas de Marrakech, présentaient une radioactivité légèrement supérieure à celle des formations marno-calcaires encaissantes.

En octobre 1951, nous mettions en évidence une très forte anomalie de la densité des rayonnements β et γ sur les couches phosphatées maestrichtiennes des régions de Chichaoua et d'Imi n'Tanout.

Des observations analogues ont été faites à Louis Gentil, dans les phosphates montiens, et à El Borouj, dans les phosphates maestrichtiens, thanétiens et yprésiens.

Il en résulte que la radioactivité semble se cantonner *exclusivement dans les niveaux phosphatés*. Par ailleurs, nous avons constaté qu'elle est d'autant plus forte que les couches sont plus anciennes.

Enfin, à Khouribga, dans les phosphates maestrichtiens, thanétiens et yprésiens, les premières observations effectuées en compagnie de M. P. Bour-

(*) Séance du 18 février 1952.

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1635.

rieau, ont montré que, dans cette région, la radioactivité croît du toit au mur des couches phosphatées. Elle varie aussi latéralement, mais sa variation est assez faible.

Des analyses effectuées aux laboratoires du Commissariat à l'Énergie Atomique ont démontré que la radioactivité des phosphates est due à l'uranium.

Une série d'échantillons prélevés dans les régions précédentes a été étudiée au laboratoire par M[lle] A. Suter, au moyen d'un compteur intégrateur. Les valeurs obtenues pour les teneurs en uranium confirment les observations faites sur le terrain.

Les faits signalés plus haut permettent de penser que l'uranium des vanadates, signalés par MM. C. Arambourg et J. Orcel, provient du lessivage des niveaux phosphatés.

GÉOPHYSIQUE. — *Compensation isostatique de masses légères situées au-dessous du géoïde. Application à l'interprétation des anomalies isostatiques du Bassin parisien.* Note (*) de M[lle] **Suzanne Coron**, présentée par M. Pierre Lejay.

Les géodésiens calculent généralement les anomalies isostatiques de la pesanteur en corrigeant les valeurs observées, de l'action des masses superficielles situées au-dessus du géoïde (densité $d = 2,67$) et de leur compensation isostatique. Pour permettre une interprétation géologique générale correcte, il conviendrait, de plus, de tenir compte, le cas échéant, des irrégularités de densité non seulement des masses topographiques, mais aussi des terrains situés à des niveaux inférieurs et de leur compensation.

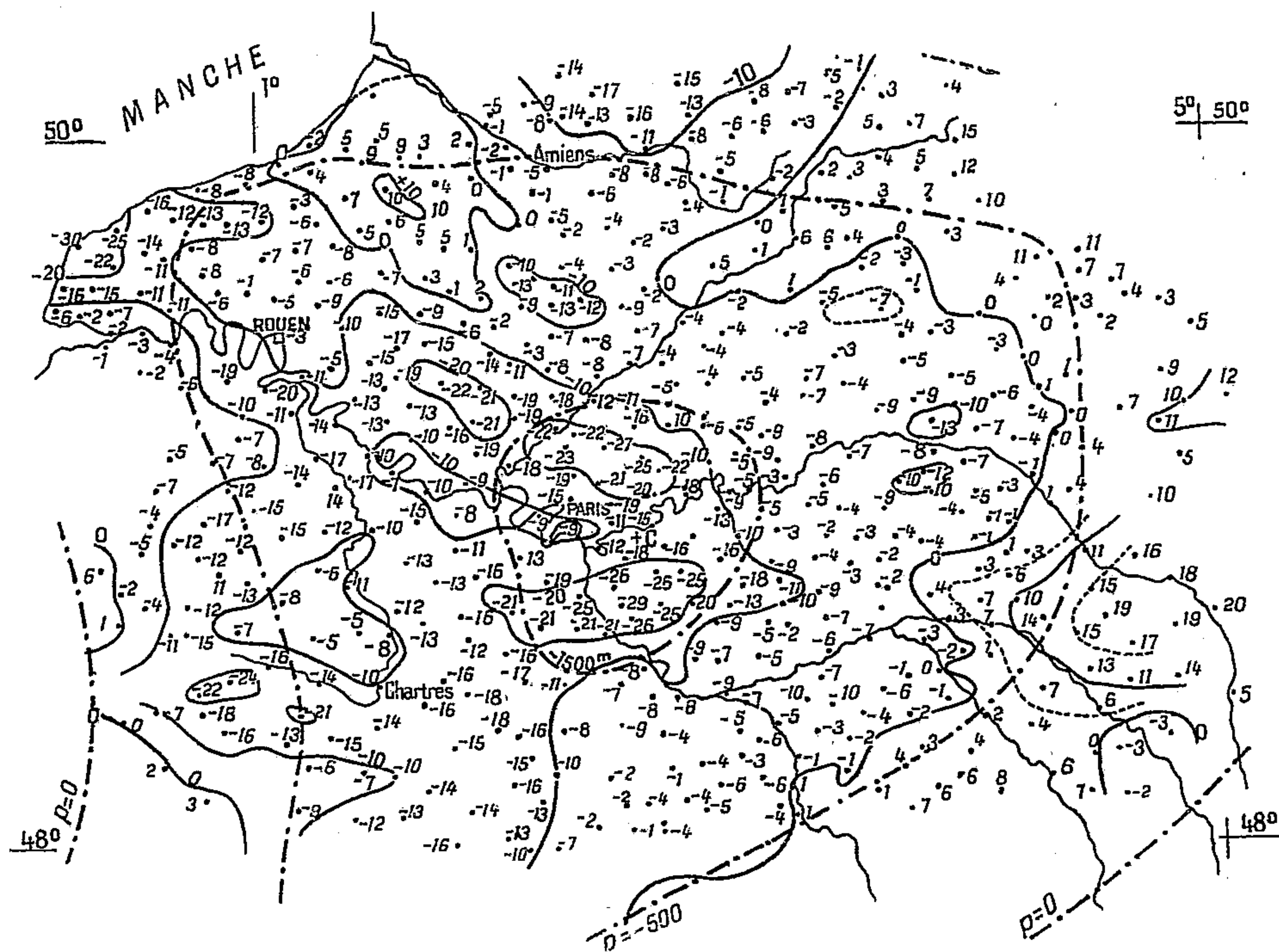
Cette « correction géologique » comprendra en particulier l'action superficielle déficitaire des sédiments légers de densité d' et l'action antagoniste plus lointaine, mais plus capricieuse, de la couche de compensation correspondante d'épaisseur t', à une profondeur voisine de T, dans l'hypothèse d'Airy [si D est la densité du magma, $t' = [d'(h+p) - d]/(D - d)$].

Quelques cas simples calculés à l'aide des Tables de Cassinis révèlent l'importance non pas tant de la masse totale des sédiments que de sa répartition et de ses dimensions relatives.

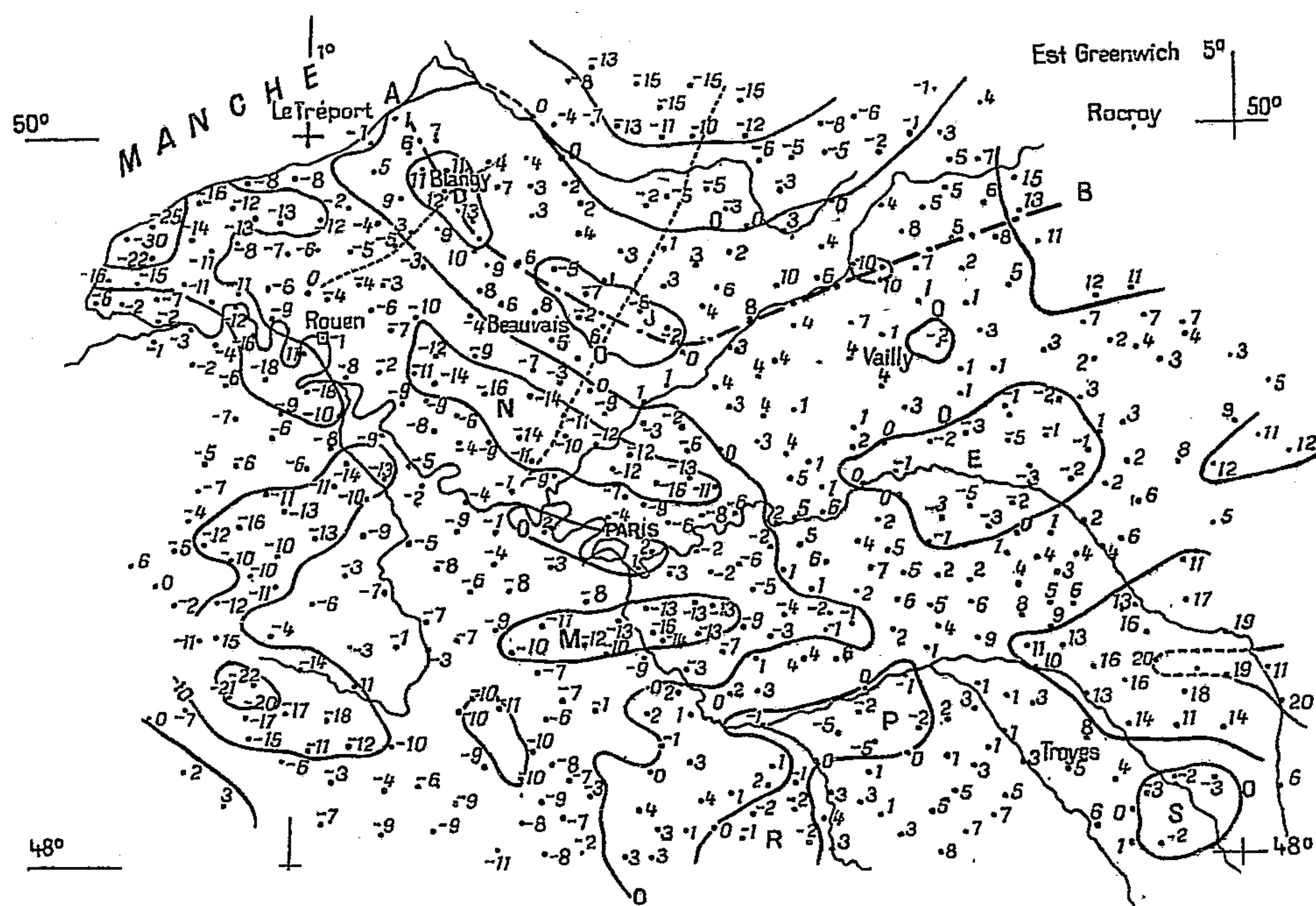
Action d'une couche compensée, cylindrique, homogène, de densité d', d'épaisseur p, de rayon r, sur un point de son axe.

r (km).............	12.	19.	29.	59.	166.	
Pour T = 20 km.....	−34	−28	−22	−13	− 5	$p(d-d')$ mgal
» T = 60 km.....	−38	−37	−36	−29	−15	$p(d-d')$

(*) Séance du 11 février 1952.



Carte I. — Anomalies isostatiques selon Airy. T = 40 km.



Carte II. — Anomalies isostatiques corrigées de l'influence générale des sédiments.

L'action des fosses sédimentaires de très faible rayon ne s'exprime pas linéairement en fonction de p.

Action de sédiments de densité 2,3 disposés dans une cuvette régulière compensée, de profondeur p au centre, de rayon R, à diverses distances l du centre.

	Si $p=2$ km,		$R=200$ km.		Si $p=1$ km,		$R=50$ km.	
l (km).........	0.	120.	200.	240.	0	30.	50.	70.
Pour $T=20$ km.	−7	−3	+3	+0,5 mgal	−9	−5	+1	+0,5 mgal
» $T=60$ km.	−16	−7	+3	−1	−13	−8	+0,5	+0,5

Dans le premier cas, les anomalies négatives, évidemment limitées au contour de la fosse, sont entourées par une ceinture d'anomalies positives dont le maximum est variable suivant p et r; dans le deuxième cas, la ceinture positive sera à l'intérieur du cercle de rayon R et les anomalies au centre seront beaucoup plus faibles que dans le premier cas (pour la même valeur de p sur cet axe de symétrie).

Il sera également intéressant de noter que les corrections dues à une bande indéfinie enfouie par exemple à environ 1,5 km de profondeur, d'une largeur l (voisine de 20 km), remplie de sédiments légers ($d'=2,3$), sont pratiquement limitées à l et égales, quelles que soient les variations de l, à 6 mgl pour 500 m de puissance. L'action de la compensation, peu importante, même au centre de la bande, est de l'ordre de 1 mgl à quelque 20 km de cette couche.

Nous appliquerons ces remarques aux anomalies isostatiques du centre du Bassin Parisien, que nous avons tout d'abord calculées par la méthode classique, à partir du Catalogue des bases gravimétriques de France (carte I). Les corrections correspondant à l'action totale de sédiments de densité 2,3 disposés dans une sorte de cuvette au contour plus ou moins régulier déduit des données géologiques, nous conduisent à la répartition des anomalies de la carte II dont nous ferons ultérieurement l'analyse.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'hétérosis du Maïs hybride.* Note de MM. **Jules Carles, Louis Soubiès, Roger Gadet** et **Pierre Maury**, présentée par M. Raoul Combes.

L'hétérosis exalte la vigueur végétative en équilibrant les parties de la plante aux dépens de l'équilibre protidique.

L'un des hybrides américains les plus répandus dans nos champs de Maïs est le *Wisconsin* 416 qui provient d'une double hybridation (M 13 × W 9) × (374 × 153). Nous avons cultivé côte à côte, sur bonne terre, avec une densité normale de 31 250 pieds à l'hectare, les quatre lignées pures, les deux hybrides, le double hybride et la variété indigène

la plus commune, la « Millette du Lauraguais » qui sert de terme de référence plutôt que de témoin, car elle n'appartient pas au type américain « Dent de cheval ».

Évaluée en matière sèche, la récolte (moyenne de plus de 50 pieds) nous permet de comparer en détail ces huit types de Maïs dans la proportion de leurs différentes parties par rapport à l'ensemble de la plante.

	M13.	W9.	374.	153.	13×9.	374×153.	416.	Millette.
Poids total en grammes ..	186	176	213	169	296,5	284,5	338	330
Poids des grains.........	68,5	86	112	90	153,5	144	172,5	140
Proportion % d'ensemble :								
des racines............	15,6	11,8	7	10,7	8,7	8,1	9,3	7,6
des tiges..............	13,3	14,7	9,7	8,9	13,1	11,9	14,3	16,6
des feuilles...........	8	6,1	7,5	8,6	6,8	5,6	7,8	14
des épis (ensemble)....	63	67,5	75,8	71,7	71,3	74,4	68,6	61,8
Rafle..................	12,9	8,9	11,6	11,2	9,8	12,2	11,4	7,8
Grains.................	37	49	52,5	53	51,6	50,6	51	42,5

Les lignées pures, en « spécialisant » la plante, la déséquilibrent et diminuent sa vigueur. Proportionnellement à l'ensemble de la plante, la première lignée possède la plus forte racine, la plus grande rafle et le moins de grains; la deuxième, la plus forte tige et la plus faible rafle; la troisième, la plus faible racine et les plus grands épis; la quatrième enfin, la plus faible tige, le plus important feuillage et le plus de grains.

L'hybridation brasse le patrimoine héréditaire pour aboutir à un descendant plus ou moins intermédiaire, mais ici l'hétérosis intervient qui surexcite d'autant plus la vigueur végétative que les parents sont plus différents. L'hybride M 13 × W 9 parvient à un poids total de 64 % supérieur à la moyenne de ses deux parents. Le poids des racines semblait prévisible (25,7 g intermédiaire entre 29,1 g et 20,8 g) mais tout le reste a prodigieusement augmenté, surtout les parties relativement les plus faibles, les grains en particulier (98,5 % d'augmentation). Il en résulte une normalisation, un retour vers l'équilibre des parties caractéristiques de la population mendélienne qui compose la variété.

Des remarques tout à fait similaires s'imposent pour les deux autres lignées pures, chez qui cette fois la partie végétative était sacrifiée à la partie reproductrice.

Les deux hybrides sont beaucoup plus semblables que ne pouvait le faire prévoir la considération de leurs parents : l'hétérosis a tout submergé. Les gènes n'en restent pas moins très différents et c'est pourquoi le croisement de ces deux hybrides hétérosiques provoque une nouvelle hété-

rosis qui cette fois n'affectera pas l'épi devenu normal grâce à l'hétérosis précédente (51 % de l'ensemble en grains et 11 % en rafle), mais, par rapport aux deux parents, la partie végétative surtout augmente sa proportion et son poids : les racines pèsent 28 % de plus, les tiges 43 % et les feuilles 45 %. Le poids sec de la Millette est atteint, mais avec ses grains volumineux (330 mg environ au lieu de 240) le double hybride produit 23 % de grains en plus, mais 26 % de fourrage en moins.

Ces effets s'accompagnent d'assez curieuses variations du métabolisme, celui des protides d'abord.

Le double hybride et ses parents (à l'exception de M 13 trop pauvre en grains) fixent dans leur pied mûr une proportion globale de protides très homogène (7,60 à 7,85 % du poids sec), tandis que la Millette atteint 8,70 % : pour une même quantité de grains, les hybrides économisent 25 à 28 % d'azote.

	M13.	W9.	374.	153.	13×9.	374×153.	416.	Millette.
Protides % de sec :								
racines	4,93	4,3	4,5	4,18	3,95	5,06	4,13	4,5
tiges	6,0	3,5	4,63	5,06	3,95	4,63	4,05	5,5
feuilles	6,31	7,12	5,43	6,8	6,8	6,2	6,5	9,95
rafle	1,94	2,75	1,87	1,87	1,94	1,94	2,25	2,25
grains	11,3	11,3	11,4	10,5	11,2	11,05	11,5	12,5
Protides tot. d'un pied (g).	13,2	13,6	16,8	12,8	22,5	21,6	26,4	28,7
» % d'ensemble...	7,05	7,7	7,85	7,6	7,6	7,6	7,8	8,7

Cette homogénéité globale recouvre une grande variété de répartition : les deux premières lignées pures par exemple, identiques dans leurs grains (11,3 % de protides) diffèrent profondément dans leur rafle (1,94 et 2,75 %) et dans leur tige (6,0 et 3,5 %). Le sursaut hétérosique de végétation provoque dans l'hybride un besoin accru d'azote dont la proportion baisse partout sauf dans les feuilles.

Le deuxième croisement, où baisse la proportion des grains principal réservoir des protides, voit augmenter l'azote partout, sauf dans la tige. Le double hybride augmente encore cette proportion, surtout dans l'épi, mais la partie végétative croît encore plus vite que sa teneur en azote : l'hétérosis détermine ici une augmentation globale d'un sixième tandis que les protides augmentent d'un quart.

Ainsi, l'hétérosis a pour conséquence une diminution des protides dans toutes les parties de la plante qui se sont accrues par rapport à l'ensemble : l'accroissement végétatif est plus rapide que l'accroissement protidique. L'azote, bien qu'il soit l'un des premiers éléments acquis par la plante et l'un des plus mobiles, ne s'ajuste pas au développement hétérosique : l'hétérosis entraîne un déséquilibre azoté. La stabilisation ultérieure et l'ajustement général s'accompagneront d'une baisse de vigueur.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'influence de la dessiccation des semences de Blé printanisé sur le développement des plantes qui en proviennent.* Note de M. **Roger David**, présentée par M. Henri Devaux.

Lorsqu'on dessèche dans le vide ou à l'air, des semences printanisées de Blé jusqu'à ce que leur teneur en eau devienne voisine de celle qu'elles possédaient avant le traitement de printanisation, on ne provoque pas leur déprintanisation, mais on retarde légèrement le développement des plantes qui en proviennent.

Au cours de nos recherches sur la printanisation des végétaux (1) nous avons constaté que la présence de l'eau absorbée par les semences et nécessaire pour leur traitement présente ensuite des inconvénients pour leur transport sur le lieu du semis. En effet, après leur sortie de la chambre froide, les graines très hydratées germent rapidement et souvent se couvrent de moisissures. Les jeunes plantules peuvent être ainsi détériorées.

Pour supprimer ces inconvénients, il faut dessécher les semences après le traitement. Or, divers auteurs et notamment Gregory et Purvis (2) ont constaté que la dessiccation à l'air provoque, suivant sa durée, une déprintanisation plus ou moins accentuée. Le phénomène de déprintanisation par la chaleur ayant d'ailleurs donné lieu à une controverse (3), il nous a paru nécessaire de nous assurer de l'influence qu'exerce la dessiccation des semences printanisées de Blé Vilmorin 27 sur le développement des plantes qui en proviennent.

Certains lots de semences ont été desséchés dans le vide à 15° C en présence de chlorure de calcium, d'autres à l'air à l'étuve à 25° C.

Dans le vide (4) les semences printanisées (5) (teneur en eau : 65% de leur poids sec) se déshydratent tout d'abord rapidement (eau : 26 % au bout de 8 h; 18 % après 23 h) puis beaucoup plus lentement (17 % pour 32 h; 15 % au bout de 72 h de séjour) lorsque leur teneur en eau est devenue voisine de la teneur normale de la semence mûre non traitée.

Le pouvoir germinatif n'est réduit que pour de longues durées de dessiccation (50 à 72 h); il l'est d'autant plus que la plantule des semences printanisées s'est accrue davantage. Ainsi, lorsque la longueur du coléoptile des plantules est de 0,8 mm, une dessiccation de 65 h dans le vide ne modifie pas le pouvoir germinatif (98 %); le même traitement diminue fortement le pouvoir germinatif (40 %) lorsque la longueur du coléoptile des graines desséchées atteint 8 mm.

(1) *Année biologique*, 26, 1950, p. 413.
(2) *Ann. of Bot.*, 2, 1938, p. 244.
(3) Duperon, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1053.
(4) Réalisé à l'aide d'une trompe à eau.
(5) Pendant quatre semaines.

En outre, la germination reprend d'autant plus rapidement que la dessiccation est moins poussée et que la plantule est moins grande.

Après dessiccation dans le vide pendant 15, 30 mn, 1, 3, 5, 15, 20, 27 h, divers lots de semences printanisées pendant 4 et 5 semaines (longueur du coléoptile : 1 mm environ) ont été semés respectivement le 4 avril et le 10 avril 1951 en même temps que des lots de semences printanisées non desséchées et des lots non printanisés. La teneur moyenne en eau de ces semences était respectivement en pour-cent du poids sec : (printanisation : 4 semaines; semis du 4 avril) : 63, 62, 52, 49, 37, 27, 23, 20, 64, 15 %.

Les teneurs en eau étaient analogues pour l'expérience du 10 avril (printanisation : 5 semaines).

Le développement des plantes provenant de ces semences s'est effectué de la manière suivante. Les plantes non printanisées ne montent pas. Tous les sujets printanisés provenant de semences non desséchées montent le 19 juin, tandis que quelques plantes seulement provenant de semences desséchées montent à cette date. Ce phénomène se généralise ensuite.

L'épiaison, l'apparition des étamines et la maturation des caryopses sont retardées de quelques jours (5 à 10 jours) chez les sujets printanisés provenant de semences desséchées : ce retard est particulièrement net pour des dessiccations de 20 à 27 h. Ainsi, le 12 août, les caryopses des plantes correspondant à cette durée de traitement ont encore un contenu laiteux alors que tous les autres sont mûrs.

Après la récolte, nous avons noté la longueur du chaume, la longueur de l'épi, le nombre de graines par épi, le poids moyen d'un grain. Toutes ces caractéristiques sont analogues pour les divers sujets printanisés provenant de semences desséchées ou non. Elles ne sont que très légèrement réduites pour des durées de 20 et 27 h de dessiccation.

Pour le semis du 10 avril, les résultats obtenus ont été semblables aux précédents.

A l'étuve à 25° C, dans une première expérience, les durées de dessiccation à l'air ont été : 2, 4 et 6 semaines. La teneur moyenne en eau des semences printanisées [6] était après ce traitement : 19, 17 et 14 %. Les semis ont été effectués le 4 avril. Nous avons constaté que, comme précédemment, la dessiccation provoque un retard à la montée, à l'épiaison, à la floraison et à la maturation, mais ces retards ont été légèrement plus grands que dans le cas de la dessiccation dans le vide même pour les plus longues durées.

A la récolte, la longueur de l'épi, le nombre et le poids des grains par épi ont été aussi légèrement réduits, mais le poids moyen des grains a été sensiblement le même que précédemment.

Dans une deuxième expérience où les durées de dessiccation ont été

[6] Pendant quatre semaines.

de 3, 5, 7 semaines (semis : 10 avril) nous avons obtenu des résultats analogues.

En résumé : dans ces diverses expériences la dessiccation des semences n'a pas provoqué de phénomène important de déprintanisation puisque, seules, les plantes provenant de semences non printanisées sont restées acaules et stériles. Toutes les autres plantes issues de semences printanisées (pendant 4 ou 5 semaines), *desséchées* ou *non*, ont présenté un tallage normal et ont fructifié. Toutefois, la dessiccation dans le vide à 15° C (durée : 30 mn à 27 h) a retardé sensiblement le développement du Blé et il en a été de même de la dessiccation à l'air à 25° C pendant 2 à 7 semaines.

BOTANIQUE. — *Sur la nature de l'aiguillon dans l'aréole du* Pereskiopsis Diguetii *Br. et R.* Note de M. **Lucien Plantefol**, présentée par M. Roger Heim.

L'aiguillon de *Pereskiopsis Diguetii* Br. et R., sans rapport avec le point végétatif de l'aréole, ne saurait être une feuille. C'est un premier argument contre la valeur foliaire des aiguillons chez les Cactées.

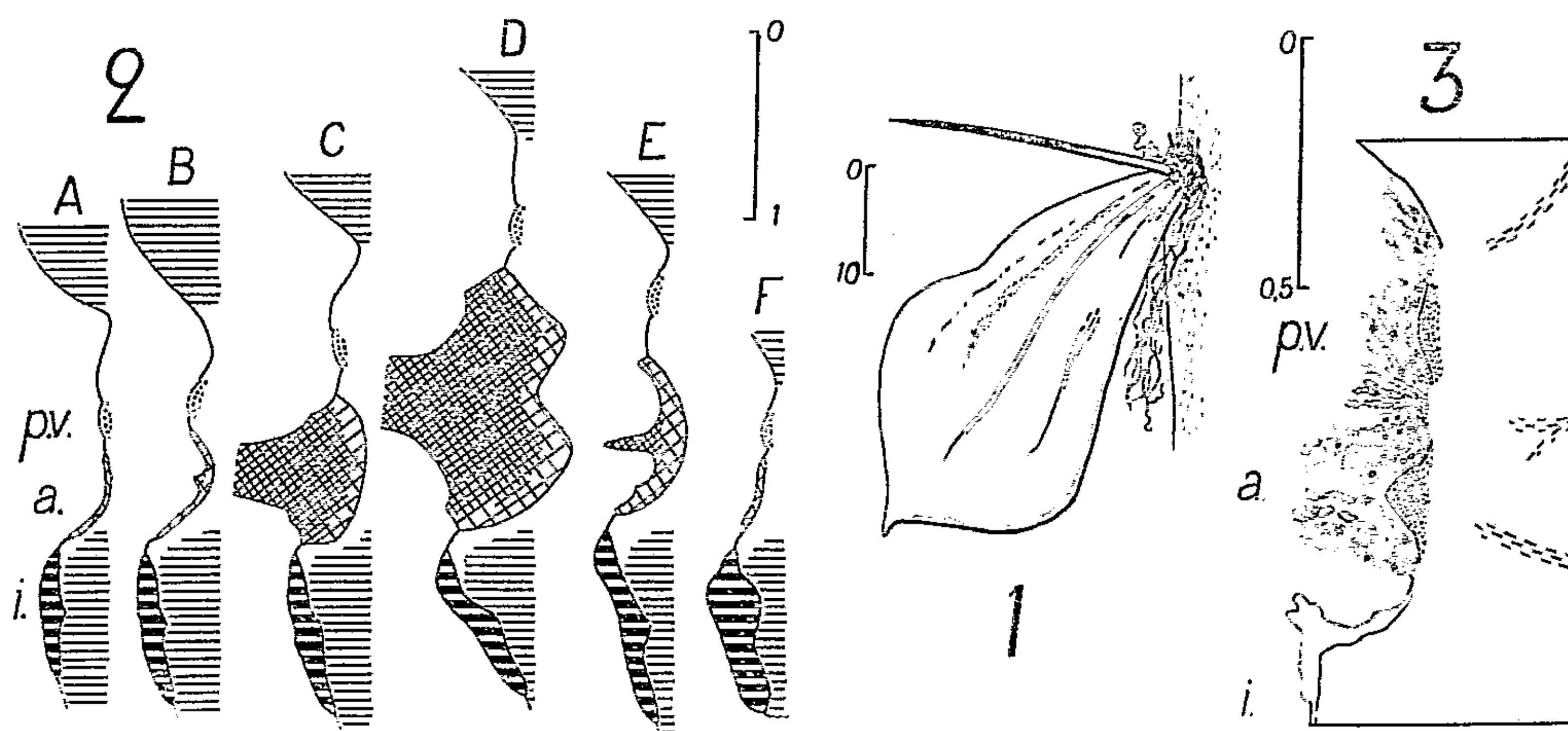
La théorie des hélices foliaires multiples a eu recours à des exemples empruntés à divers types de Cactacées. Une côte de *Cereus* matérialiserait une hélice foliaire et serait formée par la fusion des feuilles, ou au moins des segments foliaires, se suivant le long de la même hélice redressée en orthostique.

La notion de feuilles est très controversée chez les Cactacées du fait de la présence des aiguillons qui, depuis les études ontogéniques de Kauffmann [1], sont généralement interprétés comme des feuilles modifiées. Avec K. Gœbel [2], l'expérimentation a voulu apporter une démonstration de cette thèse : chez les *Pereskia*, Cactées où la feuille à limbe charnu ne peut prêter à confusion, la section de rameaux très jeunes amène le développement de feuilles « où on aurait attendu des aiguillons » et la section de rameaux âgés, dont les aréoles comportent déjà des aiguillons, est suivie du développement d'un rameau latéral, qui serait, suivant Gœbel, à l'aisselle d'un aiguillon. Les études récentes de Leinfellner [3], reprenant la méthode ontogénique, confirmeraient l'interprétation de Kauffmann et la conclusion de Gœbel. Aucune de ces recherches n'ayant une force probante décisive, il était nécessaire de revenir sur le sujet.

---

(1) *Bull. Soc. Imp. Natur.*, Moscou, 32, 1859, p. 585-603.
(2) *Pflanzenbiologische Schilderungen*, Marburg, 1889, p. 73.
(3) *Oesterr. Bot.*, 86, 1937, p. 1-60.

J'ai choisi d'abord un exemple appartenant au genre *Pereskiopsis*, détaché par Britton et Rose du grand genre *Pereskia* Miller. Le *Pereskiopsis Diguetii* Britton et Rose présente, à la base de chacune de ses feuilles (*fig.* 1), une aréole pileuse du centre de laquelle peut émerger un long aiguillon droit. Cet aiguillon, très généralement unique, se développe très tôt pendant la croissance du rameau portant la feuille. Les aréoles formées au début et en fin de la végétation annuelle ne comportent pas d'aiguillon visible hors du feutre de l'aréole.



1. Une feuille de *Pereskiopsis Diguetii* située au tiers supérieur de la pousse annuelle : limbe, aréole emplie d'un feutre de poils courts d'où sortent au centre un long aiguillon, sur les bords de très longs poils et quelques glochides. — 2. Coupe longitudinale schématique de 6 aréoles échelonnées du bas de la pousse annuelle (A) jusqu'au haut de celle-ci (F), après la fin de la croissance. P. V. point végétatif de l'aréole toujours également dormant; *a*, plaque de liège au centre de laquelle s'érige, en B et E, un aiguillon, plus ou moins tôt avorté, en C et D, un aiguillon incomplètement et complètement développé. Pas d'aiguillon en A et F; *i*, liège de chute de la feuille, maintenant tombée. — 3. Coupe d'une aréole jeune, au moment du début de la croissance de l'aiguillon. En ponctué, zones méristématiques.

La comparaison de diverses aréoles échelonnées le long de la pousse annuelle (*fig.* 2) établit les faits suivants :

Toute aréole axillaire d'une feuille développée comporte à peu près suivant l'axe de la dépression aréolaire : 1° au contact immédiat de la cicatrice laissée par le pétiole foliaire, une plage de liège d'importance très variable en surface et en épaisseur, au centre de laquelle se trouve l'aiguillon, développé ou plus ou moins tôt avorté; 2° au delà de cette plage un petit massif de cellules méristématiques aplati superficiellement constituant un point végétatif.

Le point végétatif de l'aréole demeure d'abord dormant. C'est lui qui, surtout à la reprise de la végétation, peut se développer en un rameau latéral. A défaut de quoi, sur un axe âgé de deux ans, il a très sensiblement les mêmes caractères qu'au moment où il a été formé.

Si l'aiguillon était de nature foliaire, il devrait, sans doute, être la première feuille formée par ce point végétatif. Il devrait donc, lorsqu'il est très jeune encore, étant constitué par des cellules qui ne sont pas sans analogie avec celles, méristématiques, que présente le point végétatif lui-même (*fig.* 3), être en relation avec celui-ci. Or, il ne m'a jamais été donné de constater chez le *Pereskiopsis Diguetii* une continuité de cellules méristématiques entre primordium d'aiguillon et point végétatif, comme on constate toujours une continuité entre un primordium foliaire et le point végétatif qui l'a produit. Au contraire, aiguillon et point végétatif, presque également sans soubassement méristématique à ce stade, sont séparés par un tissu parenchymateux portant, à mi-distance, des poils que leurs caractères de colorabilité révèlent déjà vieillis. Cette disposition témoigne qu'il n'y a eu aucun rapport entre le point végétatif et l'aiguillon.

Ces faits permettent d'assurer que l'aiguillon de *Pereskiopsis Diguetii* n'a nullement la valeur foliaire que l'on prête généralement aux aiguillons de Cactées, en en faisant l'équivalent d'une feuille. Mais ils laissent comme possibilité que l'aiguillon, intercalé entre la feuille et son bourgeon axillaire, soit simplement une partie différenciée de la feuille à la base de laquelle il se trouve.

ALGOLOGIE. — *La structure du noyau et le cycle nucléaire chez le* Porphyra linearis *Greville*. Note de M. **Francis Magne**, présentée par M. Roger Heim.

Le noyau du *Porphyra linearis* Greville est du type réticulé, et possède quatre chromosomes à l'état haploïde. Sa mitose est normale. Enfin, contrairement à l'opinion admise, la réduction chromatique ne se produit pas à la formation des carpospores.

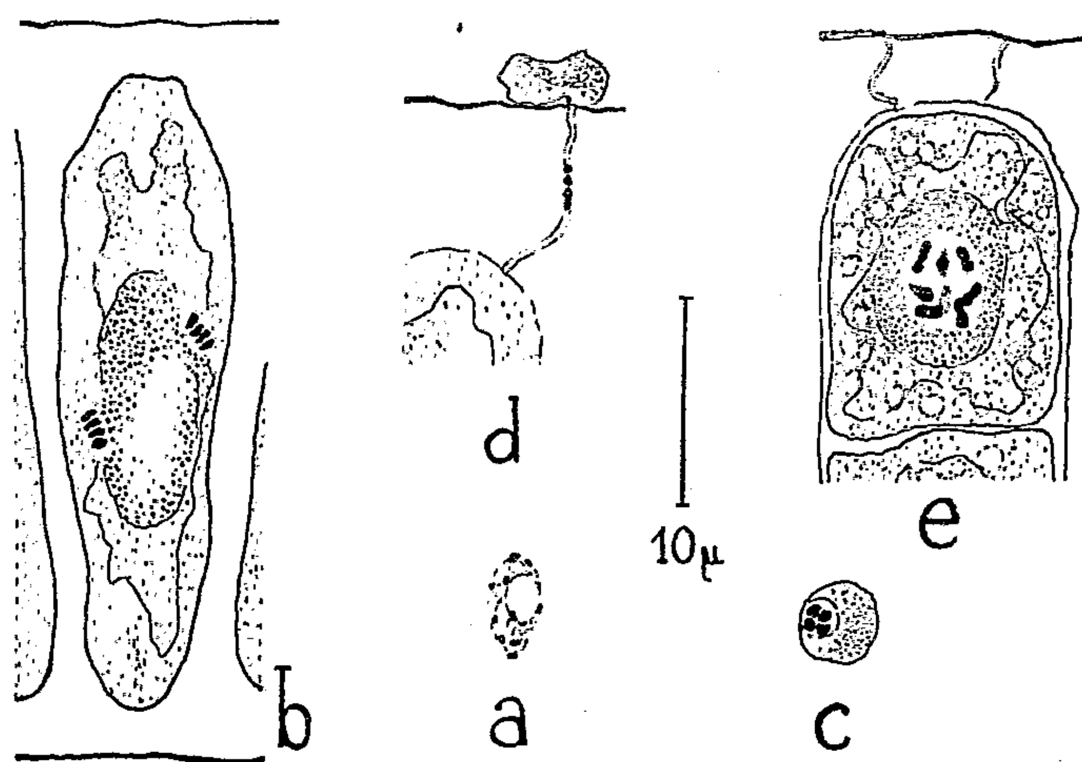
Jusqu'à présent, l'étude du noyau des *Porphyra* a fait l'objet de deux travaux dont les conclusions sont contradictoires. Pour Ischikawa [1] le noyau est homogène, et sa division, d'un type spécial intermédiaire entre amitose et mitose vraie, montre trois chromosomes incomplètement séparés. Pour P. Dangeard [2] au contraire, le noyau, bien que petit, est normal (Ischikawa n'en aurait vu que le nucléole) et sa division est une mitose typique avec fuseau et centrosomes, au cours de laquelle on peut distinguer deux chromosomes quand il s'agit de mitose somatique. Ces deux auteurs ont pratiqué les méthodes de coloration à l'hématoxyline. Celles-ci, du fait de la petitesse et de la position particulière du noyau, situé contre le pyrénoïde et entre les branches d'un chromatophore for-

---

(1) *Bot. Magaz.*, Tokyo, 35, 1921, p. 206.
(2) *Le Botaniste*, 18, 1927, p. 183.

tement sidérophile, présentent des difficultés considérables. L'application de la réaction nucléale de Feulgen, que j'ai utilisée, donne au contraire des préparations très lisibles qui permettent d'apporter les précisions suivantes.

Le *noyau somatique* présente une structure réticulée à chromocentres avec gros nucléole. Il est donc d'un type normal, et il en est de même de la *mitose somatique*; celle-ci montre, en fin de prophase et en anaphase surtout, un stock de quatre chromosomes bien séparés et normaux. C'est là le nombre haploïde de chromosomes qu'on retrouve dans la spermatie mûre qui, tout comme les spermaties des Floridées, est porteuse d'un noyau en prophase au moment où elle est libérée; cette structure se retrouve même, comme on pouvait s'y attendre, pendant la fécondation.



a, noyau somatique en intercinèse; *b*, anaphase somatique; *c*, spermatie mûre; *d*, noyau mâle gagnant le carpogone, pendant la fécondation; *e*, fin de prophase au cours de la seconde division de l'œuf.

Le *zygote* issu de la fécondation de la cellule carpogoniale possède un noyau du même type que celui des cellules somatiques, mais où la quantité de chromatine est sensiblement le double de ce qu'elle est dans ces dernières. Après un certain temps d'inactivité, cet œuf entre en divisions, subit successivement quatre de celles-ci, ce qui conduit à l'obtention de 16 cellules qui, libérées, forment autant de carpospores. On a toujours admis, à la suite de Kylin ([3]), que la réduction chromatique s'effectuait au cours des premières de ces divisions, mais ceci sans aucune preuve décisive. En réalité, comme le prouve nettement un examen attentif des lignées carpogoniales, les caryocinèses y sont normales et non réductionnelles. La quantité de chromatine du noyau au repos d'une cellule quelconque des stades 2, 4,

([3]) *Arkiv. f. Bot.*, 17, n° 5, 1922.

8 ou 16 est équivalente à celle du noyau de l'œuf n'ayant subi encore aucune division; on ne rencontre pas de stades prophasiques caractéristiques d'une méiose; au cours de la première division de l'œuf, les chromosomes au nombre de 8 (stock diploïde) sont distincts sur la plaque métaphasique, et non appariés; enfin et surtout, les images de fin de prophase, au cours de la division des cellules déjà parvenues aux stades 2 ou 4, montrent toujours un ensemble de 8 chromosomes et sont donc encore, elles aussi, diploïdes.

Il faut reconnaître toutefois que ce résultat manque de généralité. Je n'ai en effet examiné qu'un seul individu récolté en décembre dernier à Roscoff, me réservant de poursuivre l'étude sur d'autres thalles et d'autres espèces. Le seul thalle étudié jusqu'à présent a pu en effet être le siège d'une apoméiose. Mais si l'on excepte cette dernière possibilité, assez peu probable, un nouveau problème se trouve posé, celui de la phase de la méiose dans le cycle de développement des *Porphyra*.

Ce cycle n'est lui-même qu'imparfaitement connu. La majorité des auteurs qui ont cultivé des carpospores ont constaté que celles-ci, contrairement aux monospores, ne donnent pas naissance à un thalle de *Porphyra*, mais à un système de filaments ramifiés. Certains considèrent ces derniers comme un simple protonéma (P. Dangeard, *loc. cit.*). Pour d'autres [Kylin, *loc. cit.*, Rees (4), K. M. Drew (5)], c'est un thalle distinct, producteur de monospores. K. M. Drew (*loc. cit.*) pense même pouvoir identifier ce dernier à un *Conchocelis*, genre produisant des monospores dont on ignore le développement. Il conviendra donc de rechercher où, dans un tel cycle, se place la réduction chromatique.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action de l'acide 2.4-dichlorophénoxyacétique sur les spores de* Marchantia polymorpha *L.* Note de Mlle **Jacqueline Rousseau**, transmise par M. Robert Courrier.

A la concentration de 10^{-4} l'acide 2.4-dichlorophénoxyacétique retarde la germination des spores de *Marchantia polymorpha* L. et provoque la formation sur le protonéma de massifs mûriformes le plus souvent pédicellés.

Les formations spéciales induites par l'acide 2.4-dichlorophénoxyacétique sur les propagules de *Marchantia polymorpha* (1) nous ont incitée à étudier l'action de cette substance sur les spores de la même Hépatique.

---

(4) *Ann. Bot.*, N. S., 4, 1940, p. 669.

(5) *Conchocelis*-phase in the life-history of *Porphyra umbilicalis* (L. Kütz), *Nature*, 164, 1940, p. 748.

(1) J. Rousseau, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 749.

Les cultures sont faites dans des boîtes de Pétri sur papier filtre imbibé d'une solution minérale et de 2.4-D aux concentrations de 10^{-4} à 10^{-7} et de la solution minérale seule, pour les témoins. Les boîtes de Pétri sont placées devant une fenêtre exposée au Nord à la température de 15° à 16°.

L'examen microscopique bi-hebdomadaire des cultures nous permet de suivre l'action du 2.4-D sur la germination des spores. Le 2.4-D ne modifie pas l'aspect des protonémas, mais il retarde seulement leur formation : l'inhibition ne dure que quelques jours à 10^{-7} et se prolonge pendant 20 jours à 10^{-4}.

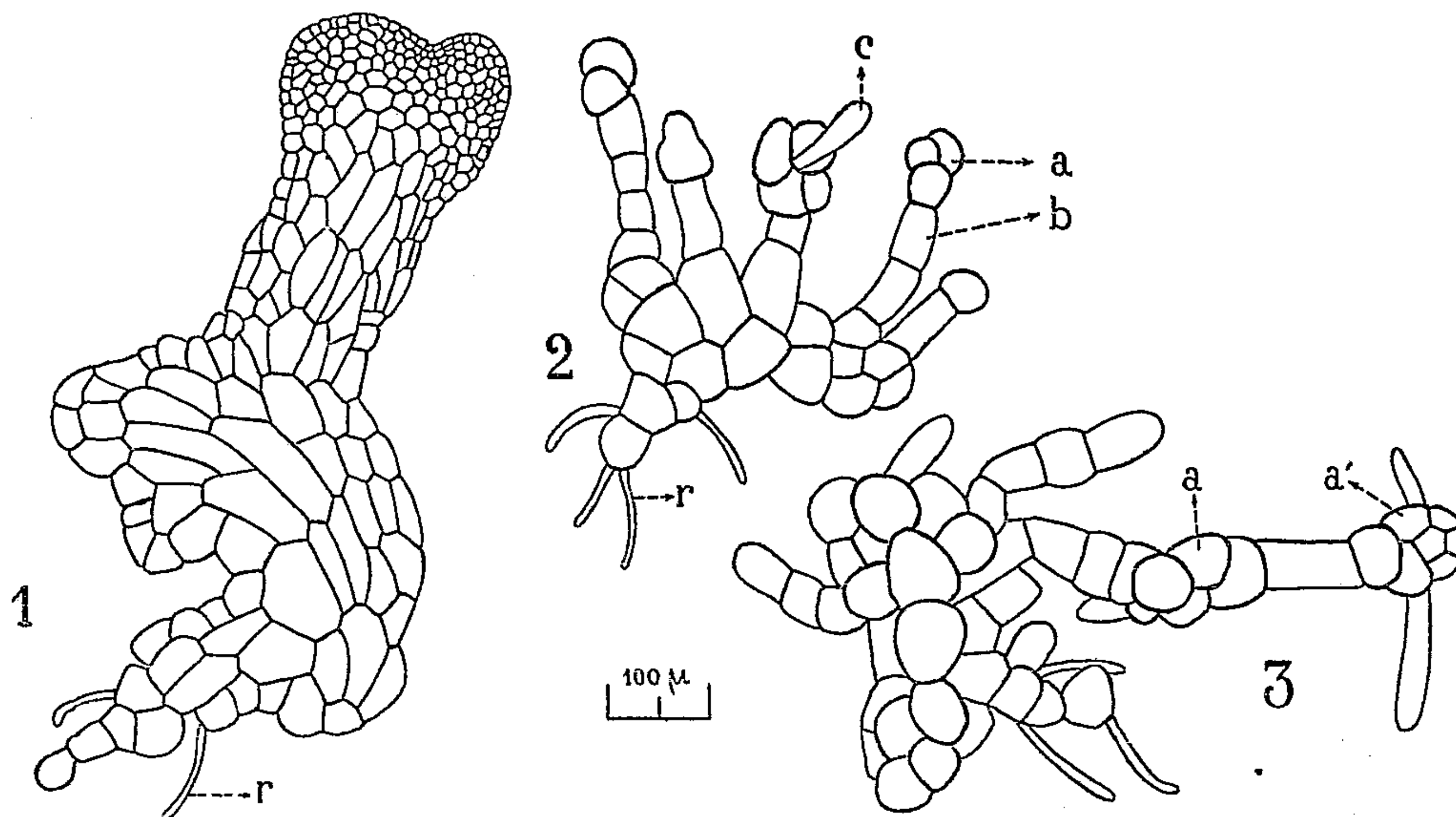


Fig. 1. Témoin âgé de 70 jours, r = rhizoïde. — Fig. 2. Protonéma âgé de 70 jours cultivé sur 2-4 D à 10^{-4} (*a*, massif mûriforme; *b*, protonéma filamenteux; *c*, poil chlorophyllien). — Fig. 3. Protonéma âgé de 85 jours cultivé sur 2-4 D à 10^{-4} (*a*, massif mûriforme; *a'*, massif mûriforme greffé sur le premier).

Après 45 jours, les résultats sont les suivants :

1° les spores témoins et les spores cultivées sur 2.4-D à 10^{-7} (inactif) produisent des thalles montrant une rangée de petites cellules marginales et un début d'échancrure apicale;

2° à 10^{-6}, on observe 25 % de stades protonéma, 75 % de petits thalles dont la taille est la moitié de celle des témoins ;

3° à 10^{-5}, on observe 75 % de stades protonéma, 25 % de petits thalles dont la taille atteint à peine le 1/3 de celle des témoins;

4° à 10^{-4}, les spores produisent uniquement des stades protonéma (protonéma formé de 3 à 10 cellules).

Entre le 50e et le 60e jour, apparaissent sur les protonémas des massifs mûriformes formés de cellules turgescentes et très chlorophylliennes, analogues à ceux qui sont formés sur les propagules sous l'influence du 2.4-D.

On observe ces massifs de cellules sur 10 % des protonémas cultivés à 10^{-6},

sur 30 % des protonémas cultivés à 10^{-5} et sur tous les protonémas cultivés à 10^{-4}. Le nombre de massifs mûriformes varie avec la concentration, 1 à 2 pour 10^{-6}, 1 à 3 pour 10^{-5}, 3 à 9 pour 10^{-4}.

Pendant un mois et demi nous avons suivi l'évolution de ces massifs aux concentrations de 10^{-6} et 10^{-5}, ils sont le siège de nombreuses divisions cellulaires et donnent de nouvelles ramifications; nous obtenons ainsi de petits thalles très ramifiés alors que les témoins ne présentent qu'une seule échancrure apicale.

Pendant la même période, à la concentration de 10^{-4} les protonémas n'ont pas sensiblement augmenté de taille mais de nouveaux massifs mûriformes se sont formés. A cette concentration l'aspect est un peu différent de ce que nous avons observé sur les propagules : nous voyons non seulement quelques massifs mûriformes analogues à ceux obtenus sur les propagules mais aussi de nombreux massifs mûriformes pédicellés.

Une cellule du protonéma s'allonge et se divise transversalement en donnant un protonéma filamenteux, la dernière cellule s'arrondit et se divise pour donner un massif mûriforme. Certaines cellules de ces massifs s'allongent pour donner soit des poils chlorophylliens (*c*), soit des cellules mères qui s'allongent et se divisent par des cloisons transversales, la dernière cellule devient turgescente et très chlorophyllienne et donne un nouveau massif mûriforme sur lequel se différencient des poils chlorophylliens et des files de cellules.

Des protonémas âgés de 60 à 70 jours provenant de cultures à 10^{-4} ont été transportés sur milieu minéral ne contenant pas de 2.4-D. Pendant une dizaine de jours ces protonémas évoluent de la même manière que ceux qui sont restés sur milieu à 10^{-4}, puis les massifs mûriformes se divisent rapidement, s'allongent et vers le 40ᵉ jour chacun d'eux donne un petit thalle. Les poils chlorophylliens perdent progressivement la plus grande partie de leur chlorophylle et évoluent pour donner des rhizoïdes.

Les faits les plus saillants de l'action du 2.4-D à la concentration de 10^{-4}, sont la prolongation du stade protonéma et l'apparition de massifs mûriformes greffés les uns sur les autres.

PHYSIOLOGIE. — *Sur le mécanisme statistique des échanges gazeux dans les poumons.* Note de M. **Jean-François Joliet**, présentée par M. Léon Binet.

Les études des échanges gazeux pulmonaires, de l'appareil cardiovasculaire et du sang donnent les valeurs moyennes de certains facteurs physiologiques fondamentaux rappelés dans le tableau suivant :

Poumons : volume de O_2 absorbé : 525 l; volume de CO_2 rejeté : 460 l (24 h);
Cœur : 70 pulsations minute, volume de l'ondée sanguine : 70 cm³,
Volume du sang : 5 000 cm³.

Sang : Diamètre des hématies : $D = 7,5\mu$, nombre moyen total : $N = 25.10^{12}$.

Entre ces grandeurs il semble que l'on puisse établir une relation qui permette de calculer l'une d'entre elles, connaissant les autres.

I. 1. En un jour l'organisme échange, avec l'extérieur, N_1 molécule de O_2 et N_2 molécules de CO_2. ($N_1 = 525/22,4.6,06.10^{23}$; $N_2 = 460/22,4.6,06.10^{23}$). Soit au total $N_1 + N_2 \simeq 2,65.10^{25}$ mol.

2. La surface moyenne (¹) occupée par ces $(N_1 + N_2)$ molécules est :

$$\Sigma = N_1 s_1 + N_2 s_2 \quad \text{avec} \quad s_1 \simeq 9,5.10^{-16}\,\text{cm}^2 \quad \text{et} \quad s_2 \simeq 15,5.10^{-16}\,\text{cm}^2.$$

En remplaçant les lettres par leurs valeurs, on trouve :

$$\Sigma \simeq 32.10^9\,\text{cm}^2,$$

autrement dit les volumes d'oxygène absorbé et d'anhydride carbonique rejeté en 24 heures, répartis sur une couche *monomoléculaire,* occuperaient une surface de $3,2\,\text{km}^2$.

II. 1. Si N est le nombre total d'hématies, π le nombre quotidien de pulsations, φ le volume de l'ondée sanguine et V le volume total du sang, tout se passe, statistiquement, comme si chaque hématie effectuait quotidiennement un nombre de cycles

$$n = \frac{\pi\varphi}{V} \simeq 1400.$$

2. Si S est la surface moyenne d'une hématie, la surface totale recouverte en 24 h par le nombre total d'hématies est

$$\Sigma' = S \times \mathfrak{N} \times n \quad \text{avec} \quad S \simeq 90\mu^2.$$

En remplaçant les lettres par leurs valeurs, on trouve

$$\Sigma' \simeq 32.10^9\,\text{cm}^2.$$

La surface totale des hématies ayant circulé dans les capillaires alvéolaires en 24 h est sensiblement égale à celle que recouvriraient les molécules de O_2 et de CO_2 échangées avec l'extérieur pendant le même temps.

Autrement dit tout semble se passer comme si, au cours de chaque cycle, chaque élément de surface (²) de l'hématie avait été, *une fois et une seule,* le siège d'un échange, soit dans un sens (O_2), soit dans l'autre (CO_2).

(¹) On calcule les surfaces moyennes d'encombrement s_1 et s_2 en déduisant le diamètre des molécules de la théorie cinétique des gaz ($d_{O_2} = 3,3$ Å ; $d_{CO_2} = 4,2$ Å) et en considérant une couche monomoléculaire de ces molécules adjacentes réparties sur l'unité de surface proportionnellement à n_2 et n_1.

(²) Chaque élément de surface étant égal à la surface moyenne occupée par l'une ou l'autre molécule des gaz échangés.

Ceci revient à dire que, statistiquement ([3]), indépendamment de *tous processus physicochimiques intermédiaires* (échanges entre le plasma et les hématies, entre le plasma et l'air alvéolaire, pression partielle des gaz dans les différents constituants du sang, etc.), *le nombre de molécules gazeuses* ($O_2 - CO_2$) *échangées avec le milieu extérieur, par une hématie, au cours d'un cycle, est égal au nombre maximum de molécules susceptible de recouvrir toute la surface de l'hématie* ([4]).

Quand, dans d'autres phénomènes physiologiques ou biologiques, des échanges se font par l'intermédiaire de transporteurs ou de membranes *qui entrent en jeu périodiquement*, peut-être, est-il possible, en appliquant une méthode analogue, d'établir une relation entre les divers facteurs physiques mis en jeu et, par conséquent, de calculer la valeur approchée de l'un d'entre eux, connaissant les autres.

Exemple : Calcul de l'ordre de grandeur de la surface d'échange dans le poumon. — On a vu que la surface d'une couche monomoléculaire des N_1 et N_2 molécules de O_2 et de CO_2 échangées avec l'extérieur en 24 h est

$$\Sigma \simeq 32.10^9\ \text{cm}^2.$$

Le rythme respiratoire moyen quotidien étant $r = 16 \times 60 \times 24$, la surface utile alvéolaire des échanges ($O_2 - CO_2$) est approximativement

$$\frac{32 \times 10^9}{10^4 \times 16 \times 60 \times 24} \simeq 135\ \text{m}^2.$$

De même on trouverait que la surface d'échange d'eau est voisine de 60 m². (Diamètre de la molécule d'eau : 2,75 Å — Volume d'eau rejeté en 24 h : 300 g.)

PHYSIOLOGIE. — *Le rôle de facteurs chimiques sur l'oxygénation de l'hémoglobine : Action de la cystine.* Note de M. **J. André Thomas** et Mlle **Annette Blanc**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Des expériences comparatives sur l'oxygénation du sang, *in vitro* et *in vivo*, conduisent à postuler l'existence de facteurs chimiques favorisant, dans les conditions physiologiques, le phénomène de l'hématose. C'est ainsi que la cystine augmente très notablement le taux de fixation de l'oxygène si elle est ajoutée au sang veineux avant l'oxygénation. Les conditions de cette action sont étudiées. Des facteurs chimiques favorisant l'hématose sont en cours d'isolement, à partir de l'organisme.

Diverses expériences comparatives sur les conditions de l'oxygénation du sang, *in vitro* et *in vivo*, notamment au cours de perfusions du Chien avec notre cœur-poumon artificiel ([1]), nous ont amenés à postuler l'existence

---

([3]) Chez un sujet normal, placé dans les conditions normales.

([4]) Le rapport N_2/N_1 étant respecté.

([1]) J. André Thomas et P. Beaudouin, *J. Physiologie*, 43, 1951, p. 311-327.

de facteurs chimiques favorisant l'hématose. Des recherches préliminaires nous ont conduits, tout d'abord, à l'étude de l'action de la cystine qui, d'emblée, s'est montrée capable d'augmenter le taux de fixation de l'oxygène sur l'hémoglobine.

Expériences (sang de Vache défibriné frais; dosages d'oxygène avec l'appareil et selon la méthode de Van Slyke, sur deux échantillons; marge d'erreurs de 0,2 cm^3 % au plus).

1° *La cystine agit dans des conditions physiologiques.* — De la cystine est ajoutée au sang (0,1 g dans NaOH N/10, pour 50 cm^3), puis celui-ci est oxygéné faiblement par barbotage, de même façon qu'un témoin. Les taux de O_2 sont respectivement : 19,16 contre 14,18, soit un gain de 4,98 cm^3. Réduits par CO_2, ces mêmes sangs donnent 12,28 et 10,57; puis après réoxygénation : 19,40 contre 15,36. Il s'agit donc bien d'une liaison labile de O_2 avec l'hémoglobine, se dissociant en présence de CO_2 et capable de fixer à nouveau O_2 dans les conditions physiologiques.

2° *Modalités d'action de la cystine.* — L'addition de cystine immédiatement *après* l'oxygénation du sang n'a pas d'action (exemple : 16,03, 16,02, 16,60 contre 16,02, 16,06, 16,65). La cystine agirait donc sur l'hémoglobine réduite, mais non sur l'oxyhémoglobine. Inversement, la cystéine, le glutathion réduit dissocient l'oxyhémoglobine (exemple : l'addition de 0,1 g de cystéine à 50 cm^3 de sang *avant* l'oxygénation donne : 15,02 et 16,06 contre 16,81 et 16,05, tandis que l'addition *après* l'oxygénation donne : 12,50, 15,64, 9,84 contre 16,40, 17,13, 12,08.

La cystine peut donc être un facteur chimique, ou encore posséder le groupement d'un facteur chimique, intervenant dans le phénomène de l'hématose, comme le montre le tableau. On remarquera, en particulier, que la cystine à la dose de 0,02 g % de sang peut augmenter le taux de fixation de O_2 de 5,72 cm^3 et, qu'au delà de cette dose, le gain en O_2 n'est pas beaucoup plus grand.

Sang témoin.	Sang + cystine 0,2 %.	Augmentation taux O_2.
13,60	20,44	6,84
14,98	17,76	3,78
15,36	19,40	4,04
15,93	21,36	5,43
16,03	21,42	5,39
16,05	21,42	5,37
16,25	21,95	5,70
16,81	19,04	3,23
17,14	22,05	4,91
17,99	22,02	4,03
17,99	22,50	4,51
17,99	21,93	3,94

Sang témoin.	Sang + cystine.			Augmentation taux O_2.
	0,1.	0,06.	0,02.	
12,60	–	–	16,78	4,18
14,52	20,80	–	–	6,28
15,51	–	21,17	–	5,66
16,25	21,95	20,90	21,42	5,17
16,25	21,05	20,19	21,97	5,72
17,99	21,40	20,50	21,58	2,59
17,99	21,95	20,02	21,05	3,06

Augmentation du taux d'oxygène fixé par quelques sangs veineux en présence de cystine (oxygénation identique du sang témoin et du sang enrichi de cystine).

L'action de la cystine sur la fixation de O_2 par l'hémoglobine dépend elle-même étroitement de plusieurs facteurs, susceptibles de réduire, directement ou non, le pont disulfure en groupe sulfhydrylé de la cystéine. L'acidification par HCl d'un sang chargé de 0,2 % de cystine provoque la réduction vers pH 7,10 (pH 7,40 : 19,15 cm^3 O_2; 7,30 : 19,12; 7,20 : 18,15; 7,10 : 10,52). De même, *in vivo*, chez le Chien soumis à la circulation extracorporelle au sang chargé de cystine, la réduction brutale se produit vers pH 7,10 et entraîne la mort. D'autre part, l'activité de la cystine sur le sang est inhibée par la thiourée, mais peu diminuée par un corps à activité vitaminique P comme la *maclurine* ([2]) qui protège l'adrénaline. Enfin, des métaux : le mercure, le cuivre, même le nickel, inhibent aussi l'action de la cystine; toutefois, le nickel, revêtu d'une couche de silicone polymérisé est sans effet, tandis que le cuivre, dans les mêmes conditions, reste inhibiteur.

Discussion. — Le pont disulfure de la cystine peut donc jouer par lui-même un rôle dans la fixation de O_2 sur l'hémoglobine, que ce rôle soit d'accélérer la vitesse de fixation de O_2 ou de modifier l'affinité de l'hémoglobine. Du fait que nous établissons, nous rapprocherons certaines constatations : la diminution de l'affinité du sang anoxique pour O_2, qui serait due, au moins en partie, à une acidification de celui-ci par des acides fixes ([3]); la propriété de fixation de bases sur l'hémoglobine dépendant d'une fonction située au voisinage du groupement oxygénable ([4]); le rôle possible des groupements soufrés de la globine, liés au fer, sur la formation avec O_2 d'un corps dissociable ([5]). L'activité favorisante de la cystine pourrait être envisagée, notamment, comme fixant des H^+ d'une substance dont l'effet aurait été bloqué par les produits de la respiration tissulaire. Cette substance pourrait être représentée par les groupements soufrés de la globine elle-même, par des corps soufrés oxydo-réducteurs existant dans les globules rouges comme la thiasine (ergothionine), par un enzyme des globules ou du plasma; d'autre part, un facteur peut être libéré dans le sang par le poumon, lors de la traversée de cet organe, puis être progressivement inhibé ou détruit par la respiration des tissus.

Conclusion : Des facteurs chimiques, notamment la cystine, favorisent le phénomène fondamental de l'hématose. Nous essayons d'isoler des facteurs actifs de l'organisme.

([2]) J. Lavollay, *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 318-320.

([3]) D. Cordier et G. Cordier, *C. R. Soc. Biol.*, **142**, 1948, p. 95-97.

([4]) J. Roche, *Thèse Faculté Sc.*, Paris, 1936.

([5]) D. Cartwright et J. Wintrobe, *Ann. Rev. Physiol.*, **11**, 1949, p. 434-436.

NUTRITION. — *Influence du taux protidique du milieu sur le développement de* Drosophila melanogaster *mutants v et vbw*. Note (*) de Mme **Maria Valadares-da-Costa** et M. **Raymond Jacquot**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Un milieu gélosé *stérile*, à base de maïs, sucre et autolysat de levure, est défavorable au développement des mutants. L'augmentation du taux protidique améliore considérablement les conditions de culture. Dans ce cas, les mutants réagissent aux variations protidiques du milieu; au contraire, en présence de levure vivante, la croissance est toujours normale quelle que soit la teneur du milieu en protides.

Avec le milieu classiquement adopté pour la Drosophile, maïs et levure vivante, on ne peut étudier l'influence de l'équilibre alimentaire sur le développement, en raison de la compétition continuelle entre les besoins de la mouche et ceux de la levure. La méthode de Schultz permettrait d'aborder le problème, mais la culture sur milieu synthétique peut sembler assez éloignée des habitudes alimentaires de *Drosophila*. C'est pourquoi, dans cette série expérimentale, nous utilisons un type de nourriture aussi proche que possible des conditions standards, en remplaçant la levure vivante par un autolysat de levure. Poursuivant des cultures stériles, éliminant ainsi toute concurrence entre mouches et microorganismes, nous pouvons étudier avec précision l'influence du taux protidique sur la croissance. La composition fixe du milieu est, par litre, la suivante : maïs 87 g, sucre 113 g, agar 17 g, eau q. s. p. 1 l. On ajoute des quantités variables d'autolysat de levure contenant environ 60 % de formes azotées solubles : 31 g dans le lot A, 62 g dans le lot B, 93 g dans le lot C. Le milieu autoclavé est ensemencé stérilement avec des œufs âgés de moins de 4 h. L'aseptie est contrôlée tout au long des essais et les tubes infectés sont rigoureusement éliminés. Les observations quotidiennes se font du stade larvaire (environ 50 larves par lot) à l'âge adulte. Une série témoin est poursuivie avec ces mêmes milieux ensemencés de levure vivante. Les résultats moyens sont apportés dans le tableau ci-après.

Dans les lots stériles, le milieu A, de plus faible teneur protidique, détermine une mortalité élevée, prolonge anormalement le cycle évolutif, réduit la taille des individus (la femelle étant plus atteinte que le mâle puisqu'à l'âge adulte les deux sexes ont une taille identique), cause des accidents (50 à 73 % des survivants sont paralysés des pattes antérieures qui restent pliées) et abaisse le coefficient N/T. L'augmentation du taux azoté du milieu remédie, en partie, à tous ces troubles. Dans le milieu C, on enre-

(*) Séance du 18 février 1952.

gistre, pour le mutant *v* : 85 % de survie, 68 % d'adultes normaux (il reste, néanmoins, des paralytiques); la durée moyenne du cycle est diminuée quoiqu'encore ralentie; la valeur du coefficient N/T est doublée; les tailles sont plus proches de la normale (deux tiers environ) et l'on retrouve la différence habituelle entre mâles et femelles. Les faits sont identiques pour le mutant *vbw*.

Milieux stériles (T 26° C).	N (*)		% adultes normaux		Coefficient léthalité (**)		(T) durée du cycle (j)		$\frac{N}{T}$ (***)		Taille (****)
	v.	*vbw.*	*v.*	*vbw.*	*v.*	*vbw.*	*v.*	*vbw.*	*v.*	*vbw.*	*v.* *vbw.*
A........	55	48	27	50	85	76	23	19	2,4	2,5	Moitié
B........	75	–	41	–	75	–	21	–	3,5	–	>Moitié
C........	85	66	68	91	42	47	21	15	4	4,3	2 tiers
Milieux avec levure fraîche (T 26° C).	*v.*	*vbw.*	*v.*	*vbw.*	*v.*	*vbw.*	*v.*	*vbw.*	*v.*	*vbw.*	*v.* *vbw.*
A........	±100		100		0		8		12,5		Normale
B........	±100		100		0		8		12,5		»
C........	±100		100		0		8		12,5		»

(*) % larves atteignant l'état adulte.

(**) % de mort ou de paralysie par rapport aux larves initiales.

(***) Correspondant à « over-all rate » selon Trager [1].

(****) Par rapport aux adultes sur milieu standard.

En culture stérile, le développement de *Drosophila* mutants *v* et *vbw* est donc contingent de la richesse du milieu en protides. Pour un rapport protides/glucides égal à 0,15, la croissance est très défectueuse à tous les stades (milieu A). Un rapport égal à 0,36 (milieu C) paraît mieux équilibré sans cependant être optimal.

Cette influence du taux protidique ne se manifeste plus si les milieux sont *ensemencés de levure vivante*. Dans ces conditions, et quelle que soit la valeur du rapport protides/glucides, le développement est toujours identique et optimal, c'est-à-dire analogue à celui que permet le milieu classique.

La présence de levure fraîche inhibe donc l'influence que peut avoir l'équilibre alimentaire du milieu sur le développement des mutants. A titre d'indication, le rapport protides/glucides est, dans la levure, supérieur à l'unité.

---

[1] *J. Biol. Chem.*, **176**, n° 3, 1948, p. 1211-1223.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la triiodothyronine, produit intermédiaire de la transformation de la diiodothyronine en thyroxine*. Note de MM. Jean Roche, Serge Lissitzky et Raymond Michel, présentée par M. Maurice Javillier.

On admet que l'ioduration de la 3.5-diiodothyronine (DITN) conduit directement à la thyroxine (Tx) par substitution de deux atomes d'halogène en 3′ et 5′ (1). Or, la même réaction donne successivement naissance aux dérivés mono et diiodés cycliques de l'histidine et de la tyrosine (2). Aussi, y avait-il lieu de rechercher si la triiodothyronine (TITN) n'est pas un précurseur de la thyroxine.

Nous avons étudié dans ce but l'halogénation de la 3.5-diiodo-DL-thyronine en milieu ammoniacal et à 20° par des quantités croissantes d'iode radioactif (1 à 20 atomes I^{127} additionnés de traces d'I^{131}, par molécule). Les mélanges obtenus ont été soumis à l'analyse radiochromatographique et de la triiodothyronine pure a pu en être extraite. Les conditions de l'ioduration et la technique utilisées pour caractériser et doser les produits de la réaction étant identiques à celles employées lors de l'halogénation de la tyrosine (2), il n'y a lieu de présenter ici que les résultats de nos essais.

La figure 1 reproduit une série de chromatogrammes (solvant : alcool isoamylique saturé de NH_4OH 6 N, coloration des taches à la ninhydrine) et les radioautogrammes correspondants. Son examen montre qu'un produit iodé radioactif, caractérisé par la suite comme la triiodothyronine ($R_f = 0,27$), prend naissance aux dépens de la 3.5-diiodothyronine, DITN, ($R_f = 0,38$), lorsque la quantité d'iode agissant sur celle-ci est trop faible pour permettre la formation du dérivé tétraiodé de la thyroxine, Tx ($R_f = 0,15$) (disparition progressive de la tache colorée de DITN et apparition des taches radioactives de TITN, puis de Tx, en même temps que de celles des iodures).

L'étude quantitative de la répartition de la radioactivité entre Tx et TITN sur les chromatogrammes des produits de l'action de 1 à 20 atomes I sur une molécule de DITN, dans des conditions légèrement différentes des précédentes, a conduit aux résultats rassemblés dans la figure 2. Celle-ci traduit la formation de Tx à partir d'un seuil (8 atomes I), au-dessous duquel TITN est présente en proportion plus ou moins grande (maximum à 3,5 atomes I).

La triiodothyronine a été concentrée par chromatographie sur papier des produits de l'action de 3,5 atomes I sur 1 molécule de DITN (opération conduite sur 100,5 mg), élution par NH_4OH 2 N et précipitation par CH_3—COOH. Elle cristallise en aiguilles ou en mâcles biréfringentes (42 mg isolés), dans un

---

(1) C.-R. Harington et G. Barger, *Biochem. J.*, 21, 1927, p. 169; A. Horeau et P. Süe, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 27, 1945, p. 483.

(2) J. Roche, S. Lissitzky, O. Michel et R. Michel, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 357.

mélange à parties égales d'éthanol chlorhydrique et d'eau. Après 3 recristallisations : F 210-212° *n*.corr.; I % 58,1 au lieu de 58,5 théor., C % 27,2 au lieu de 27,7 théor., N % 2,4 au lieu de 2,15 théor., cendre % 0,4; spectre ultra-violet à une bande sur 3173 Å, d'ε = 29700 dans NaOH 0,1 N [3].

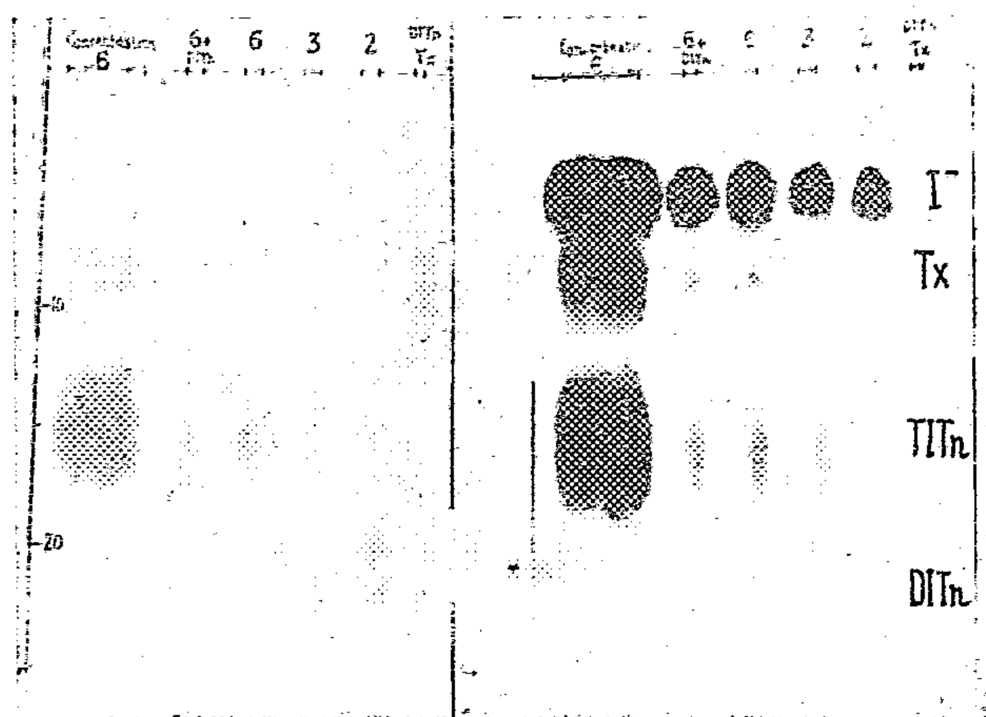


Fig. 1.

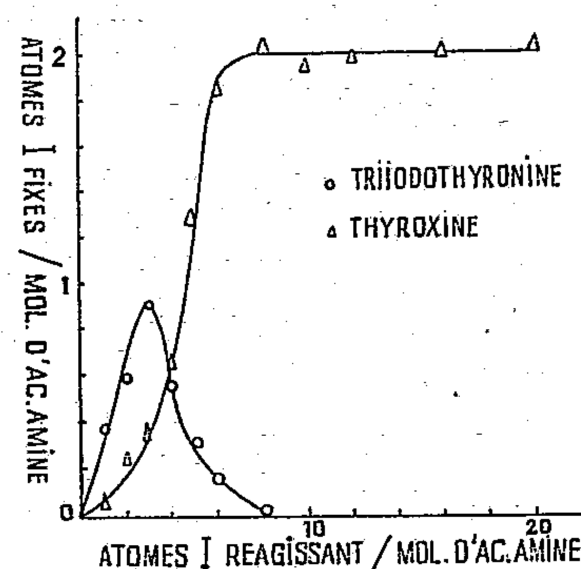


Fig. 2.

Fig. 1. — *Partie gauche :* Chromatogrammes des produits de l'action de 2, 3 et 6 atomes d'iode sur une molécule de 3,5-diiodo-DL-thyronine (corps de référence ajoutés : ligne 1 = DITN et Tx ligne 5 = DITN; dernière ligne : concentration sur un large front des produits de l'action de 6 atomes I). *Partie droite :* Radioautogrammes du document reproduit à gauche (taches radioactives des iodures, I⁻, de TITN et de Tx).

Fig. 2. — Quantités d'iode fixées dans la thyroxine (Tx) et dans la triiodothyronine (TITN) en fonction du nombre d'atomes d'iode réagissant avec une molécule de 3,5-diiodo-DL-thyronine (DITN).

Abscisses : Nombre d'atomes I agissant sur une molécule de DITN.

Ordonnées : Nombre d'atomes I fixés dans TITN et dans Tx.

Conclusions. — L'action de l'iode sur la 3,5-diiodo-DL-thyronine donne naissance à la triiodothyronine (probablement 3,5.3′) comme terme intermédiaire de la formation de la thyroxine. L'acide aminé triiodé a été caractérisé et isolé pour la première fois dans ce travail et des recherches en cours nous ont par ailleurs montré sa présence dans les protéines thyroïdiennes.

A 15 h 50 mn l'Académie se forme en Comité secret.

---

[3] Analyses élémentaires de M. P. Poirier, mesures spectrales de M. A. Etienne. Nous remercions MM. C. Dufraisse et L. Velluz d'avoir bien voulu faire déterminer dans leurs services les données figurant dans cette Note.

COMITÉ SECRET.

La Section de Géométrie, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *Élie Cartan :*

En première ligne...........	M. **Maurice Fréchet**
En seconde ligne, ex æquo, *et par ordre alphabétique*.....	MM. **René Garnier** **Paul Lévy** **Georges Valiron**
En troisième ligne, ex æquo, *et par ordre alphabétique*.....	MM. **Henri Cartan** **Szolem Mandelbrojt**

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu en la prochaine séance.

La séance est levée à 17 h 20 mn.

R. C.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de janvier 1952.
(*suite et fin*).

L'Amérique du sud, par Jacques Duclaux; 1 fasc. s. d. 24 cm.

La constitution des particules colloïdales et l'adsorption, par Jacques Duclaux. Thèse, 1904; 1 feuillet 23 cm.

Méthodes de spectrographie pour l'ultraviolet, par Jacques Duclaux et P. Jeantet, in *Revue d'optique théorique et instrumentale*, 1923; 1 fasc. 24 cm.

Structure des matières colloïdales à l'état solide, par Jacques Duclaux. Bruxelles, Institut international de chimie Solvay 1925; 1 fasc. 24,5 cm.

Der mechanismus der Ultrafiltration, von Jacques Duclaux und J. Errera, in *Kolloïd-Zeitschrift*. Band 1926. Heft 1; 1 feuillet 25,5 cm.

Viscosité et rigidité des liquides, par Jacques Duclaux. Conférence faite devant la Société de chimie physique le 12 mars 1930. Paris, Société d'éditions scientifiques, 1930; 1 fasc. 19 cm.

La transparence de l'atmosphère et la visibilité des objets lointains, par Jacques Duclaux, 1931; 1 feuillet 24 cm.

Transparence des eaux pour les rayons ultraviolets, par Jacques Duclaux et P. Jeantet, in *Annales de l'Institut d'hydrologie et de climatologie*. T. VI, 1930, n° 4; 1 fasc. 23,5 cm.

État colloïdal de la cellulose et de ses dérivés, par Jacques Duclaux. Rapport présenté à la Xe Conférence de l'Union internationale de chimie, Liége, 13-21 septembre 1930; 1 fasc. 27 cm.

L'analyse physicochimique des fonctions vitales, par JACQUES DUCLAUX. Paris, Hermann, 1932; 1 fasc. 25,5 cm.

Essai d'un prisme à liquide, par JACQUES DUCLAUX et GEORGES AHIER. Extrait de la *Revue d'optique*, T. XVII, 1938; 1 fasc. 24,5 cm.

Steric Hindrance in Macromolecular Solutions, by JACQUES DUCLAUX. Reprinted from *Journal of Polymer Science*. Vol. II, nº 6, 1947.

La transparence de l'eau atmosphérique, par JACQUES DUCLAUX. Extrait des *Annales de géophysique*. T. III. Fasc. 2, 1947; 1 feuillet 27 cm.

Condensation organique et condensation minérale, par JACQUES DUCLAUX. Paris, Institut de biologie physico-chimique, 1950; 1 feuillet 23 cm.

Le livre de raison du marquis de Dolomieu ou la famille de Déodat de Dolomieu, par ANDRÉ DENIER, 1948; 1 fasc. 22 cm.

Recherches sur la structure génétique des populations naturelles de Cepœa nemoralis (*L*), par MAXIME LAMOTTE, in *Suppléments au Bulletin biologique de France et de Belgique. Supplément* XXXV. Paris, Laboratoire d'évolution des êtres organisés, 1951; 1 fasc. 25 cm.

La carrière scientifique de Chevreul (1786-1889). par ÉMILE ANDRÉ, in *Oléagineux*, nº 12, 1951; 1 fasc. 28 cm.

Institut des parcs nationaux du Congo belge. Exploration des parcs nationaux du Congo belge. Mission H. Hediger-J. Verseburen (1948). Fasc. 1. *Observations sur la psychologie animale dans les parcs nationaux du Congo belge*, par H. HEDIGER. Bruxelles, 1951; 1 vol. 28 cm.

Id. — Mission G. F. De Witte, en collaboration avec W. ADAM, A. JANSSENS, L. VAN MEEL, R. VERHEYEN (1946-1949). Fasc. 4. *Coleoptora : Paussidæ*, par E. JANSSENS. *Megalopodidæ*, par P. JOLIVET. *Sagridæ*, par P. JOLIVET. *α. Diptera : Muscidæ* (*genre Glossina*), par C. HENRARD. Bruxelles, 1951; 1 fasc. 28 cm.

Id. — Mission G. F. De Witte (1933-1935). Fasc. 75. *Crytophagidæ* (Coleoptera polyphaga), von N. BRUCE. Fasc. 76. *Hirudinea*. by M. C. MEYER, Bruxelles, 1951; 2 fasc. 28 cm.

Travaux du laboratoire de Saint-Germain-en-Laye, par RAOUL LECOQ. Paris, Librairie Maloine, 1951; 1 vol. 23,5 cm.

Étude expérimentale de l'évolution du fer et du manganèse dans les sols, par R. BÉTRÉMIEUX. Extrait des *Annales agronomiques*, nº 3, 1951. Paris, Dunod, 1951; 1 fasc. 24 cm.

Claude Bernard (1813-1878), par JEAN MAYER. Extrait de *Journal of nutrition*. Vol. XLV, nº 1, 1951. Philadelphia, Wistar Institute of anatomy and Biology, 1951; 1 fasc. 25 cm.

Rapport annuel sur l'état de l'alimentation et de l'agriculture en 1950-1951. *France métropolitaine. Sarre. Algérie. Tunisie. Maroc. Département d'Outre-Mer. Territoires d'Outre-Mer*. Paris, Ministère de l'Agriculture, Service d'études et de documentation, 1951; 1 fasc. 27 cm.

Encyclopédie du froid. Fabrication de la glace. Glace hydrique. Glace eutectique, par L. MIRONNEAU. *Isolants et technique de l'isolation*, par L. MIRONNEAU. *Conservation par le froid des denrées d'origine carnée*, par MAURICE PIETTRE. *Les très basses températures. Production et emplois*, par E. GOMONET. *Le conditionnement de l'air. Procédés et calculs utilisés en climatisation*, par A. JUDET DE LA COMBE Paris, J.-B. Baillère, 1952; 5 vol. 25,5 cm.

The academy of sciences' Labor of Love, by GEO B. WATTS, in *The French Review*. Vol. XXV, nº 2, 1951; 1 fasc. 23 cm.

Carte de la végétation de la France. Le Puy, par JULES CARLES, au 1/200 000ᵉ. 1 planche 69,5 cm × 103 cm (présentée par M. R. Heim).



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 MARS 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Allyrio de Mattos**, Membre de l'Académie brésilienne des sciences, **Millán**, de l'Institut national technique de Madrid, qui assistent à la séance.

M. **André Danjon** informe l'Académie que, aux termes d'une lettre qu'il a reçue de M. **Bernard Lyot**, celui-ci a pu observer l'éclipse totale de Soleil du 25 février, à Khartoum, dans de très bonnes conditions atmosphériques. La couronne était très étendue, avec de belles aigrettes polaires. M. Lyot a pu photographier de nombreuses raies coronales, en majorité inconnues.

NOMBRES TRANSFINIS. — *La définition d'un nombre ordinal non préconçu.* Note de M. **Arnaud Denjoy**.

Suite de l'analyse, commencée dans les Notes des 18 et 25 février 1952 (¹), des principaux résultats prochainement publiés au Livre II de l'Ouvrage l'« Énumération transfinie ». La théorie des permutations spéciales de la suite normale des entiers positifs, le rattachement de ces permutations aux familles de suites finies d'entiers positifs, permet de définir parfaitement un type de bonne ordination dont le rang α est pratiquement impossible à prévoir ni à découvrir.

III. N. Lusin jugeait impossible (I, 165) de constater qu'un ensemble fût à la fois bien ordonné et dénombrable si l'on n'a pas la conception préalable du nombre transfini α caractérisant le type τ_α de l'ensemble (I, 165). Nous nous proposons au contraire de définir avec précision un nombre α dont on ne semble pas pouvoir découvrir la valeur ni même sa limitation supérieure.

(¹) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 770 et 906. Les références chiffrées indiquent les pages de l'Ouvrage (numération continue du Livre I au Livre II).

Pour cela nous construisons une famille majeure H de suites finies d'entiers positifs, présentant le caractère (B′) (291) [toute succession indéfinie $\zeta = (x_1, x_2, \ldots)$ commence par une suite $\zeta_q = (x_1, \ldots, x_q)$ de H], donc bien ordonnée d'un certain type τ_β quand les suites de H sont ordonnées entre elles alphabétiquement (par rapport à la croissance des arguments) et de façon que β ne soit ni évaluable ni bornable. La permutation P′(H) de la suite normale (N) des entiers positifs sera du type τ_α, avec $\alpha = \beta \times \omega$ lui-même entièrement inconnu.

D'abord, par quel procédé obtenir des familles majeures H très générales ?

L'ensemble $\mathcal{E}$ des suites finies d'entiers positifs $\Sigma = (k_1, \ldots, k_q)$ est dénombrable. On peut le bien ordonner en une succession (Γ) d'un type quelconque $\tau_\lambda(\omega \leqq \lambda < \Omega)$ en $S_1, S_2, \ldots, S_\nu, \ldots (\nu < \lambda)$.

On énumère $\mathcal{E}$ en une succession (II) de type τ_ω en ordonnant alphabétiquement les suites $(q + k_1 + \ldots + k_q, q, \Sigma)$; Σ devient $\Sigma_r (1 \leqq r < \omega)$. On a une énumération (II_1) au type $\tau(\omega^\omega)$ de $\mathcal{E}$ par l'ordination alphabétique des suites (q, Σ) (328).

On substitue à (II_1) ou à une autre substitution (Γ_i) du type $\tau(\omega^\omega)$ une énumération ordinalement semblable, par une permutation élémentaire. La suivante (362), $P(\xi)$, bouleversera inconcevablement la succession des Σ dans (II_1) ou (Γ_i); ξ est un nombre irrationnel $(0 < \xi < 1)$; 10_p signifiant 10 élevé à une puissance dont l'exposant est une superposition de $(p-1)$ chiffres 10, soient : $s(1) = 1$, $s(m) = 10_{Q_m} (m \geqq 2)$ si P_m/Q_m est la $m^{\text{ième}}$ réduite de ξ développé en fraction continue, $s(x)$ linéaire sur le segment $m \leqq x \leqq m+1$ [cette fonction est préférable à celle du texte vérifiant $s(x+1) = 10^{s(x)}$]; $\sigma(x)$ la fonction inverse de $s(x)$; $\omega(r) = \omega_1(r) + \omega_2(r)$, avec $\omega_1(r) = \sigma(r) \sin^{-2r} \pi r \xi$; $\omega_2(r) = 100/r$; r' le rang de r dans l'ensemble des $\omega(r)$ ordonnés par grandeurs croissantes s; $\Gamma(\xi)$ obtenu en remplaçant dans (II_1) ou (Γ_i) $\Sigma_{r'}$ par Σ_r [opération-produit par la permutation élémentaire $P(\xi)$]. Même pour des irrationnelles simples, la place d'une suite déterminée Σ dans $\Gamma(\xi)$ semble pratiquement impossible à trouver.

Dans l'énumération (Γ) de $\mathcal{E}$ au type τ_λ : une suite S_p est dite de la *première sorte* si elle est disjointe ou divergente de toute suite S_n antérieure $(n < p)$. La famille J = J(Γ) *des suites* de la première sorte S_p *est la famille majeure fournie par l'énumération* (Γ). Les suites S_q de G(J) — J, commencent une suite S_p (avec $q < p$) et sont dites de la *seconde sorte* (329-335). Les suites divergentes ou disjointes de toute suite S_p seront de la *troisième sorte*. Les suites commençant par une suite S_p seront de la *quatrième sorte* (336). Les suites S_n jointes à S_m et de rang $n < m$ remplissent des conditions variables avec la sorte caractérisant S_m (335-340).

$p, n, q, m, \ldots$ sont des nombres ordinaux finis ou transfinis.

Nous disons que deux suites S, S′ sont *en rapport d'élongation* si l'une des deux commence l'autre, *disjointes* si leur premier terme diffère, *divergentes* si leur premier terme est le même sans qu'elles soient en rapport d'élongation (261).

La famille majeure J(Γ) remplit cette *condition* (D′) : Quel que soit l'entier positif k, J(Γ) contient une suite commençant par k. Évidemment (B′) implique (D′).

Réciproquement, pour toute famille majeure donnée H vérifiant la condition (D′) [et *a fortiori* si H vérifie (B′)] et quel que soit $\lambda \geqq \omega \times 2$, $\mathcal{E}$ admet une énumération (Γ) bien ordonnée du type τ_λ, telle que $H = J(\Gamma)$ (340-344).

Dès lors rien ne nous prouve que $\Gamma(\xi)$ ne nous donne pas une famille $J = J[\Gamma(\xi)]$ vérifiant la condition (B′) et définissant une permutation P′(J) dont le type τ_α est d'un rang α supérieur à toute limitation présumée et, en tout cas, parfaitement inconnaissable.

La famille progressive G vérifie (D) quand toute suite d'un terme (k) est dans G. Entre la condition très peu restrictive (D) et la condition (B), impliquant (D), nous intercalons (324) cette condition (C) [qui devient (C′) pour H majeure quand G(H) vérifie (C)] :

Toute suite indéfinie $\zeta = (\varkappa_1, \varkappa_2, \ldots)$ (de type τ_ω) possède une suite commençante *majeure* $\zeta_q = (\varkappa_1, \ldots, \varkappa_q)$ appartenant à G [ζ_q peut être ouverte dans G, sans quoi (C) ne différerait pas de (B)].

Les conditions (B′) (C′) (D′) sont indépendantes de toute idée d'ordination des suites composant la famille majeure H.

Une famille J (Γ) peut ne pas vérifier (C′) (349-353). Par des interversions opérées entre des suites S_m de la seconde sorte et l'une des suites de la première sorte S_j commencées par S_m, on substitue à (Γ) une énumération (Γ′) telle que J(Γ′) vérifie (C′) (344-349 et 353-359). Ces modifications peuvent être repoussées aussi loin qu'on le veut [à la mesure de la fonction $s(x)$ (363)]. La notion de *suites ramifiées* (c'est-à-dire commençant au moins deux suites) d'une famille progressive joue un rôle essentiel dans ces substitutions (347-349).

Ayant enfin une famille $J = J(\Gamma')$ vérifiant la condition (C′), de $G = G(J)$ vérifiant (C) nous déduisons ainsi une famille progressive I vérifiant (B) [et H(I) vérifiera (B′)] :

Si $S = (k_1, \ldots, k_p)$ est *close* dans G, nous adjoignons à S une famille de suites $g(S)$ progressive et vérifiant (B), et nous formons la famille $\lambda(S) = [S, g(S)]$. Si Σ est *ouverte* dans G, nous lui adjoignons une famille $g'(\Sigma)$ obtenue en retranchant d'une famille progressive $g(\Sigma)$ présentant le caractère (B) toutes les suites commençant par un entier k tel que (Σ, k) soit dans G et nous formons $\lambda'(\Sigma) = [\Sigma, g'(\Sigma)]$.

Dès lors la famille progressive $I = G + \sum \lambda(S) + \sum \lambda'(\Sigma)$ vérifie la condition (B) (316-328),

$$H = H(I) = \sum [S, h(S)] + \sum [\Sigma, h'(\Sigma)],$$

avec $h(S) = H[g(S)]$, $h'(\Sigma) = H[g'(\Sigma)]$, vérifie (B′); H ordonné alphabétiquement est bien ordonné et la permutation P′(H) (232) est spéciale.

Comment, connaissant J(Γ′) obtenir H, c'est-à-dire comment définir les familles $h(S)$, $h(\Sigma)$ (359-362) ?

Dans (Γ′) les suites composant J(Γ′) se présentent en succession bien

ordonnée (sans rapport évident avec l'ordination alphabétique) d'un type τ_δ [$\delta \leqq \lambda$, τ_λ étant le type de (Γ)]; S ou Σ se présente dans $J(\Gamma')$ en un certain rang θ. La famille correspondante $h(S)$ ou $h(\Sigma)$ notée h_θ se définira d'après les familles $h_{\theta'}$ supposées connues pour $\theta' < \theta$.

En combinant les suites d'une famille majeure H_0 donnée, vérifiant (B′) et énumérée au type τ_μ, on peut obtenir une famille bien ordonnée au type $\tau(\mu^{\omega^\kappa})$ et vérifiant elle aussi (B′) (312-316). L'application de cette méthode aux $h_{\theta-1}$ si θ est de première espèce, et de faciles conventions pour θ de seconde espèce, permettront d'aboutir à H dont les suites se trouveront énumérées en un type τ_ν aisément bornable connaissant le type τ_λ de (Γ) [avec $\Gamma(\xi)$, $\lambda = \omega^\omega$]. Mais, ordonné alphabétiquement, H sera d'un type $\tau_{\nu'}$ sans relation avec ν. Et la distribution des suites dans $\Gamma(\xi)$ étant indéchiffrable, le type τ_α de $P'(H)$ est à la fois non préconçu et inconnaissable, quoique parfaitement défini.

RELATIVITÉ. — *Astronautique et relativité. A l'assaut de l'espace temps.* Note de M. **Charles Mauguin**.

Paul Langevin [1] a le premier attiré l'attention sur certain aspect paradoxal du temps propre dans un mouvement comportant des accélérations.

Jean Perrin [2] a insisté sur les possibilités d'exploration de l'Univers que les découvertes d'Einstein offrent à l'audace des hommes.

On analyse ici un cas simple où ce paradoxe et ces possibilités se manifestent d'une façon particulièrement frappante.

Pour maintenir dans les conditions physiologiques les plus favorables les voyageurs qui désirent explorer l'Univers selon le rêve de Jean Perrin [2], nous les placerons dans un engin (astronef) oxygéné, climatisé, ..., capable de progresser avec une *accélération constante* voisine de l'accélération de la pesanteur à la surface de la Terre. D'après le principe d'équivalence d'Einstein, nos voyageurs (astronautes) continueront à vivre à bord de l'engin dans le champ gravitant auquel leur organisme était adapté sur la Terre.

Il convient de préciser ce que nous entendons par cette accélération constante. Rapporté à un référentiel galiléen $\mathcal{R}$ dans lequel la Terre et nos voyageurs étaient sans vitesse à l'instant du départ, le déplacement de l'astronef est défini par l'expression de ses coordonnées x^1, x^2, x^3 en fonction de t. Pour l'application des principes de relativité qui vont jouer ici un rôle essentiel, nous introduirons une quatrième coordonnée x^4 pour le temps et poserons

$$x^1 = x, \quad x^2 = y, \quad x^3 = z, \quad x^4 = ict$$

(1) *Œuvres scientifiques*, publiées par le C. N. R. S., p. 453.

(2) *A la surface des choses*, III. *La Relativité*.

x^1, x^2, x^3 fonctions de x^4 définissent une courbe de l'espace-temps, la *trajectoire d'univers* du mobile.

Soient $P(x^1, x^2, x^3, x^4)$, $Q(x^1+dx^1, \ldots)$ deux points infiniment voisins sur cette trajectoire. Ils définissent un quadrivecteur $\vec{d\sigma}$ dont les composantes dépendent du référentiel auquel on les rapporte mais dont le module carré

$$\left|\vec{d\sigma}\right|^2 = (dx^1)^2 + (dx^2)^2 + (dx^3)^2 + (dx^4)^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2 dt^2$$

a la même valeur dans tous les référentiels galiléens.

On sait quelle est la signification de cet invariant fondamental.

L'intégrale $\tau = \int_0^P \sqrt{-(1/c^2)\,d\tau^2}$ est le *temps propre* des astronautes, durée du parcours depuis le départ jusqu'au point P lue sur les horloges participant au mouvement de l'astronef. En réalité l'élément de temps propre $d\tau$ n'est pas rigoureusement celui qui est lu sur ces horloges, mais celui que mesureraient les observateurs d'un référentiel galiléen $\mathcal{R}'$ dans lequel l'astronef est sans vitesse à l'instant de la mesure. Les horloges de l'astronef sont soumises à l'action d'un champ gravitant qui n'existe pas dans $\mathcal{R}'$. Mais cette action est négligeable pour un champ de l'ordre de grandeur du champ terrestre.

Supposant maintenant x, y, z, t exprimés en fonction de τ, on peut définir deux quadrivecteurs $\vec{d\sigma}/d\tau$ et $\vec{d\sigma}^2/d\tau^2$. Le premier souvent appelé *quadrivitesse*, tangent à la trajectoire d'univers (vecteur de temps pur dans $\mathcal{R}'$) a son module carré égal à $-c^2$. Le second normal à la trajectoire d'univers (pur vecteur d'espace dans $\mathcal{R}'$) n'est autre que l'accélération de l'astronef telle que la mesureraient les observateurs de $\mathcal{R}'$. On peut l'appeler *l'accélération propre* de l'astronef. C'est elle que nous supposons de grandeur constante γ.

Les modules de ces vecteurs vérifient les égalités

$$\left|\frac{\vec{d\sigma}}{d\tau}\right|^2 = -c^2, \qquad \left|\frac{d^2\vec{\sigma}}{d\tau^2}\right|^2 = \gamma^2$$

valables dans tous les référentiels galiléens.

Considérons le cas simple d'un mouvement rectiligne ($y=0$, $z=0$). Nos égalités deviennent

$$\left|\frac{\vec{d\sigma}}{dt}\right|^2 = \left(\frac{dx^1}{d\tau}\right)^2 + \left(\frac{dx^4}{d\tau}\right)^2 = \left(\frac{dx}{d\tau}\right)^2 - c^2\left(\frac{dt}{d\tau}\right)^2 = -c^2,$$

$$\left|\frac{d^2\vec{\sigma}}{d\tau^2}\right|^2 = \left(\frac{d^2x^1}{d\tau^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2x^4}{d\tau^2}\right)^2 = \left(\frac{d^2x}{d\tau^2}\right)^2 - c^2\left(\frac{d^2t}{d\tau^2}\right)^2 = \gamma^2.$$

Ces équations s'intègrent par les expressions suivantes :

$$x = \frac{c^2}{\gamma}\left(\cosh\frac{\gamma}{c}\tau - 1\right), \qquad t = \frac{c}{\gamma}\sinh\frac{\gamma}{c}\tau$$

x, t, longueur et durée du parcours mesurés dans le référentiel fixe $\mathcal{R}$,
τ, γ, temps propre, accélération propre de l'astronef.

Nous supposons γ voisin de l'accélération de la pesanteur à la surface du sol. Prenons-le égal à 950 cm : sec², nous aurons

$$\frac{c}{\gamma} = \text{une année } (3{,}15 \times 10^7 \text{ sec}), \qquad \frac{c^2}{\gamma} = \text{une année lumière } (9{,}45 \times 10^{17} \text{ cm})$$

et nos formules s'écriront très simplement

$$x^* = \cosh \tau^* - 1, \qquad t^* = \sinh \tau^*$$

où les temps t^* et τ^* sont exprimés en années, le parcours x^* en années-lumière. On peut établir le tableau suivant :

τ^*......	1	1,3	2,5	3,1	5,3	7,6	9,9	12,2	14,5	16,8	19,1	21,4
x^*.....	0,5	1	5	10	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9

τ^*, durée du voyage en années (temps propre des astronautes).
x^*, chemin parcouru en années-lumière (mesuré dans le référentiel fixe).

Ainsi, les astronautes devront voyager environ deux années et demie pour atteindre un point éloigné de 5 années-lumière, ce qui est approximativement la distance aux étoiles les plus proches du Soleil. En 12 années, ils auront parcouru un chemin comparable au diamètre de notre galaxie, 100000 années-lumière. Après 20 à 22 ans, ils auront rejoint les nébuleuses les plus lointaines, 1 milliard d'années-lumière.

S'ils ont le désir d'accoster sur une planète lointaine supposée immobile à la distance $2a$ dans le référentiel fixe $\mathcal{R}$, il leur faudra renverser le sens de l'accélération à l'instant τ_a où ils auront parcouru le chemin a, et freiner ainsi leur mouvement pendant un temps égal à τ_a sur un parcours égal à a, ce qui leur permettra d'arriver sans vitesse sur la planète envisagée.

Il va de soi que l'engin ainsi freiné ira beaucoup moins loin que si l'accélération avait gardé une direction constante pendant la durée totale $2\tau_a$ du parcours. Les différences sont énormes, 22000 années-lumière en 20 ans au lieu de 240 millions.

Le freinage nécessaire sera moindre s'il s'agit d'accoster sur une planète d'une des lointaines nébuleuses qui s'éloignent de nous avec des vitesses qui sont déjà des fractions importantes de la vitesse de la lumière (univers en expansion).

Ayant ainsi, après 20 années de voyage, accosté sans vitesse sur une planète éloignée de 2 000 années-lumière, les astronautes pourront revenir sur la Terre par un voyage de même durée. Pendant les 40 années de leur temps propre, le temps écoulé dans le référentiel fixe sera égal à

$$t^* = 4 \sinh 10 \approx 44\,000 \text{ ans}$$

($t_a^* = \sinh 10$ est le temps écoulé pendant la moitié de chacun des deux voyages aller et retour).

Ainsi les astronautes dont l'âge se sera accru de 40 ans au cours de leur immense randonnée trouveront à leur retour notre planète plus vieille de 44000 ans. Les civilisations auront eu le temps d'évoluer.

Après un voyage aller et retour de 80 ans qui les aurait amenés jusqu'à 500 millions d'années-lumière, ils trouveraient la Terre vieillie de $t^* = 4 \sinh 20 = 1$ milliard d'années, durée de l'ordre des périodes géologiques. Le paradoxe de Langevin atteint ici à l'extravagance.

Ainsi, un engin auquel on saurait communiquer pendant plusieurs années consécutives une accélération voisine de celle du champ gravitant dans lequel nous sommes habitués à vivre, permettrait les explorations fantastiques de l'espace et du temps dont les principes dus au génie d'Einstein nous autorisent à affirmer la possibilité.

La difficulté n'est pas de donner à l'engin une accélération de l'ordre envisagé, mais de réaliser un dispositif de fusée capable de maintenir cette accélération pendant des années, ce qui paraît très au delà de nos moyens techniques actuels. Peut-être y parviendrait-on si l'on savait libérer l'énergie totale contenue dans la matière, non seulement l'énergie de liaison de certains nucléons, mais l'énergie des nucléons eux-mêmes.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la réduction cathodique de l'oxyde de cuivre.* Note (*) de MM. **Pierre Jolibois** et **André Sancelme**.

La réduction par voie électrolytique des composés minéraux insolubles a été l'objet jusqu'ici d'un nombre assez limité de travaux. Bien que le phénomène ait été signalé dès 1846 par Becquerel (1), il semble que seul Fischbeck (2) dans une série de travaux exécutés entre 1925 et 1928 en ait reconnu l'importance.

Nous avons à plusieurs reprises (3) insisté sur la réduction des oxydes. En effet, les vues que l'un de nous a développées sur l'électrolyse reposent partiellement sur l'apparition des métaux à la cathode grâce à la réduction de l'oxyde par l'hydrogène atomique.

Le but de cette étude est de montrer avec quelle facilité des oxydes, même calcinés préalablement, peuvent être réduits dès la température ordinaire.

(*) Séance du 25 février 1952.

(1) *Comptes rendus*, **22**, 1846, p. 781.

(2) *Z. Anorg. Chem.*, **148**, 1925, p. 97-129; **167**, 1927, p. 21-39; **175**, 1928; p. 341-342.

(3) P. Jolibois, *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 981; P. Jolibois et Nicol, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 225.

L'appareillage que nous avons utilisé consiste essentiellement en une cathode de platine formant le fond d'un vase en verre. Elle est surmontée par l'électrolyte et l'on introduit à sa surface l'oxyde à réduire. Une cloche à gaz recouvrant l'ensemble permet de recueillir et de mesurer l'hydrogène non utilisé par la réaction et de déduire le rendement faradique connaissant le nombre de coulombs qui ont traversé le dispositif.

Les expériences exécutées avec l'oxyde de cuivre nous ont amenés à faire les constatations suivantes :

1° En milieu sulfurique 0,5 N, où l'oxyde CuO calciné est pratiquement insoluble à froid, le rendement faradique est égal à 1 jusqu'à réduction complète de l'oxyde en cuivre métallique. L'oxyde se réduit sans que la forme extérieure des grains se modifie. La réduction progresse à l'intérieur de chaque grain en s'éloignant de la cathode.

2° Lorsque le milieu est moins acide (0,1 N par exemple), on obtient un mélange de cuivre et d'oxyde cuivreux qui finit par disparaître à la longue avec un mauvais rendement faradique.

La réduction de l'oxyde Cu_2O pur se produit avec un rendement faradique qui passe par un maximum égal à 0,95 vers le premier dixième de l'opération. La réduction totale est lente et n'est atteinte qu'avec un rendement faradique inférieur à 0,5.

3° L'hydroxyde vert de formule $Cu(OH)_2$ se réduit avec un très mauvais rendement (en milieu alcalin évidemment).

4° L'oxyde noir de formule approximative $4\,CuOH_2O$ se réduit avec un rendement de l'ordre de 0,75.

5° En milieu alcalin 0,5 N, le rendement de la réduction de CuO calciné est de l'ordre de 0,75. Cette baisse de réduction est due à la formation transitoire de Cu_2O visible au microscope en interrompant l'expérience avant son terme.

Structure des métaux réduits électrolytiquement. — Nous avons examiné par spectrographie aux rayons X les dépôts d'oxyde CuO réduits à basse température et nous avons constaté sur ceux-ci la permanence des raies de l'oxyde de cuivre CuO bien que nous ayions vérifié que la réduction était complète.

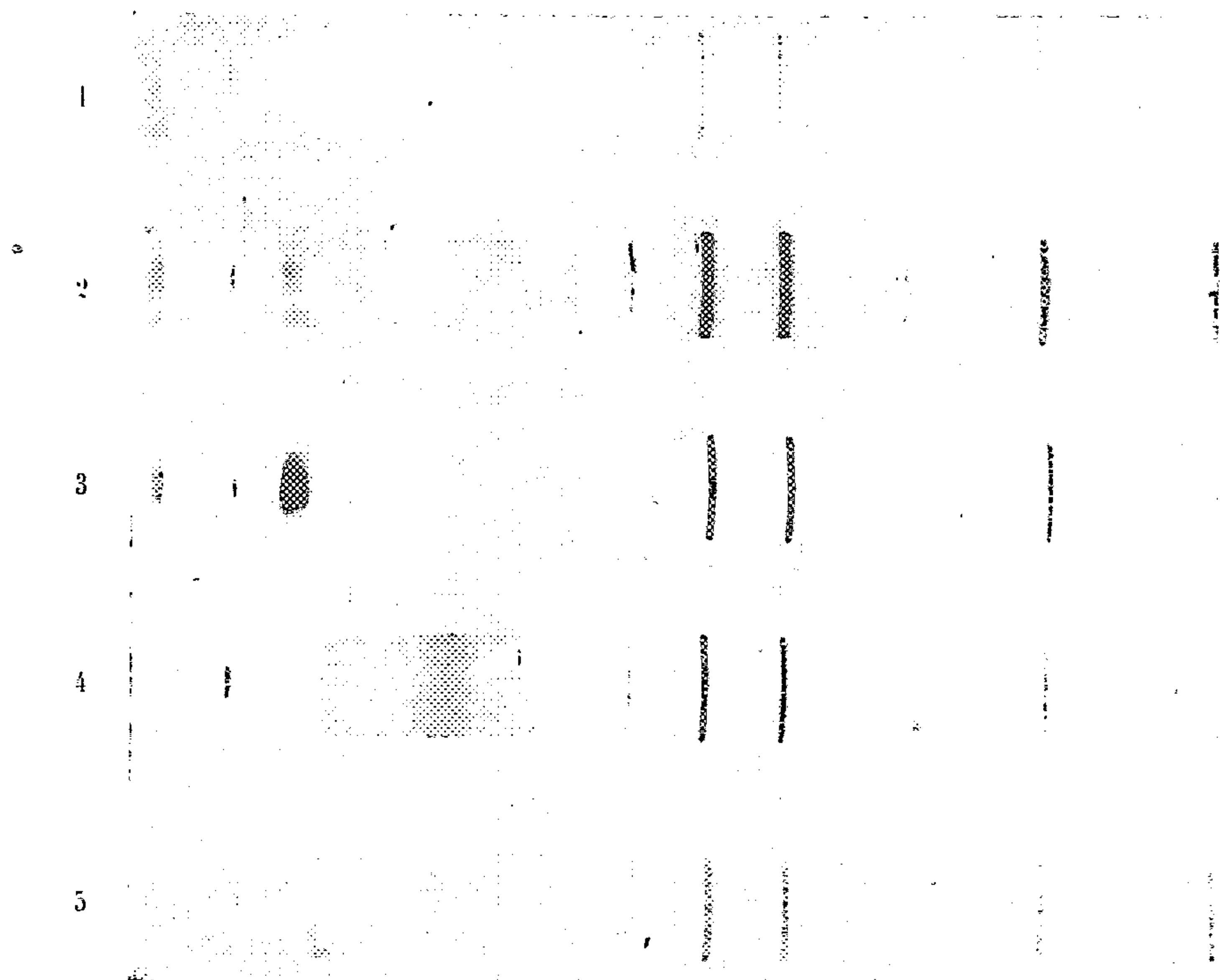
Par comparaison avec des clichés de mélanges synthétiques de cuivre et d'oxyde de cuivre nous avons pu fixer approximativement à 10 % la teneur en réseau d'oxyde de cuivre du cuivre pur ainsi obtenu.

En enfermant le cuivre réduit présentant les raies de l'oxyde dans des ampoules scellées et vides de gaz et en effectuant un recuit de 48 h dans une étuve chauffée à 215°, on obtient un spectre complètement exempt des raies de l'oxyde.

Les raies de cuivre recuit, beaucoup plus fines, indiquent que le réseau cristallin a cessé d'être distordu. D'autre part, le produit qui avait une

couleur brun rouge est devenu rouge brique caractéristique du cuivre réduit à haute température.

Il faut retenir de ceci qu'une partie du cuivre ainsi obtenu constitue une variété allotropique artificielle et instable du cuivre dont le réseau cristallin est resté celui de la substance qui a été transformée.



Spectres de rayons X de quelques échantillons. (Clichés de monochromateur avec la raie K_α du Cuivre.)

1. Mélange synthétique Cu + 10 % CuO purs.
2. CuO réduit cathodiquement en cuivre.
3. Cuivre réduit (échantillons 2 et 4) recuit sous vide à 215°.
4. Cuivre déposé électrolytiquement sous 10 A : cm².
5. Mélange synthétique Cu + 10 Cu_2O purs.

Une expérience complémentaire milite en faveur de la théorie de l'électrolyse présentée par l'un de nous.

Lorsqu'on électrolyse avec une forte densité de courant à basse température (4°) du sulfate de cuivre (en solution M), le métal obtenu ([4]), quoique pur à l'analyse chimique, présente, outre les raies du cuivre, les raies les plus importantes de l'oxydule de cuivre. Ceci est un argument en faveur d'un stade intermédiaire oxygéné préalable au dépôt de métal. Comme dans le cas précédent, ces raies disparaissent par un recuit dans le vide.

([4]) Ce métal obtenu était non adhérent et de couleur brun foncé.

En résumé, nous avons, au cours d'une étude relative à la réduction électrolytique des oxydes de cuivre, mis en évidence l'existence de deux variétés cristallines nouvelles du cuivre, l'une ayant la structure de l'oxyde CuO, l'autre ayant celle de l'oxyde Cu_2O.

ÉCONOMIE RURALE. — *A propos des variantes de l'ultravirus de la fièvre aphteuse.* Note (*) de M. **Gaston Ramon**.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons signalé qu'au cours de l'épizootie de fièvre aphteuse qui déferle depuis plus d'un an sur l'Europe, apparaissent des variantes et même des changements de type de l'ultravirus aphteux.

Quelle est donc l'origine et la cause de ces *variantes* ou de ces changements de type dans le cours d'une même épizootie ? On peut trouver, dans leur apparition, une certaine analogie avec le phénomène de la « *résistance* » *des microbes pathogènes aux substances antibiotiques.* Il est, en effet, bien connu maintenant que des staphylocoques deviennent pénicillino-résistants, des bacilles tuberculeux, streptomycino-résistants, etc., sous l'effet de la thérapeutique antibiotique appropriée. Il s'agit là d'une propriété transmissible aux futures générations microbiennes, les germes issus de ces générations pouvant infecter d'autres individus chez lesquels ils sont alors, d'emblée, résistants, comme viennent de l'affirmer encore Robert Debré et ses collaborateurs pour le bacille de Koch ([2]) streptomycino-résistant.

Dans le cas de l'ultravirus aphteux, on doit se demander si chez certains animaux qui sont dans des conditions spéciales du fait de la maladie, par exemple chez ceux qui sont incomplètement immunisés par la maladie elle-même ou par la vaccination, cet ultravirus ne subit pas, tout comme les bactéries pathogènes chez les malades traités par les antibiotiques, des modifications lui conférant des caractères nouveaux qui le différencient plus ou moins profondément du type auquel il appartient, d'où résulteraient les changements ou les variantes de type constatés. Ce qui corrobore cette hypothèse ce sont les faits acquis depuis peu concernant d'autres ultravirus, par exemple celui de la grippe. Il a été constaté, tout dernièrement, par Archetti et Horsfall, que l'on peut obtenir des variantes antigéniques de souches de virus de la grippe du type A, par des séries de passages *in ovo*, chez l'embryon de Poulet, en présence d'immunsérum de

(*) Séance du 25 février 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 777.

([2]) *Bull. et Mém. de la Soc. Méd. des Hôpitaux*, 1952 (sous presse).

spécificité différente [3]. Antérieurement, Taylor et d'autres auteurs [4] avaient signalé que chez des individus à passé pathologique différent ou dont l'immunité diffère dans sa spécificité ou dans son degré et qui sont infectés par un même type de l'ultravirus grippal, des souches à caractères antigéniques nouveaux peuvent prendre naissance. Dans une série de Mémoires récemment publiés, Burnet et ses collaborateurs ont montré que, à partir de cerveaux de Souris inoculés par voie intracérébrale, au moyen d'un mélange de deux virus de la grippe, on pouvait isoler un troisième type de virus qui présente des caractères semblant dériver à la fois des deux types originaux [5]. D'ailleurs, Buhl [6], constatant il y a quelques mois, dans une région d'Allemagne où sévissait l'épizootie aphteuse, l'apparition brusque d'une nouvelle variante, la variante A^5 de l'ultravirus aphteux [7], estime qu'elle n'a pas été « importée », mais qu'elle est le résultat d'une transformation « autochtone », « spontanée » d'un type de virus en cause dans la même région. L'expérience démontre, toujours d'après Buhl, que l'agent de la fièvre aphteuse a la particularité, spécialement lorsque la maladie provoquée par un type donné d'ultravirus est à son déclin, de se transformer en une variante ou en un type divergent, favorisant ainsi la persistance du virus. D'un autre côté, Demnitz [8] a fait connaître, fin août dernier, que chez un animal de l'espèce bovine qui, expérimentalement, avait reçu de nombreuses injections d'ultravirus O, un aphte lingual apparut, d'où l'on retira un ultravirus ayant tous les caractères du type C, cet animal présenta alors une infection généralisée et contamina deux autres bovidés qui avaient également reçu auparavant comme le premier, des injections de virus O; chez ces deux animaux, l'infection à virus C resta localisée aux lèvres et aux gencives.

Ainsi, de même que certaines bactéries pathogènes deviennent, grâce à un phénomène biologique d'autodéfense, résistantes aux antibiotiques,

---

(3) I. Archetti et F.L. Horsfall Jr., *Rendicondi Istituto Superiore di Sanita*, n° 9, 1951, p. 909.

(4) R. M. Taylor, *Am. Journ. Publ. Health*, 39, 1949, p. 371. *Voir* également les travaux de F.M. Burnet et D.R. Bull, *Australian J. Exp. Biol. and Med. Sc.*, 22, 1944, p. 173; T. Francis Jr., *Proc. Soc. Exp. Biol. and Med.*, 3, 1947, 143.

(5) *Voir* F. M. Burnet et Margaret Edney, *The Australian Journ. of Exp. Biol. and Medical Science*, 9, 1951, p. 353.

(6) Buhl, cité par G. Flückiger, *Bull. Off. Internat. des Epizooties*, 35, 1951, p. 719.

(7) Apparition survenant après celles de la variante A^4, du type C, du type O du virus aphteux, etc., des constatations similaires ont été faites en France (*voir* par exemple : H. Girard et C. Mackowiak, *Bull. Off. Internat. des Epizooties*, 33, 1951, p. 477, et 35, 1951, p. 665) et ailleurs. C'est ainsi qu'en Colombie on a signalé l'apparition après d'autres variantes, des variantes O^3 et A^6.

(8) Demnitz, cité par G. Flückiger, *Bull. Off. Int. des Epizooties*, 35, 1951, p. 719.

de même les *ultravirus paraissent, eux aussi, capables d'autodéfense afin d'assurer la pérennité de l'espèce.*

D'un point de vue très général, il semble que l'on assiste actuellement, dans le domaine des maladies infectieuses, à la naissance d'une pathologie nouvelle ou tout au moins que l'on découvre des processus pathologiques jusque-là inconnus. Ainsi que nous l'écrivions naguère [9], il est possible que l'usage thérapeutique des substances antibiotiques donne lieu à la sélection ou à l'apparition de souches de bactéries pathogènes, de plus en plus résistantes, susceptibles d'accroître la malignité des infections et de créer ainsi dans l'avenir de nouvelles formes de maladies, ce qui serait grave, d'autant plus grave que l'on risquerait, un jour, de se trouver désarmé vis-à-vis d'elles. C'est ce qui, véritable rançon du progrès, tend à se réaliser à l'heure présente.

Et maintenant voilà que, d'autre part, on doit redouter l'apparition, au cours d'une même épizootie aphteuse, de diverses variétés de l'ultravirus aphteux, celui-ci réagissant contre des influences telles que les défenses humorales et cellulaires de l'organisme animal qui tendent à l'amoindrir et à l'annihiler dans ses propriétés infectantes, par l'acquisition de caractères nouveaux transmissibles qui le rendront moins vulnérable, plus agressif chez des bovidés même partiellement réfractaires à l'égard du type primitif. C'est ainsi que la variante A^5 à laquelle se réfère Buhl [10] a, d'après lui, une grande puissance de contagion, provoque de graves manifestations morbides et conduit, dans une forte proportion de cas, à la mort des animaux atteints.

Aujourd'hui, il s'agit simplement de variantes ou de types d'un même ultravirus. Demain, nous serons peut-être mis en présence, à la suite d'un véritable phénomène biologique de transmutation, d'ultravirus entièrement nouveaux dans leur constitution et dans leurs propriétés pathogènes devenant les agents de maladies plus ou moins éloignées dans leurs manifestations, de la maladie causée par l'ultravirus initial. Signalons, à ce propos, la parenté entre les virus « Coxsackie » et de la poliomyélite qui ont sans doute une origine commune; on les dit « cousins germains ». On trouve souvent associées les deux sortes de virus dans les mêmes épidémies estivales aux États-Unis [11].

Les faits mis en évidence ces derniers temps conduisent ainsi peu à peu à pénétrer le secret de l'origine de la multiplicité infinie des espèces d'ultravirus et à concevoir le mécanisme de leur formation.

---

(9) *J. Méd. de Lyon*, 32, n° 752, 1951, p. 397, *voir* également G. Ramon, R. Richou, P. Mercier et G. Holstein, *Rev. Immunologie*, 10, 1946, p. 71.

(10) *Loc. cit.*

(11) Voir *La Presse Médicale*, 60, 1952, p. 166.

Telles sont les considérations que nous suggèrent, d'une part les observations recueillies au cours de l'épizootie aphteuse qui sévit actuellement en Europe, d'autre part les constatations expérimentales faites à diverses occasions. Il importe, du point de vue pratique, d'en tenir compte dans la lutte contre la fièvre aphteuse comme dans la lutte contre d'autres maladies à ultravirus. Ceux-ci étant en perpétuelle évolution, le vétérinaire comme le médecin, l'épidémiologiste comme l'immunologiste, doivent donc, de leur côté, avoir leur attention constamment en éveil pour déceler les méfaits de cette évolution et pour essayer d'y porter remède.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale que le tome 229 (juillet-décembre 1949) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

M. **Louis Roy** adresse à l'Académie la troisième édition, revue et augmentée, du tome I de son *Cours de Mécanique rationnelle*.

M. **Henri Humbert** fait hommage de 5 fascicules de la *Flore de Madagascar et des Comores* (*Plantes vasculaires*), qu'il dirige : 6e à 11e *familles*, par Mme Tardieu-Blot; 52e à 54e *familles*, par Jean-François Leroy; 79e *famille*, 112e, 113e *familles*, 119e *famille*, par Henri Perrier de La Bâthie.

M. **Armand de Gramont** présente une plaquette intitulée : *Cérémonie commémorative en l'honneur du Centenaire de la naissance du Professeur Arsène d'Arsonval*, 1851-1940, *organisée par l'Union des Associations scientifiques et industrielles françaises*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section de Géométrie, en remplacement de M. *Élie Cartan*, décédé.

Le scrutin donne les résultats suivants :

	1er tour	2e tour
Nombre de votants	66	67
	Nombre de suffrages.	
M. René Garnier	29	39
M. Maurice Fréchet	17	16
M. Paul Lévy	18	12
M. Georges Valiron	2	–

M. **René Garnier**, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement de la République.

DÉSIGNATIONS.

M. **Émile Borel** est désigné pour représenter l'Académie dans la Commission de la **Maison de l'Institut de France a Londres**.

M. **Gaston Julia** est désigné pour représenter l'Académie aux Cérémonies du Cent-cinquantième anniversaire de la fondation de l'**Académie militaire des États-Unis, a West Point**, qui auront lieu le 20 mai 1952.

PLIS CACHETÉS.

M. **Marc Julia** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 2 avril 1951 et enregistré sous le n° 12819.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Synthèse de la diamino*-3-6 *xanthone*.

(Renvoi à la Section de Chimie.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la Chaire de Physique mathématique vacante au *Collège de France*.

(Renvoi aux Sections de Géométrie et de Physique générale.)

M. **Maurice Chevassu** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Médecine et de Chirurgie, par le décès de M. *Henri Hartmann*.

La **Division de Géologie et Minéralogie du Service géologique du Brésil**, par l'organe du Professeur Francis Ruellan, fait hommage à l'Académie de la médaille du Centenaire d'*Orville Derby*.

Le Président des **Amis de François Arago** annonce la constitution de cette Association, dans le but d'honorer la mémoire de ce Savant et d'ériger, à Estagel, un nouveau monument en remplacement de celui qui a été détruit pendant la guerre.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Les Prix Nobel en* 1950.

2° Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin. *Veröffentlichungen des Geodätischen Institutes in Potsdam*, nos 1 à 6.

ALGÈBRE. — *Sur une classe de transformations dans les demi-groupes inversifs.* Note (*) de M. **Gabriel Thierrin**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Soient D un demi-groupe inversif (1), y un élément quelconque de D et y_i un élément inversif de y. *Le transformé à droite d'un élément* $x \in D$ *par* (y, y_i) *est par définition l'élément* $y_i x y$ *et le transformé à gauche de* x *par* (y, y_i) *est l'élément* $y x y_i$.

Théorème 1. — *L'ensemble des transformés à droite par* (y, y_i) *des éléments d'un demi-groupe inversif* D *constitue un demi-groupe qui a l'élément unitaire à droite* $y_i y$ *comme élément neutre à droite.*

Preuve. — Soient x et z deux éléments quelconques de D, et $y_i x y$ et $y_i z y$ leurs transformés à droite. Le produit

$$y_i x y . y_i z y = y_i (x y y_i z) y$$

est encore le transformé d'un élément de D. L'élément $y_i y$ appartient aussi à ce demi-groupe des transformés, car

$$y_i y = y_i y y_i y = y_i (y y_i) y.$$

Cet élément $y_i y$ est élément neutre à droite dans ce demi-groupe des transformés, car nous avons

$$y_i x y . y_i y = y_i x . y y_i y = y_i x y.$$

Remarquons que si nous avons en outre $y_i y y_i = y_i$, $y_i y$ est aussi élément neutre à gauche.

Nous avons le théorème symétrique pour l'ensemble des transformés à gauche.

(*) Séance du 25 février 1952.

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 376. Un demi-groupe D est inversif si, pour tout $x \in D$, il existe $x' \in D$ tel que $x x' x = x$. Un tel élément x' est dit un élément inversif de x, et les éléments $x' x$ et $x x'$ sont respectivement appelés unitaires à droite et à gauche de x.

THÉORÈME 2 ([2]). — *Si y_i est un élément inversif de y et si l'élément unitaire à gauche yy_i est permutable avec chaque élément de* D, *l'ensemble* D_1 *des transformés à droite du semi-groupe inversif* D *par* (y, y_i) *constitue un sous-demi-groupe inversif homomorphe à* D, *et qui a l'élément unitaire* y_iy *comme élément neutre. Si, en outre, l'élément unitaire à droite* y_iy *est permutable avec chaque élément de* D, *nous avons l'égalité* $y_iy = yy_i$, *et* D_1 *se confond avec l'ensemble* D_2 *des transformés à gauche de* D *par* (y, y_i), *et avec l'ensemble* D_3 *des éléments* xy_iy *où* x *parcourt tous les éléments de* D, *c'est-à-dire que nous avons* $D_1 = D_2 = D_3$.

Preuve. — D'après le théorème précédent, l'ensemble D_1 constitue un demi-groupe qui a l'élément y_iy comme élément neutre à droite. Cet élément est aussi un élément neutre à gauche, car, si x est un élément quelconque de D, nous avons :

$$y_iy . y_ixy = y_i . yy_ixy = y_ixyy_iy = y_ixy.$$

Le demi-groupe D_1 est un sous-demi-groupe inversif de D, car si x_i est un élément inversif de x, nous avons :

$$y_ixy . y_ix_iy . y_ixy = y_i . xx_ix . y = y_ixy,$$

c'est-à-dire que le transformé de l'élément inversif x_i est un élément inversif pour le transformé de x.

Si x et z sont deux éléments quelconques de D, nous avons :

$$y_ixy . y_izy = y_ixzyy_iy = y_ixzy.$$

Donc le produit des transformés de deux éléments est le transformé du produit de ces deux éléments et D_1 est homomorphe à D, en faisant correspondre à un élément quelconque $x \in D$ son transformé $y_ixy \in D_1$.

Si maintenant nous supposons que l'élément unitaire à droite y_iy est aussi permutable avec chaque élément de D, nous avons :

$$yy_i = yy_iyy_i = y_iyyy_i, \qquad y_iy = y_iyy_iy = y_iyyy_i;$$

d'où

$$yy_i = y_iy.$$

Nous avons maintenant $D_1 = D_2$. En effet, soit $y_ixy \in D_1$. Puisque $y_iy = yy_i$ est élément neutre dans D_1, nous avons

$$y_ixy = (yy_i) . y_ixy . (yy_i) = y(y_iy_ixyy)y_i \in D_2.$$

c'est-à-dire que tout élément de D_1 appartient à D_2. Inversement, tout élément de D_2 appartient à D_1, car

$$yxy_i = y(y_iy)(y_iy)xy_i = (y_iy)yxy_i(y_iy) = y_i(yyxy_iy_i)y \in D_1.$$

([2]) Nous nous dispensons d'énoncer le théorème symétrique.

Nous avons enfin $D_1 = D_3$. En effet

$$y_i xy = y_i xy . y_i y \in D_3,$$

c'est-à-dire que tout élément de D_1 appartient à D_3. Inversement, tout élément de D_3 appartient à D_1, car

$$xy_i y = xy_i y . y_i y = y_i yxy_i y = y_i (yxy_i) y \in D_1.$$

COROLLAIRE. — *Une condition nécessaire et suffisante pour que* $D_1 = D$ *est que* $y_i y$ *soit élément neutre dans* D.

La condition est évidemment nécessaire. Elle est aussi suffisante. En effet, nous avons $D_1 = D_3$. Si $x \in D$, $xy_i y \in D_1$; mais $xy_i y = x$, donc $x \in D_1$.

Soit maintenant H un sous-demi-groupe inversif de D, y un élément quelconque de D et y_i l'un des éléments inversifs de y. On montre d'une manière analogue que, *si* $yy_i (y_i y)$ *est permutable avec chaque élément de* H, *l'ensemble des transformés à droite (à gauche) de* H *par* (y, y_i) *constitue un sous-demi-groupe inversif de* D *qui est homomorphe à* H.

ALGÈBRE. — *Conditions suffisantes pour que, dans un treillis multiplicatif complet, la condition de chaîne descendante entraîne la condition de chaîne ascendante.* Note de M. **Léonce Lesieur**, présentée par M. Henri Villat.

1. *Définitions et remarques préliminaires.* — L'endomorphisme η d'un demi-treillis T est appelé *principal*, si l'image d'un idéal principal (a) est l'idéal principal $(a\eta)$ $(x' \leqq a\eta \longleftrightarrow \exists\, x \leqq a$ tel que $x' = x\eta)$.

η est essentiel si la relation $x\eta \cup h = y\eta \cup h$, entraîne l'existence d'éléments x' et y' tels que $x \cup x' = y \cup y'$, $x'\eta \leqq h$, $y'\eta \leqq h$ [1]. Le produit d'endomorphismes principaux (essentiels) est un endomorphisme principal (essentiel). Si η est un endomorphisme principal, on a $x \succ y \to x\eta \succ y\eta$ ou $x\eta = y\eta$.

L'union d'endomorphismes η_a est définie par $x\left(\bigcup_{a \in \mathfrak{A}} \eta_a\right) = \bigcup_{a \in \mathfrak{A}} x\eta_a$.

Dans ce qui suit, T désigne un treillis multiplicatif complet avec éléments zéro et $u \neq 0$ vérifiant pour tout $x \in T$,

$$(1) \qquad 0 \leqq x; \quad x0 = 0x = 0; \quad x \leqq u, \quad ux = x \quad (^2).$$

L'application opératoire $x \to xa$ ($a \in T$, fixe, $x \in T$) est un $\cup$-endomorphisme fort de T. Si cet endomorphisme η est principal (essentiel), on dit que l'élément a est principal (essentiel).

2. *Transfert de* T *à* T_r. — Étant donné un élément $r \in T$, tel que $ru \leqq r$, l'équivalence $\mathcal{R}$ définie par $x \equiv y(\mathcal{R}) \longleftrightarrow x \cup r = y \cup r$ est régulière par rapport à l'union et à la multiplication.

(1) *Cf.* L. A. Hostinsky, *Duke Math. J.*, 18, (2), 1951.

On désigne par T_r le demi-treillis multiplicatif $T/\mathcal{R}$.

Les propriétés suivantes sont des propriété de transfert de T à T_r :

La condition (C) : T est modulaire et l'application opératoire $x \to xa$ est l'union d'endomorphismes principaux.

La condition (D) : l'application opératoire $x \to xa$ est l'union d'endomorphismes essentiels.

La condition (C_1) : T est modulaire et tout élément est l'union d'éléments principaux.

La condition (D_1) : tout élément est l'union d'éléments essentiels.

3. Théorème fondamental. — *Dans un treillis* T *intercontinu vérifiant les propriétés* (1) *et satisfaisant aux conditions* (C) *et* (D), *la condition de chaîne descendante entraîne la condition de chaîne ascendante.*

La démonstration fait intervenir le radical r de T, ou union de tous les éléments nilpotents [2].

1° $r = 0$. *Si* T, *modulaire, vérifie les propriétés* (1), *et satisfait à la condition* (D) *et à la condition de chaîne descendante, c'est une géométrie projective de dimension finie.*

Pour le montrer, on établit d'abord que tout point admet au moins un complément, puis on applique l'une des propriétés caractéristiques d'une géométrie projective de dimension finie : treillis modulaire satisfaisant à la condition de chaîne descendante, et dans lequel tout point admet au moins un complément [4].

Remarque. — Si l'on remplace, dans l'énoncé, l'hypothèse : T est modulaire, par : T est entier ($xu = ux = x$), T est une algèbre de Boole finie.

2° $r \neq 0$. Le radical du treillis T_r est nul, et le résultat précédent s'applique à T_r. On en déduit qu'il existe une chaîne maximale de longueur finie allant de r à u, et que u est l'union d'un nombre fini d'éléments $p_i (i = 1, 2, \ldots, s)$, qui couvrent r. D'autre part, il existe un nombre naturel n tel que $r^n = p^{(2)}$, et par suite une chaîne finie : $0 = r^n < r^{n-1} < \ldots < r^k < r^{k-1} < \ldots < r < u$.

Soit x un élément du segment $[r^k, r^{k-1}]$. On a

$$x = ux = \Big(\bigcup_{i=1,\ldots,s} p_i\Big)x = \bigcup_{i=1,\ldots,s} (p_i x \cup r^k).$$

Il vient d'après la condidion (C)

$$p_i x = \bigcup_{\alpha \in \mathfrak{A}} p_i \eta_\alpha, \qquad \text{avec} \qquad p_i \eta_\alpha \succ r\eta_\alpha \qquad \text{ou} \qquad p_i \eta_\alpha = r\eta_\alpha.$$

Mais $x \leqq r^{k-1}$ entraîne $r\eta_\alpha \leqq rx \leqq r^k$, et, le treillis étant modulaire, $p_i \eta_\alpha \cup r^k$ couvre $r\eta_\alpha \cup r^k = r^k$ ou lui est égal. Dans le sous-treillis $[r^k, r^{k-1}]$, qui est

---

[2] *Cf.* L. Lesieur, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 290.

modulaire, complet et intercontinu, tout élément x est union de points. Il en résulte que ce sous-treillis est une géométrie projective (⁴); sa dimension est finie en vertu de la condition de chaîne descendante, et il existe par suite une chaîne maximale d'extrémités r^k et r^{k-1}. En faisant varier k de 1 à n, on en déduit l'existence d'une chaîne maximale d'extrémités o et u. Par suite, le treillis étant modulaire, est de longueur finie.

Remarque. — Si u est élément unité (donc T entier), on peut remplacer dans l'énoncé du théorème la condition de chaîne descendante par la condition de chaîne descendante affaiblie, et la condition modulaire par la condition modulaire affaiblie.

4. Exemples. — 1° *Treillis* T *des idéaux à gauche* (ou à droite) *d'un anneau avec élément unité*, satisfaisant à la condition de chaîne descendante.

L'endomorphisme de T défini par $x \rightarrow x\alpha (x \in T, \alpha \in A)$, est principal et essentiel, et les conditions (C) et (D) sont vérifiées. Si A est commutatif, les conditions plus particulières (C_1) et (D_1) sont vérifiées en prenant pour éléments principaux et essentiels les idéaux principaux.

2° *Treillis* T *distributif pseudo-relativement complémenté* [3] satisfaisant à la condition de chaîne descendante et à la condition (D_1) pour l'opération $\cap$. On a alors $r = 0$ et T est une algèbre de Boole finie.

ANALYSE GÉNÉRALE. — *Sur les espaces précompacts.*

Note (*) de M. **Jean Colmez**, présentée par M. Paul Montel.

Parmi les propriétés des espaces précompacts non citées dans ma Note précédente [1], il est intéressant de signaler les suivantes :

Un espace localement précompact est un espace de Baire. Toute image continue d'un espace précompact est précompact.

Si f est une application continue de l'espace précompact E dans l'espace métrique F, l'image de tout ouvert, saturé par f, est un ouvert : si f est biunivoque, elle est bicontinue.

Toute fonction numérique, semi-continue supérieurement sur un précompact, qui est limite d'une suite de fonctions continues, atteint son maximum.

Si E est uniformément localement précompact, son complété dans une structure uniforme convenable (c'est-à-dire possédant un entourage U tel

(³) *Voir* pour la définition : G. Birkhoff, *Lattice Theory*, 1948.

(⁴) *Voir* pour l'étude détaillée d'une géométrie projective : M. L. Dubreil-Jacotin, L. Lesieur et R. Croisot, *Leçons sur la théorie des treillis* (à paraître dans les Cahiers Scientifiques).

(*) Séance du 18 février 1952.

(¹) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1552.

que $U(x)$ soit précompact quel que soit $x \in E$) est localement compact et, si f est une application dans un espace métrique, continue, telle que $U(x)$ contienne l'image réciproque, contenant x, d'un ouvert, quel que soit x, alors $A \subset E$ est précompact, si et seulement si $f(A)$ est compact. Un entourage de la diagonale étant donné, soit V, il existe une application f, vérifiant les conditions précédentes, telle que $d(x; y) \leq \varepsilon$ (d, distance dans l'image métrique) entraîne $[f^{-1}(x), f^{-1}(y)] \in {}^{-}V$. Il existe sur tout précompact $A \subset E$ une partition de l'unité dont tous les éléments en nombre fini ont un support précompact petit d'ordre V, donné *a priori*.

Mesure. — Si f est une application de l'espace uniformément localement précompact E sur l'espace métrique F, vérifiant les conditions précédentes, toute mesure définie par le procédé indiqué dans ma dernière Note induit dans F une mesure de Radon définie en posant $I(g) = I[g(f)]$, g étant une fonction numérique continue à support compact sur F.

Σ étant une structure uniforme convenable sur E, $\overline{E}$ son complété, $I(f)$ une fonctionnelle linéaire positive sur $\mathcal{E}$, espace des fonctions numériques continues à support précompact sur E, on en déduit une fonctionnelle sur $\overline{E}$ en posant $\overline{I}(\overline{f}) = I(f)$, $\overline{f}$ étant le prolongement de f, définie sur l'espace des fonctions numériques continues à support compact. Toute fonction h intégrable sur E est restriction à E d'une fonction $\overline{h}$ de $\overline{E}$ intégrable et $\overline{I}(\overline{h}) = I(h)$. Les procédés d'intégration sur les deux espaces ne sont pas les mêmes et j'ignore si, réciproquement, toute fonction intégrable sur E a une restriction intégrable sur E. I sera dite trace de $\overline{I}$.

Si G est un groupe qui est un espace localement précompact ([2]), ou un espace localement précompact où opère un groupe simplement transitif d'isomorphismes également continus dans une structure Σ, il existe une mesure et une seule (à une constante multiplicative près) invariante par translations à droite ou les isomorphismes, que nous appelons mesure de Haar sur les groupes localement précompacts. Elle est la trace au sens de l'alinéa précédent de la mesure de Haar correspondante sur le groupe complété $\overline{G}$ et se multiplie par une constante par les translations à gauche : les fonctions uniformément continues dans la structure bilatère de G sont intégrables et leurs supports ont une mesure finie. J'ignore si une fonction continue quelconque est intégrable et si tout précompact est mesurable.

Intégration dans les espaces localement précompacts sans uniformité. — On n'est plus assuré de l'existence d'une fonction numérique continue à support précompact, égale à 1 sur un précompact donné. La théorie se développe de la même façon en remplaçant l'espace $\mathcal{E}$ par l'espace $\mathcal{E}_0$ des fonctions de $\mathcal{E}$ qui

---

([2]) La condition ici imposée est plus forte que celle imposée aux groupes que N. Bourbaki appelle localement précompacts.

ont leurs supports dans le support strict [3], d'un élément de $\mathcal{E}$. Les supports des fonctions de $\mathcal{E}$ sont mesurables mais leur mesure n'est plus forcément finie. Cependant, si I est une fonctionnelle linéaire positive définie sur $\mathcal{E}$, la construction indiquée permet de définir une mesure telle que l'intégrale I_0 qu'on en déduit coïncide avec I sur $\mathcal{E}_0$ et vérifie l'inégalité $I(f) \geqq I_0(f)$, si $f \geqq 0$ appartient à $\mathcal{E}$.

Alors les supports des fonctions de $\mathcal{E}$ ont une mesure finie.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le signe des conditions de Weierstrass et de Legendre pour les minima et maxima en calcul des variations.* Note de M. **William Scribner Kimball**, présentée par M. Jacques Hadamard.

On met d'ordinaire en évidence, en Calcul des variations, le caractère positif de $f_{y'y'}$ et de la fonction E comme condition du minimum pour J (ext), et *vice versa* pour le maximum. Il importe de signaler le *renversement* de ce rôle dans le cas d'intégrations faites en ce sens négatif ($dx < 0$) le long chemin d'intégration de J. Bien que ce renversement soit une conséquense évidente de la formule intégrale de Weierstrass, le nombre des problèmes élémentaires et familiers où il peut se rencontrer ne permet pas de le négliger.

La règle correcte qui doit décider du maximum ou du minimum d'une intégrale est donc la suivante :

Un extremum d'une intégrale curviligne J en calcul des variations, est un minimum ou un maximum selon que le signe $f_{y'y'}$ de la fonction E, s'accorde ou non avec le signe de la différentielle de la variable indépendante (variable d'intégration de J).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'Analyse spectrale des fonctions non bornées.* Note (*) de M. **Paul Malliavin**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Une fonction à croissance exponentielle, définie sur un groupe abélien, n'a un spectre vide que si elle est identiquement nulle.

Le problème de l'Analyse spectrale posé par A. Beurling [1], a été résolu par cet auteur dans le cas des fonctions uniformément bornées sur la droite. Ce résultat a été étendu aux fonctions uniformément bornées sur un groupe abélien localement compact par R. Godement [2].

Le problème d'Analyse spectrale se pose également pour les fonctions loca-

---

(3) L'ouvert où f est différent de zéro.

(*) Séance du 18 février 1952.

(1) *Acta mathematica*, 77, 1945, p. 127, 136.

(2) *Ann. Éc. Norm. Sup.*, 64, 1947, p. 113, 140.

lement bornées [3], c'est-à-dire bornées sur tout compact. Par une régularisation convenable, ce problème se ramène à celui de l'Analyse spectrale des fonctions continues localement bornées.

L. Schwartz [4] a complètement résolu cette question sur la droite. Nous nous proposons de l'aborder dans le cas général.

Notations. — Soit g un groupe abélien localement compact, o l'élément neutre pour la loi de composition sur g qui sera notée additivement, $C(g)$ l'espace vectoriel des fonctions définies et continues sur g, à valeurs complexes, muni de la topologie définie par les semi-normes

$$p_K(f) = \max_{x \in K} |f(x)|,$$

où K parcourt les parties compactes de g.

Étant donné $f \in C(g)$ on notera par $[f]$ la variété linéaire fermée engendrée par les translatées de f.

$\exp_\alpha(x)$ désignera un caractère de Mackey [5] du groupe g, c'est-à-dire un homomorphisme de g dans le groupe multiplicatif des nombres complexes (cet homomorphisme pouvant être *sur*).

Le dual $M(g)$ de $C(g)$ est l'espace des mesures à support compact, $L(g)$ le sous-espace de $M(g)$ constitué par les mesures absolument continues par rapport à la mesure de Haar dx; $L_K(g)$ le sous-espace des mesures de $L(g)$ ayant leur support dans le compact K.

$M(g)$ muni du produit de composition est une algèbre, ε_0 désignera son unité.

Définitions. — Une fonction $\varphi(x) > 0$, $\varphi \in C(g)$ sera à *croissance exponentielle régulière* s'il existe un voisinage $V(o)$ et une constante B tels que

$$\frac{\varphi(x)}{\varphi(y)} < B \qquad \text{si} \quad y - x \in V(o).$$

La fonction $f \in C(g)$ sera à *croissance exponentielle* s'il existe φ à croissance exponentielle régulière telle que

$$|f(x)| \leqq \varphi(x).$$

On veut démontrer :

Si f est à croissance exponentielle, alors $[f]$ contient au moins un caractère de Mackey.

Soit J la variété orthogonale dans $M(g)$ à $[f]$, J est un idéal de l'algèbre $M(g)$.

Définissons pour $\mu \in M(g)$:

$$\|\mu\|_\varphi = \sup_{x \in g} \frac{1}{\varphi(x)} \int_g \varphi(x-t)\, |d\mu(t)|, \qquad \text{on a} \quad \|\mu\|_\varphi \leqq B^n.$$

---

[3] A. Beurling, *Colloque d'Analyse harmonique*, Nancy, 1947.

[4] *Ann. Math.*, 48, 1947, p. 857-928.

[5] *Proc. Nat. Acad. U. S. A.*, 1948, p. 156, 162.

si n désigne le nombre minimum de voisinages V avec lequel on peut recouvrir le support compact de μ.

$$\|\mu\star\nu\|_\varphi \leq \sup_{t,\tau\in g}\frac{1}{\varphi(\xi)}\int_g\int_g \varphi(\xi-t-\tau)\,|d\mu(t)|\,|d\nu(\tau)|$$
$$\leq \sup_{t,\tau\in g}\frac{1}{\varphi(\xi)}\int |d\nu(\tau)|\int_g \varphi(\xi-\tau-t)\,|d\mu(t)|$$
$$\leq \sup_{\tau\in g}\frac{\|\mu\|_\varphi}{\varphi(\xi)}\int_g \varphi(\xi-\tau)\,|d\nu(\tau)| = \|\mu\|_\varphi\|\nu\|_\varphi.$$

Enfin l'unité ε_0 est située à distance positive de J. En effet si $\mu\in$ J alors

$$\int_g f(x-t)\,d\mu(t)=0$$

et

$$|f(x)|<\left|\int_g f(x-t)\,d[\mu(t)-\varepsilon_0(t)]\right|<\int_g \varphi(x-t)\,|d[\mu(t)-\varepsilon_0(t)]|,$$
$$\|\mu-\varepsilon_0\|_\varphi>\sup_{x\in g}\frac{|f(x)|}{\varphi(x)}.$$

Le complété $\overline{\mathrm{M}}(g)$ de $\mathrm{M}(g)$ pour la norme $\|\ \|_\varphi$ est une algèbre de Banach. L'adhérence $\overline{\mathrm{J}}$ de J dans $\overline{\mathrm{M}}(g)$ est un idéal non trivial.

Soit $\overline{\chi}$ un caractère de Gelfand, défini sur $\overline{\mathrm{M}}(g)$ et s'annulant sur $\overline{\mathrm{J}}$.

χ, $\chi^\star$, $\chi^\star_{\mathrm{K}}$ désigneront respectivement les restrictions de $\overline{\chi}$ à $\mathrm{M}(g)$, $\mathrm{L}(g)$, $\mathrm{L}_{\mathrm{K}}(g)$.

$\chi^\star_{\mathrm{K}}$, continu sur $\mathrm{L}_{\mathrm{K}}(g)$ pour la norme habituelle, est défini par une fonction $\rho_{\mathrm{K}}(x)$ mesurable et bornée. $\rho_{\mathrm{K}}(x)$ est la restriction à K d'une fonction $\rho(x)$ définie sur g, mesurable, localement bornée, et satisfaisant « en moyenne » à l'équation

$$\rho(x+y)=\rho(x)\,\rho(y).$$

On en déduit que $\rho(x)$ est continue, donc égale à un caractère de Mackey $\exp_{\chi^\star}(x)$.

Si $\mu\in\mathrm{M}(g)$ et $f\in\mathrm{L}(g)''$ alors $\mu\star f\in\mathrm{L}(g)$, d'où

$$\chi^\star(\mu\star f)=\chi(\mu)\,\chi^\star(f),$$
$$\iint_{gg}\exp_{\chi^\star}(x+y)\,d\mu(x)\,f(y)\,dy=\chi(\mu)\int_g \exp_{\chi^\star}(y)\,f(y)\,dy;$$

d'où

$$\chi(\mu)=\int_g \exp_{\chi^\star}(x)\,d\mu(x),$$

ce qui achève la démonstration

Application. — Dans l'espace euclidien R^n une fonction est à croissance exponentielle dans le sens défini plus haut si et seulement si elle est majorée par e^{ar} (r désignant la distance de l'origine).

Étant donné sur R^n *une fonction* $f(x)$, *continue, à croissance exponentielle, il existe une forme linéaire complexe* $\langle \alpha, x \rangle$ *telle que l'on puisse approcher* $e^{\langle \alpha, x \rangle}$ *uniformément sur tout ensemble borné par des combinaisons linéaires des translatées de* $f(x)$.

En particulier ces combinaisons linéaires seront bornées dans un demi-espace de R^n alors que la fonction pouvait croître exponentiellement dans toutes les directions.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le théorème spectral.*
Note (*) de M. **Kennan-T. Smith**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Nouvelle démonstration du théorème spectral pour les opérateurs bornés ou non bornés d'un espace de Hilbert, utilisant la théorie des espaces vectoriels topologiques généraux.

Avec la théorie générale des espaces localement convexes, et surtout avec celle des espaces (LF) [1], on démontre très facilement et sans aucun calcul ennuyeux le théorème spectral pour les opérateurs auto-adjoints non bornés sur un espace de Hilbert.

Soit, en effet, T un tel opérateur, sur l'espace de Hilbert H. Supposons, au préalable, qu'il existe une suite croissante de sous-espaces fermés H_n, chacun invariant par T, sur chacun desquels T est continu, dont la réunion E est dense dans H. (On en établit l'existence à la fin.) T est alors continu sur E muni de la topologie limite des H_n; c'est-à-dire T appartient à l'anneau L(E) [1].

Il faut, tout d'abord, montrer que l'application u de C(R), espace des fonctions continues sur les réels R, avec la convergence uniforme sur les compacts, dans L(E) avec la convergence bornée, qui fait correspondre à tout polynome $p(t)$ l'opérateur $p(T)$, est continue. Pour cela il suffit d'étabir l'inégalité suivante :

$$\|p(T)x\| \leqq \sup_{|t| \leq \|T\|_n} |p(t)| \cdot \|x\|, \tag{1}$$

où n est fixé, x appartient à H_n, et $\|T\|_n$ est la norme de T sur H_n. En raisonnant toujours dans H_n, soit, d'après ([2]), A le projecteur de H_n sur l'espace engendré par x, Tx, ..., $T^m x$, où m est le degré de $p(t)$. Si $S = ATA$, on a

$$\|p(T)x\| = \|p(S)x\| \leqq \sup_{|t| \leq \|S\|_n} |p(t)| \cdot \|x\| \leqq \sup_{|t| \leq \|T\|_n} |p(t)| \cdot \|x\|,$$

attendu que S est un opérateur de dimension finie pour lequel on connaît le théorème spectral.

(*) Séance du 18 février 1952.

(1) J. Dieudonné et L. Schwartz, *Annales de Grenoble*, 1949.

(2) W. F. Eberlein, *Bull. Amer. Math. Soc.*, 52, 1946.

Puisque E est complet ([1]) l'application u se prolonge par continuité à l'espace C(R) tout entier, aussi bien que l'inégalité (1), qui devient dans le cas particulier où $f(t)$ est une fonction bornée

$$\|f(\mathrm{T})x\| = \|u(f)x\| \leq \sup|f(t)| \cdot \|x\|.$$

Autrement dit, tous les opérateurs $u(f)$ pour f bornée sont continus sur H lui-même. Enfin, évidemment tout opérateur $u(f)$ possède un « adjoint » qui est, en effet, $u(\bar{f})$.

Maintenant regardons un moment l'espace L(E). Tout ensemble borné pour la topologie « faible » de la convergence faible et simple est équicontinu ([1]) et E lui-même est réflexif ([1]); ce qui entraîne que tout tel borné est relativement compact. Selon le théorème de Mackey ([3]) L(E) est réflexif pour cette topologie, tandis que, trivialement, u est encore continue pour cette topologie. On déduit que u'' applique C″ dans L(E) et ses fonctions bornées dans L(H).

Soit P_t l'image dans L(H) de la fonction caractéristique de l'intervalle $(-\infty, t)$. Les propriétés algébriques de u'' se transfèrent sans peine en celles des P_t comme « resolution of the identity ». En même temps, le théorème de Riesz ([5]) donne directement la représentation

$$< u(f)x, y > = \int f(t)\, d\mathrm{P}_t x, y.$$

D'abord cette égalité n'est vraie que pour les x et y dans E, mais cela suffit déjà pour qu'elle se prolonge à tout y dans H et tout x dans le domaine dont il s'agit ([4]).

Enfin, on démontre l'existence des H_n en appliquant les résultats ci-dessus à l'opérateur $\mathrm{S} = 1/(1+\mathrm{T}^2)$ qui est borné et satisfait à $0 \leq \mathrm{S} \leq 1$ ([4]). Si P_t est la « resolution of the identity » pour S, on peut, par exemple, prendre $\mathrm{H}_n = (1 - \mathrm{P}_{1/n})\mathrm{H}$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une classe de procédés de sommation des séries divergentes.* Note de MM. **Hubert Delange** et **Marc Zamansky**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Cette Note a pour but de rectifier et de reprendre d'un point de vue plus général une Note précédente de l'un de nous ([1]). Le problème posé consistait

---

([3]) *Trans. Amer. Math. Soc.*, 1946.
([4]) B. v. Sz. Nagy, *Erg. der. Math.*, 5, 1942.
([5]) *Comptes rendus*, 149, 1909, p. 974.

([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 999.

à chercher si un procédé de sommation défini par une fonction sommatoire g est équivalent à une moyenne de Cesaro. Le théorème de Mercer [$g(t) = 1 + at$, $a > -1$] en est un cas élémentaire.

1. Le résultat énoncé dans la Note citée, pour le cas où g est un polynome, est inexact si l'on n'ajoute pas une hypothèse convenable. La démonstration indiquée s'appuyait sur le fait, énoncé dans une Note antérieure ([2]), que la convergence d'un procédé (g) pour une série satisfaisant à $u_k = o[1]$ entraîne celle d'un certain autre procédé (G_z) dépendant de (g) et d'un nombre complexe z. Or, dans le cas où $\mathcal{R} z < 0$, ce résultat n'est valable que si $\mathcal{R} z < -1$ ([3]).

2. Nous dirons maintenant que le procédé (g) appliqué à la série $\sum_{1}^{+\infty} u_k$ converge si

$$T_x(g) = \sum_{k \leq x} g\left(\frac{k}{x}\right) u_k$$

tend vers une limite finie quand x tend vers $+\infty$.

Si l'on suppose $u_k = o[1]$ et si g est à variation bornée sur $[0, 1]$, cette définition est équivalente à celle utilisée précédemment. Mais nous ne supposons plus ici $u_k = o[1]$.

Par ailleurs, nous associons à chaque fonction sommatoire g la fonction $M(g, s)$ définie pour $\mathcal{R} s > 0$ par

$$M(g, s) = \int_0^1 t^{s-1} g(t)\, dt.$$

[Transformée de Mellin de la fonction égale à $g(t)$ pour $t \leq 1$ et 0 pour $t > 1$].

On a d'abord le théorème suivant :

THÉORÈME 1. — *Soient g et G continues sur $[0, 1]$.*

Si le rapport $M(G, s)/M(g, s)$ est représentable dans le demi-plan $\mathcal{R} s > 0$ par une intégrale de Laplace $\int_0^{+\infty} e^{-sx}\, d\alpha(x)$ absolument convergente pour $\mathcal{R} s \geq 0$, la convergence du procédé (g) entraîne celle du procédé (G).

Si $M(G, s)/M(g, s)$ est représentable dans la bande $0 < \mathcal{R} s \leq \beta + 1$, où $\beta > -1$, par une intégrale de Laplace $\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-sx}\, d\alpha(x)$ absolument convergente pour $0 \leq \mathcal{R} s \leq \beta + 1$, la convergence du procédé (g) pour une série satisfaisant à $u_k = O[k^\beta]$ entraîne celle du procédé (G).

Dans les deux cas, si s et S sont les sommes définies par (g) et (G) et si $g(0) \neq 0$, on a $S = s\, G(0)/g(0)$.

([2]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 908.

([3]) L'idée simple qui conduisait à ce résultat consistait en la sommation de deux manières d'un tableau à double entrée absolument convergent. La convergence absolue n'a pas lieu nécessairement si $-1 < \mathcal{R} z < 0$.

Une première conséquence simple est le

THÉORÈME 2. — *Soit g continue sur $[0, 1]$, avec $g(0) = 1$. Supposons que $g^{(p)}$ existe pour $0 < t \leqq 1$, soit à variation bornée sur tout intervalle $[\varepsilon, 1]$, où $\varepsilon > 0$, et que 1 soit zéro d'ordre p de $g (p \geqq 0)$.*

Si

$$\int_{+0}^{1} t^p |dg^{(p)}(t)| < |g^{(p)}(1)|,$$

le procédé (g) est équivalent au procédé (C, p).

2. Dans la suite, nous disons que g appartient à la classe $\mathcal{C}_p$ si : 1° g est continue sur $[0, 1]$ et possède des dérivées d'ordre $\leqq p+1$ pour $0 < t \leqq 1$; 2° $g(0) = 1$ et $g^{(p)}$ est la première dérivée non nulle pour $t = 1$; 3° $g^{(p+1)}$ est à variation bornée sur tout intervalle $[\varepsilon, 1]$, où $\varepsilon > 0$; 4° il existe un $\alpha > 0$ tel que, en désignant par $V(\varepsilon)$ la variation totale de $g^{(p+1)}$ sur $[\varepsilon, 1]$, on a $V(\varepsilon) = O[\varepsilon^{\alpha-p-1}]$ quand ε tend vers zéro.

$M(g, s)$ est alors méromorphe dans le demi-plan $\mathcal{R}s > -\alpha$, où elle ne peut avoir comme pôles que les points $0, -1, -2, \ldots, -p-1$. Elle n'a qu'un nombre fini de zéros dans le demi-plan $\mathcal{R}s \geqq 0$.

On a les théorèmes suivants :

THÉORÈME 3. — *Si $g_1 \in \mathcal{C}_p$ et $g_2 \in \mathcal{C}_{p'}$, avec $p' \geqq p$, et si tout zéro de $M(g_1, s)$ situé dans le demi-plan $\mathcal{R}s \geqq 0$ est aussi zéro de $M(g_2, s)$ avec un ordre de multiplicité au moins égal, la convergence du procédé (g_1) entraîne celle du procédé (g_2) avec la même somme.*

COROLLAIRE 1. — *Si g_1 et $g_2 \in \mathcal{C}_p$ et si $M(g_1, s)$ et $M(g_2, s)$ ont les mêmes zéros avec les mêmes ordres de multiplicité dans le demi-plan $\mathcal{R}s \geqq 0$, (g_1) et (g_2) sont équivalents.*

COROLLAIRE 2. — *Si $g \in \mathcal{C}_p$ et si $M(g, s)$ n'a aucun zéro dans le demi-plan $\mathcal{R}s \geqq 0$, (g) est équivalent à (C, p).*

COROLLAIRE 3. — *Si $g \in \mathcal{C}_p$, il existe un polynome P tel que $P(0) = 1$, admettant 1 pour zéro d'ordre p, équivalent à (g).*

THÉORÈME 4. — *Soient g_1, g_2, $g_3 \in \mathcal{C}_p$. Supposons que tout zéro commun à $M(g_1, s)$ et $M(g_2, s)$, d'ordre r_1 pour $M(g_1, s)$ et r_2 pour $M(g_2, s)$ et situé dans le demi-plan $\mathcal{R}s \geqq 0$, soit zéro de $M(g_3, s)$ avec un ordre au moins égal à $\mathrm{Min}(r_1, r_2)$. Alors, si (g_1) et (g_2) convergent, (g_3) converge.*

COROLLAIRE. — *Si g_1 et $g_2 \in \mathcal{C}_p$ et si $M(g_1, s)$ et $M(g_2, s)$ n'ont aucun zéro commun dans le demi-plan $\mathcal{R}s \geqq 0$, la convergence de (g_1) et (g_2) entraîne celle de (C, p).*

THÉORÈME 5. — *Si $g_1 \in \mathcal{C}_p$ et $g_2 \in \mathcal{C}_{p'}$, et si les procédés (g_1) et (g_2) convergent, ils donnent la même somme.*

Si l'on ne considère que des séries assujetties à la condition $u_k = O[k^\beta]$, avec $\beta > -1$, on peut remplacer dans les hypothèses des théorèmes 3 et 4 et de leurs corollaires le demi-plan $\mathcal{R}s \geqq 0$ par la bande $0 \leqq \mathcal{R}s \leqq \beta + 1$.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Les prolongements d'une variété différentiable. IV. Éléments de contact et éléments d'enveloppe.* Note (*) de M. **Charles Ehresmann**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Cette Note fait suite à quatre Notes antérieures (1). Groupoïde associé à un espace fibré, classes d'intransitivité, applications covariantes. Ces notions, que nous mettrons à la base de la théorie des covariants différentiels d'une structure infinitésimale, sont appliquées pour définir les éléments de contact et les enveloppes d'ordre r et pour indiquer la structure des espaces formés par ces éléments.

1. Soit E(B, F, G, H) un espace fibré à groupe structural topologique G, appelons *groupoïde associé* le groupoïde $\Pi = HH^{-1}$ des isomorphismes d'une fibre sur une fibre. Π est muni d'une structure fibrée de base $B \times B$, de fibre G, de groupe structural $G \times G$ opérant sur G de la manière suivante : $(s', s)\, t = s' t s^{-1}$, où $s, s', t \in G$. Soient p la projection de E sur B, $\hat{p}$ la projection de H sur B, α et β les projections de Π sur B définies par $\alpha(h' h^{-1}) = \hat{p}(h)$, $\beta(h' h^{-1}) = \hat{p}(h')$, où $h, h' \in H$. Π est un *groupoïde d'opérateurs* pour E : le composé θz de $\theta \in \Pi$ et $z \in E$ est défini lorsque $p(z) = \alpha(\theta)$; alors $p(\theta z) = \beta(\theta)$. On a $\theta'(\theta z) = (\theta' \theta) z$ lorsque l'un de ces composés est défini. Les éléments neutres à gauche et à droite de Π sont les automorphismes identiques des fibres.

Appelons *classe d'intransitivité* de $z \in E$ relativement à Π l'ensemble des composés θz, où $\theta \in \Pi$. Deux points $z \in E$ et $y \in F$ seront dits équivalents lorsqu'il existe $h \in H$ tel que $z = hy$. La classe d'intransitivité de z est l'ensemble des points équivalents à un point $y \in F$. L'ensemble des points de F équivalents à z est une classe d'intransitivité de F relativement à G.

Un sous-espace E′ de E sera dit *invariant* (par Π) lorsqu'il est réunion de classes d'intransitivité. E′ est alors l'ensemble des points équivalents à un point quelconque d'un sous-espace F′ de F, invariant par G; *il est muni d'une structure fibrée* E′[B, F′, G/N, H/N] *où* N *est le sous-groupe de* G *qui laisse invariant chaque point de* F′.

Soit φ une représentation de G sur un groupe d'automorphismes $\overline{G}$ d'un espace $\overline{F}$ et soit $\overline{E}(B, \overline{F}, \overline{G}, \overline{H})$ l'espace fibré associé à E(B, F, G, H) par φ. Désignons aussi par φ la représentation associée de H sur $\overline{H}$, ainsi que celle de Π sur $\overline{\Pi}$, définie par $\varphi(h' h^{-1}) = \varphi(h')\varphi(h)^{-1}$, où $h, h' \in H$. Une application ψ de E dans $\overline{E}$ sera appelée *application covariante* (resp. *invariante* si $\overline{G}$ est réduit à l'élément neutre) lorsque $\psi\theta = \varphi(\theta)\psi$ quel que soit $\theta \in \Pi$. L'applica-

(*) Séance du 25 février 1952.

(1) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 598, 777 et 1081 ; **234**, 1952, p. 587.

tion covariante ψ se projette sur l'application identique de B; il lui correspond une application covariante ψ_0 de F dans $\bar{F}$, c'est-à-dire telle que $\psi_0 s = \varphi(s)\psi_0$, où $s \in G$. Une classe d'intransitivité est appliquée par ψ sur une classe d'intransitivité. Soit ρ la relation d'équivalence dans F associée à ψ_0 et $\bar{\rho}$ la relation d'équivalence dans E associée à ψ et supposons que ρ soit une relation d'équivalence ouverte. Alors ψ admet la *décomposition canonique* $\psi = \psi''\psi'$, où ψ' est l'application covariante canonique de E sur $E/\bar{\rho}$, qui est muni ([1]) d'une structure fibrée associée $E/\bar{\rho}[B,\ F/\rho,\ G/K,\ H/K]$, K étant le noyau de φ; ψ'' est un isomorphisme de $E/\bar{\rho}$ sur un sous-espace invariant de $\bar{E}$. *Pour que les classes* mod $\bar{\rho}$ *sur* E *soient les fibres d'une structure fibrée dont le speudogroupe des automorphismes locaux comprenne les automorphismes locaux de la structure* E(B, F, G, H), *il faut et il suffit que les classes* mod ρ *sur* F *soient les fibres d'une structure fibrée invariante par* G (condition vérifiée en particulier lorsque G est un groupe de Lie transitif dans F et qu'une classe mod ρ est fermée).

2. Considérons deux r-variétés V_n et V_m. Soit $\Pi^r(V_n)$ le groupoïde associé à $H^r(V_n)$; c'est l'ensemble des éléments inversibles de $J^r(V_n, V_n)$. Considérons $J^r(V_n, V_m)$ muni de sa structure fibrée ([1]) de base $V_n \times V_n$, de fibres isomorphes à $L^r_{m,n}$ de groupe structural $L^r_m \times L^r_n$, associée à l'espace fibré principal $H^r(V_n) \times H^r(V_m)$. Son groupoïde associé est $\Pi^r(V_n) \times \Pi^r(V_m)$. La classe d'intransitivité de $z \in J^r(V_n, V_m)$ est l'ensemble des éléments $h'yh^{-1}$, où $h \in H^r(V_n)$, $h' \in H^r(V_m)$, y étant un élément de $L^r_{m,n}$ équivalent à z. Appelons *éléments d'équivalence* de y et de z les classes d'intransitivité de y et de z.

Considérons aussi sur $J^r(V_n, V_m)$ la structure fibrée de base V_n, de fibres isomorphes à $T^r_n(V_m)$ de groupe structural L^r_n, associée à $H^r(V_n)$. Le composé de $s \in L^r_n$ et $Y \in T^r_n(V_m)$ est Ys^{-1}. Le groupoïde associé est $\Pi^r(V_n)$, le composé de $z \in J^r(V_n, V_m)$ et $\theta \in \Pi^r(V_n)$ étant $z\theta^{-1}$. La classe d'intransitivité de z, relativement à $\Pi^r(V_n)$, correspond dans $T^r_n(V_m)$ à la classe YL^r_n, où $Y = zh$. *Cette classe* YL^r_n *est appelée élément de contact de* Y *ou de* z; *nous dirons aussi que c'est un* n^r*-élément de contact dans* V_m.

En considérant sur $T^r_n(V_m)$ sa structure fibrée de base V_m, de fibres isomorphes à $L^r_{m,n}$ de groupe structural L^r_m, la relation d'équivalence $Y \sim Ys^{-1}$ correspond dans $L^r_{m,n}$ à la relation d'équivalence $y \sim ys^{-1}$, qui est invariante par L^r_m.

Soit $P^r_{m,n}$ l'espace quotient de $L^r_{m,n}$ par cette relation d'équivalence; c'est l'espace des n^r-éléments de contact d'origine O dans R^m. Cet espace, sur lequel opère L^r_m, n'est pas séparé, mais chacune de ses classes d'intransitivité est un espace homogène de Lie. *L'espace* $P^r_n(V_m)$ *des* n^r*-éléments de contact de* V_m *est le prolongement d'ordre r de* V_m, *de fibres isomorphes à* $P^r_{m,n}$. L'application $Y \to YL^r_n$ est une application covariante ψ^r de $T^r_n(V_m)$ sur $P^r_n(V_m)$. L'image réciproque par ψ_r d'une classe d'intransitivité de $P^r_n(V_m)$ est munie d'une struc-

ture fibrée associée à cette projection. Pour $k \leq r$, les classes d'intransitivité de $P(V_m)$ sont des *prolongements réguliers* (¹) de V_n et l'application canonique ψ^k de $T_n^k(V_m)$ sur $P_n^k(V_m)$ se réduit pour chacune d'elles à une l-application, où $k + l = r$. Si f est une r-application de V_n dans V_m, le couple (f, V_n) s'appelle *r-variété plongée dans* V_m, $f(V_n)$ son support, $\psi^k(j_x^k f)$ son élément de contact d'ordre k en x. L'application $\psi^k(j^k f)$ de V_n dans $P_n^k(V_m)$ définit le *prolongement d'ordre k de la variété plongée. Si l'élément d'équivalence de* $j_x^k f$ *est fixe, ce prolongement sera une l-variété plongée dans une classe d'intransitivité de* $P_n^r(V_m)$; *l'élément de contact* $\psi^r(j_x^r f)$ *s'identifie canoniquement à l'élément de contact d'ordre l en x du prolongement* $\psi^k(j^k f)$.

En considérant de même sur $J^r(V_n, V_m)$ la structure fibrée de base V_m, on définit l'*élément d'enveloppe de* $z \in J^r(V_n, V_m)$ ou d'un élément équivalent Z de $T_m^{r*}(V_n)$; c'est la classe $L_m^r Z$, que nous appellerons aussi m^r-*élément d'enveloppe dans* V_n. L'ensemble $P_m^{r*}(V_n)$ de ces éléments est le prolongement d'ordre r de V_n de fibres isomorphes à $P_{m,n}^{r*}$, ensemble des classes $L_m^r y$ (élément d'enveloppe de $y \in L_{m,n}^r$).

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les structures presque quaternioniennes de deuxième espèce* (¹). Note de Mlle **Paulette Libermann**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Soit $\hat{L}_n$ le sous-groupe du groupe linéaire L_{2n} de R^{2n} laissant invariants deux automorphismes $\mathcal{I}$ et $\mathcal{J}$ de R^{2n} tels que : $\mathcal{I}^2 = -1$, $\mathcal{J}^2 = 1$, $\mathcal{I}\mathcal{J} = -\mathcal{J}\mathcal{I}$. Structures infinitésimales régulières à groupe structural $\hat{L}_n$. Cas particulier $n = 2p$: structures presque quaternioniennes de deuxième espèce.

1. Dans l'espace vectoriel R^{2n} la donnée d'un automorphisme $\mathcal{I}$ tel que $\mathcal{I}^2 = -1$ définit sur cet espace une structure d'espace vectoriel complexe. Tout n-plan *réel* X_n (¹) détermine un automorphisme $\mathcal{J}$ de R^{2n}, de valeurs propres ± 1, tel que les vecteurs propres correspondant à $+1$ (resp. -1) engendrent X_n (resp. $\mathcal{I}X_n$). On a : $\mathcal{I}\mathcal{J} = -\mathcal{J}\mathcal{I}$. Réciproquement à tout automorphisme $\mathcal{J}$ tel que : $\mathcal{J}^2 = 1$, $\mathcal{I}\mathcal{J} = -\mathcal{J}\mathcal{I}$ sont associés deux n-plans réels X_n et $\mathcal{I}X_n$ engendrés par les vecteurs propres de $\mathcal{J}$. Soit $\mathcal{K} = \mathcal{I}\mathcal{J}$: on a : $\mathcal{K}^2 = 1$, $\mathcal{K}\mathcal{I} = -\mathcal{I}\mathcal{K} = \mathcal{J}$; donc les vecteurs propres de $\mathcal{J}$ engendrent deux n-plans réels Y_n et $\mathcal{I}Y_n$. La donnée du couple $(\mathcal{I}, \mathcal{K})$ détermine $\mathcal{J}$. De même la donnée du couple $(\mathcal{J}, \mathcal{K})$ d'automorphismes tels que : $\mathcal{J}^2 = \mathcal{K}^2 = 1$, $\mathcal{J}\mathcal{K} = -\mathcal{K}\mathcal{J}$ détermine l'automorphisme $\mathcal{I} = \mathcal{K}\mathcal{J}$ et les n-plans, X_n, $\mathcal{I}X_n$,

(¹) Cette Note fait suite à une Note antérieure désignée par III (*Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1571). Rectificatif : p. 1572 (2) : $\omega'^k = \Sigma u_j^k \omega^j$; p. 1573 (⁴) : si $n > 2$, $\Pi^j = 0$ et $\Pi_s^j = 0$ entraînent $d\psi_1 = 0$.

Y_n, $\mathcal{I}Y_n$. Inversement à tout triplet (X, X'_n, Y_n) de n-plans deux à deux supplémentaires correspond un triplet $(\mathcal{I}, \mathcal{J}, \mathcal{K})$ d'automophismes tels que $\mathcal{I}^2 = -1$, $\mathcal{J}^2 = \mathcal{K}^2 = 1$, $\mathcal{I}\mathcal{J} = -\mathcal{J}\mathcal{I} = \mathcal{K}$. En effet on peut déterminer dans R^{2n} un système de coordonnées tel que X_n, X'_n, Y_n soient définis respectivement par : $y^s = 0$, $x^s = 0$, $x^s + y^s = 0$ $(s = 1, \ldots, n)$. Les automorphismes $\mathcal{I}$, $\mathcal{J}$, $\mathcal{K}$ sont alors définis respectivement par : $x^s \to -y^s$, $y^s \to x^s$; $x^s \to x^s$, $y^s \to -y^s$; $x^s - y^s \to x^s - y^s$, $x^s + y^s \to -(x^s + y^s)$. *Soit* $\hat{L}_n$ *le sous-groupe du groupe linéaire homogène réel* L_{2n} *qui laisse invariants les trois n-plans* X_n, X'_n, Y_n *(et par suite les automorphismes associés* $\mathcal{I}, \mathcal{J}, \mathcal{K}$*)* : $\hat{L}_n$ *est isomorphe à* L_n. Le groupe $\hat{L}_n$ laisse également invariant tout n-plan $X_n^{(\mu)}$ d'équations : $x^s + \mu y^s = 0$ (où μ est un paramètre réel). L'ensemble F des n-plans $X_n^{(\mu)}$ sera appelé *faisceau* de n-plans. Au triplet $[X_n^{(\mu_1)}, X_n^{(\mu_2)}, X_n^{(\mu_3)}]$ correspond le triplet d'automorphismes $(\mathcal{I}, \mathcal{J}, \mathcal{K})_{\mu_1, \mu_2, \mu_3}$.

Aux automorphismes $\mathcal{I}$, $\mathcal{J}$, $\mathcal{K}$ est associée une *algèbre quaternionienne de deuxième espèce* sur le corps des réels ([2]), de base $(1, i, j, k)$ avec :

$$(1) \quad i^2 = -1, \quad j^2 = 1, \quad k^2 = 1, \quad ij = -ji = k, \quad jk = -kj = -i, \quad ki = -ik = j.$$

Les bases $(1, i', j', k')$ de l'algèbre qui vérifient (1) sont en correspondance biunivoque avec les triplets $(X_n^{(\mu_1)}, X_n^{(\mu_2)}, X_n^{(\mu_3)})$; on en déduit que le groupe G échangeant ces bases est *isomorphe au groupe des transformations homographiques de la droite réelle*. Supposons $n = 2p$. *La donnée des automorphismes* $\mathcal{I}$, $\mathcal{J}$, $\mathcal{K}$ *détermine dans* R^{4p} *une structure de module unitaire* M^p *sur l'algèbre des quaternions de deuxième espèce*. Dans R^{4p} identifié à l'espace vectoriel complexe C^{2p}, soient $z^1, \ldots, z^{2p}$ les coordonnées canoniques. Soit $\mathcal{J}$ la transformation $z^s \to \bar{z}^{s'}$, $z^{s'} \to \bar{z}^s$ $(s = 1, \ldots, p;\ s' = s + p)$. On peut définir dans M^p les coordonnées canoniques : $Z^s = z^s + j\bar{z}^{s'} = x^s + iy^s + jx^{s'} + ky^{s'}$ (où $z^\alpha = x^\alpha + iy^\alpha$). Le *sous-groupe* L''_p du groupe linéaire homogène complexe L'_{2p} qui laisse invariante la transformation $\mathcal{J}$ sera appelé *groupe linéaire quaternionien de deuxième espèce* : L''_p est le groupe $\hat{L}_{2p}$; *il est donc isomorphe à* L_{2p}. Le sous-groupe $\mathcal{L}_p$ de L''_p qui laisse invariante la forme $\Sigma Z^l \bar{Z}^l = \Sigma[(x^l)^2 + (y^l)^2 - (x^{l'})^2 - (y^{l'})^2]$ (où $\bar{Z}^l = x^l - iy^l - jx^{l'} - ky^{l'}$) sera appelé *groupe unitaire quaternionien de deuxième espèce*. On démontre qu'il est *isomorphe au groupe symplectique réel à 2p variables*. $\mathcal{L}_1$ est identique à G.

2. Sur une variété trois fois différentiable V_{2n} (n quelconque) la donnée d'un triplet (C_1, C_2, C_3) de champs deux fois différentiables de n-éléments de contact X_n, X'_n, Y_n deux à deux supplémentaires (d'où trois champs d'automorphismes $\mathcal{I}_x$, $\mathcal{J}_x$, $\mathcal{K}_x$ de l'espace tangent R_x^{2n} à V_{2n} en $x \in V_{2n}$ et un quatrième champ C_4 de n-éléments $Y'_n = \mathcal{I}_x Y_n$) détermine une structure subordonnée à

([2]) *Voir* Bourbaki, *Algèbre*, Chap. II, p. 108 et ex. 4, p. 115. On réservera le terme quaternionien (au sens strict) pour les quaternions usuels.

la structure $T(V_{2n})$ des vecteurs tangents à V_{2n}, de groupe structural $\hat{L}_n$ [ou *structure infinitésimale régulière* ([3]) à groupe structural $\hat{L}_n$].

Théorème. — *Sur une variété* V_{2n} *une structure infinitésimale régulière* $\mathfrak{G}$ *à groupe structural* $\hat{L}_n$ *est déterminée par la donnée d'un triplet* (C_1, C_2, C_3) *de champs de n-éléments* X_n, X'_n, Y_n *deux à deux supplémentaires ou par la donnée de l'un des couples* $(\mathcal{I}_x, \mathcal{J}_x)$, $(\mathcal{I}_x, \mathcal{K}_x)$ ou $(\mathcal{J}_x, \mathcal{K}_x)$ *de champs d'automorphismes tels que :* $(\mathcal{I}_x)^2 = -1$, $(\mathcal{J}_x)^2 = 1$, $(\mathcal{K}_x)^2 = 1$, $\mathcal{I}_x\mathcal{J}_x = -\mathcal{J}_x\mathcal{I}_x = \mathcal{K}_x$ *ou encore par la donnée d'un champ d'automorphismes et d'un champ de n-éléments réels* (structure $\mathfrak{S}$ de III).

La structure $\mathfrak{G}$ peut être déterminée par tout triplet $(C^{(\mu_1)}, C^{(\mu_2)}, C^{(\mu_3)})$ de champs dépendant de trois fonctions arbitraires μ_1, μ_2, μ_3 ([4]). Si l'un des champs C est complètement intégrable, on peut définir canoniquement sur ses variétés intégrables une connexion à courbure nulle.

Supposons $n = 2p$. La structure $\mathfrak{G}$ est à groupe structural L''_p. Une telle structure sera dite *presque quaternionienne de deuxième espèce* ([5]). Elle peut être déterminée localement par $2n$ formes de Pfaff complexes ϖ^α ou par $2p$ autres formes $\tilde{\varpi}^\beta = \Sigma u^\beta_\alpha \varpi^\alpha$, où les u^β_α sont des fonctions locales complexes définissant en chaque point une transformation de $L''_p\left(u^s_l = \bar{u}^{s'}_{l'},\ u^s_{l'} = \bar{u}^{s'}_l\right.$ où $\left.s, l = 1, \ldots, p;\ s' = s + p;\ l' = l + p\right)$.
On associe à la structure une connexion affine ([6]) définie par :

$$(2)\quad \begin{cases} d\varpi^l = \Sigma\varpi^s \wedge \varpi^l_s + \Sigma\varpi^{s'} \wedge \varpi^l_{s'} + \Sigma H^l_{\alpha\beta}\varpi^\alpha \wedge \varpi^\beta + \Sigma K^l_{\alpha\beta}\bar{\varpi}^\alpha \wedge \bar{\varpi}^\beta & (s,\ l = 1, \ldots, p), \\ d\varpi^{l'} = \Sigma\varpi^s \wedge \varpi^{l'}_s + \Sigma\varpi^{s'} \wedge \varpi^{l'}_{s'} + \Sigma H^{l'}_{\alpha\beta}\varpi^\alpha \wedge \varpi^\beta + \Sigma K^{l'}_{\alpha\beta}\varpi^\alpha \wedge \bar{\varpi}^\beta & (\alpha, \beta = 1, \ldots, 2p), \\ \varpi^l_s = \bar{\varpi}^{l'}_{s'},\ \varpi^l_{s'} = \bar{\varpi}^{l'}_s. & \end{cases}$$

En posant : $\varpi^l = \omega^l + i\omega^{l'}$, $\varpi^{l'} = \omega^l - i\omega^{l'}$, retrouve les équations (III, 3). Appelons *structure quaternionienne de deuxième espèce* une structure presque quaternionienne *intégrable*. De même que pour les structures quaternioniennes ([5]), on obtient seulement des variétés *localement affines*.

([3]) C. Ehresmann, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 587.

([4]) Dans III on considère une famille de champs dépendant d'une fonction λ : en chaque point I_x est fixé.

([5]) Les structures presque quaternioniennes ont été définies par Ch. Ehresmann (*Colloque de Topol. Alg.*, C. N. R. S., Paris, 1947).

([6]) Pour le groupe quaternionien on a : $u^l_s = \bar{u}^{l'}_{s'}$, $u^l_{s'} = -\bar{u}^{l'}_s$; sur une variété presque quaternionienne on peut définir une connexion affine par des relations analogues à (2) mais où : $\varpi^l_s = \bar{\varpi}^{l'}_{s'}$; $\varpi^l_{s'} = -\bar{\varpi}^{l'}_s$.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *La structure locale des corrélations spatio-temporelles dans un fluide turbulent.* Note de M. **Jean Bass**, présentée par M. Maurice Roy.

On étudie la résolution locale des équations qui relient les corrélations spatio-temporelles doubles et triples. Si la turbulence est isotrope et stationnaire, les solutions n'existent que si la viscosité est négligeable. Si l'on abandonne l'hypothèse de stationnarité, on trouve des solutions de forme analogue, mais valables sans restrictions.

Résolution locale des équations fondamentales. — Nous conservons les notations et définitions de notre précédente Note [1]. Nous supposons le fluide *incompressible*, et la turbulence *homogène*, *isotrope*, et pour commencer *stationnaire*. Nous nous proposons d'étudier ici, pour les petites valeurs de r et τ, la forme des corrélations spatio-temporelles compatibles avec les équations générales (9) et (10) de la Note précédente, et leurs relations avec les corrélations triples. Nous poserons :

$$(1)\qquad \begin{cases} S(r,\tau) = 3H_0(\tau) - \dfrac{r^2}{2}H_2(\tau) + \ldots, \\ H_0(\tau) = u_0^2 - a\tau - \dfrac{b}{2}\tau^2 + \ldots, \qquad H_2(\tau) = \alpha + \beta\tau + \dfrac{\gamma}{2}\tau^2 + \ldots, \end{cases}$$

et, puisque, pour $\tau = 0$, $K(r, \tau)$ doit être d'ordre 2 par rapport à r,

$$(2)\qquad \begin{cases} K(r,\tau) = K_0(\tau) + \dfrac{r^2}{2}K_2(\tau) + \ldots, \qquad K_0(\tau) = k_1\tau + \dfrac{k_2}{2}\tau^2 + \ldots, \\ K'(r,\tau) = K'_0(\tau) + \dfrac{r^2}{2}K'_2(\tau) + \ldots, \qquad K'_0(\tau) = k'_1\tau + \dfrac{k'_2}{2}\tau^2 + \ldots. \end{cases}$$

On montre facilement que, grâce à l'homogénéité et à la stationnarité, $k'_1 = k_1$. On déduit alors des équations (9) et (10) de la Note précédente que

$$(3)\qquad \begin{cases} -a = \nu\alpha, \qquad -a = -\nu\alpha; \\ -b + k_1 = \nu\beta, \qquad -b + k_1 = -\nu\beta. \end{cases}$$

Discussion. — On a nécessairement $a = 0$. On doit ensuite distinguer deux cas :

Premier cas : $\nu \neq 0$. — Alors $\alpha = 0$, $\beta = 0$, $k_1 = b_1$ et

$$(4)\qquad S(r,\tau) = 3\left(u_0^2 - \frac{b}{2}\tau^2\right) + \ldots, \qquad K(r,\tau) = b\tau + \frac{k_2}{2}\tau^2 + \frac{r^2}{2}K_2(0) + \ldots.$$

Cette solution est à rejeter, car, pour $\tau = 0$, $S(r, \tau)$ serait d'ordre supérieur à 2 par rapport à r. On doit donc supposer $\nu = 0$, c'est-à-dire négliger

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 806,

les termes de viscosité devant les termes d'inertie dans les équations du mouvement. *S'il y a dissipation d'énergie par viscosité, la turbulence ne peut être à la fois stable dans l'espace (homogénéité) et le temps (stationnarité).* Pour un fluide *incompressible*, cette permanence totale n'est compatible qu'avec une structure de fluide parfait.

Deuxième cas : $\nu = 0$. — On a alors $b = k_1$, $\alpha \neq 0$, d'où

$$S(r, \tau) = 3u_0^2 - \frac{3b}{2}\tau^2 - \frac{\alpha}{2}r^2 + \ldots, \tag{5}$$

$$\begin{cases} f(r, \tau) = 1 - \dfrac{b}{2u_0^2}\tau^2 - \dfrac{\alpha}{5u_0^2}\dfrac{r^2}{2} + \ldots, \\ g(r, \tau) = 1 - \dfrac{b}{2u_0^2}\tau^2 - \dfrac{\alpha}{5u_0^2}r^2 + \ldots. \end{cases} \tag{6}$$

On peut déduire de (6) l'expression des fonctions de corrélation qu'il est usuel de mesurer au laboratoire : corrélation longitudinale z_1 et transversale z_2 :

$$z_1 = R_{11}(\xi_1, 0, 0, \tau) = 1 - \frac{b}{2u_0^2}\tau^2 - \frac{\alpha}{10u_0^2}(\xi_1 - U\tau)^2 + \ldots, \tag{7}$$

$$z_2 = R_{11}(0, \xi_2, 0, \tau) = 1 - \left(\frac{b}{U^2} + \frac{\alpha}{5}\right)\frac{U^2\tau^2}{2u_0^2} - \frac{\alpha}{5u_0^2}\xi_2^2 + \ldots. \tag{8}$$

Si le nombre sans dimensions $(5/U^2)(b/\alpha)$ est petit, (7) est en bon accord avec l'expérience ([2]). Pour (8), il subsiste certaines divergences, qui peuvent être imputées à l'hypothèse d'isotropie.

Cas de la turbulence homogène et isotrope non stationnaire. — Les méthodes générales et les résultats précédents subsistent lorsqu'on abandonne l'hypothèse de stationnarité. Les formules donnant les diverses fonctions de corrélation se modifient seulement par la présence explicite du temps t à côté de τ. En particulier, il faut tenir compte de ce que les $\overline{u_\alpha^2}$ dépendent de t. Les expressions de z_1 et z_2 sont de la forme (7), (8), à condition de changer la signification des paramètres α, b, et de poser maintenant

$$\alpha = -\frac{1}{2\nu}\frac{\partial}{\partial t}\overline{u_1^2}, \qquad b = \overline{\left(\frac{\partial u_1}{\partial t}\right)^2} - \frac{\alpha}{5}U^2 - \frac{\alpha^2\nu^2}{u_0^2},$$

avec

$$\frac{\partial}{\partial t}\overline{u_1^2} = -2\nu\alpha, \qquad \overline{u_1^2} = u_0^2.$$

Ainsi interprétées, les formules (7), (8) sont valables même lorsque la dissipation par viscosité n'est plus négligeable, mais il y a alors amortissement de l'agitation turbulente en fonction du temps.

([2]) A. Favre, J. Gaviglio et R. Dumas, *Note technique O. N. E. R. A.*, n° 13/522 A, 1950.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les collisions entre atomes et électrons*
Note de M. S. KICHENASSAMY, présentée par M. Louis de Broglie.

On propose d'étudier les collisions entre atomes et électrons en imaginant la formation d'un complexe comme dans le cas des réactions nucléaires.

Nous nous proposons ici de développer une théorie générale des collisions entre atomes et électrons, sans vouloir négliger l'interaction moyenne entre l'atome et l'électron incident comme dans la méthode d'approximation de Born, ni considérer comme dans la méthode des « distorted Waves » l'interaction entre deux électrons comme petite par rapport à l'interaction de l'un de ces électrons avec l'atome ou par rapport à l'énergie de l'électron incident. Cela nous permettra sans doute d'expliquer l'existence constatée par M. H. Tellez Plasencia, d'un potentiel moyen d'ionisation des atomes environ deux fois plus grand que le potentiel minimum correspondant.

Nous supposons essentiellement que l'électron incident forme avec l'atome un complexe généralement virtuel au sens de la Mécanique ondulatoire : l'électron incident entre en interaction avec un grand nombre d'électrons atomiques et leur cède de l'énergie; cependant en raison des distances relativement grandes qui séparent ces électrons, il ne nous est point permis de supposer que l'électron incident perde toute son énergie cinétique initiale et d'envisager une répartition simple de cette énergie entre les divers constituants du complexe. Celui-ci a une énergie en général plus grande que celle du composé stable ayant les mêmes constituants et n'a, par suite, en vertu de la quatrième relation d'incertitude, qu'une vie très éphémère; la durée de vie est d'autant plus faible que l'énergie de l'électron incident est plus grande, et l'on peut admettre que tout rayonnement émis pendant cette durée infiniment petite τ ne peut qu'être virtuel, c'est-à-dire que ce rayonnement sera réabsorbé par exemple par les électrons émergents.

Bien entendu il peut arriver que l'énergie de l'électron incident soit suffisamment faible pour rendre τ appréciable : dans de tels cas on aurait affaire à l'ion négatif stable correspondant à l'atome considéré.

Pour développer cette théorie nous définissons comme hamiltonien du système (atome + électron) l'expression

$$H=\sum_{\sigma=0}^{Z}\left(\Delta_\sigma^2+\frac{Ze^2}{r_\sigma}\right)+\sum_{\sigma=0}^{Z}\sum_{\tau=\sigma+1}^{Z}\frac{e^2}{r_{\sigma\tau}}, \tag{1}$$

où $\sigma=0$ désigne l'électron incident, $\sigma=1, 2, \ldots, Z$ les électrons atomiques, r_σ la distance de l'électron σ au noyau, $r_{\sigma\tau}$ la distance mutuelle des électrons σ et τ.

Nous allons admettre que si $\varphi_1(r), \ldots, \varphi_n(r)$ est un système de fonctions orthonormées dans lequel s'exprime la fonction d'onde Ψ_{at} de l'atome, la nouvelle fonction d'onde Ψ décrivant l'évolution du système (atome + électron) pourra s'exprimer encore en fonction des mêmes $\varphi(r)$ avec bien entendu des coefficients $c(t)$ différents.

Nous pouvons supposer connus au temps $t = 0$, avant toute interaction avec l'électron incident, les états des divers électrons, de telle sorte que

$$c_\sigma(0) = 1 \qquad (\sigma = 0, 1, \ldots, Z). \tag{2}$$

Nous écrirons alors que chacun de ces électrons passe par suite de l'interaction nouvelle introduite par l'électron incident, par un état virtuel σ' d'énergie $E_{\sigma'}$ et revient soit à son état initial, soit à un état du spectre discret de l'atome, soit encore à un état du spectre continu; il peut également arriver que deux des électrons échangent mutuellement leur place. Comme par ailleurs le système est conservatif, nous voyons qu'en calculant les $c_\sigma(T)$ où T désigne un temps où l'interaction a sûrement eu lieu, nous pourrons rendre compte des collisions donnant lieu au scattering élastique, à celui inélastique accompagné de l'excitation ou de l'ionisation de l'atome, et le tout avec ou sans phénomène d'échange.

En particulier si μ_i est la probabilité d'ionisation de l'électron atomique i et V_i le potentiel d'ionisation correspondant, le potentiel moyen d'ionisation sera donné par

$$V = \sum_{i=1}^{Z} \mu_i V_i.$$

Cette théorie qui présente l'intérêt de pouvoir englober tous les phénomènes dus à des collisions entre atomes et électrons permettra peut-être une explication de l'existence des ions négatifs, d'atomes deux fois excités (tels qu'ils sont connus en spectroscopie dans le cas des alcalinoterreux).

THERMODYNAMIQUE. — *Sur le rapport γ des chaleurs spécifiques de l'anhydride carbonique autour de la région critique.* Note (*) de M. **Jack Noury**, présentée par M. Gustave Ribaud.

A partir de la vitesse des ultrasons de 960 kHz dans CO_2 et des équations d'état expérimentales de Michels, la valeur apparente de $\gamma = (C/c)$ a été déterminée avec une précision de 5% et comparée aux valeurs déduites des mesures de Herget à 260 kHz ainsi qu'à celles de Michels.

La position relative des courbes semble en accord avec le phénomène de dispersion de la vitesse du son en fonction de la fréquence.

Ayant déterminé la vitesse des ultrasons de 960 kHz dans l'anhydride carbo-

---

(*) Séance du 25 février 1952.

nique [1] par la méthode de diffraction de la lumière [2] j'ai calculé le rapport $\gamma = (C/c)$ des chaleurs spécifiques en fonction de la pression à la température de 31°C.

On sait que la vitesse du son est donnée par la relation de Laplace :

$$V^2 = -\gamma v \left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_T.$$

On peut obtenir immédiatement la valeur de γ en fonction du produit pv :

$$\gamma = \frac{V^2}{(pv)^2} p \left[v - \frac{\partial (pv)}{\partial p} \right].$$

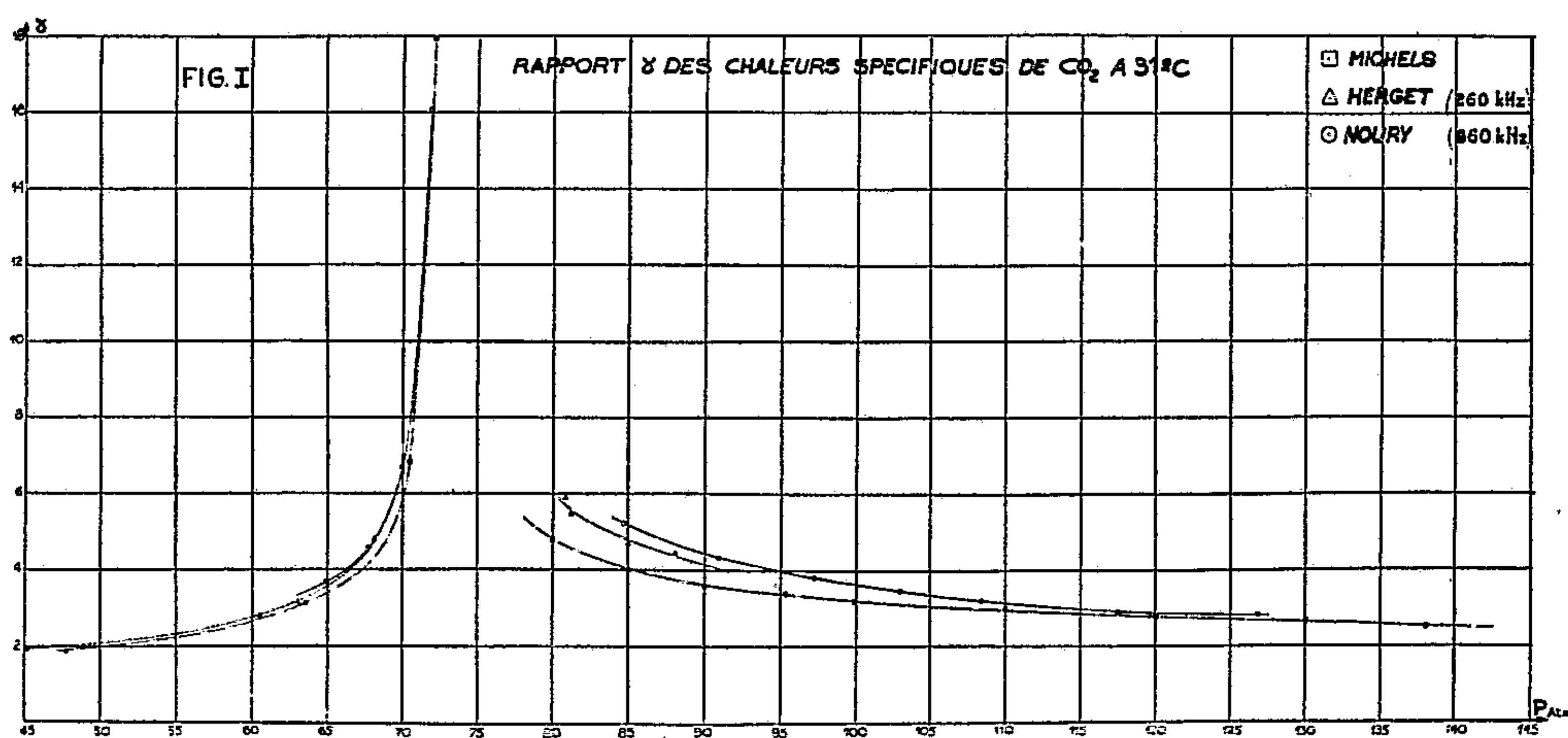
Si l'on introduit alors la densité ρ, la valeur γ devient :

$$\gamma = \frac{V^2}{pv} \left[\frac{1}{1 + \frac{\rho^2}{p} \frac{\partial (pv)}{\partial \rho}} \right].$$

Les valeurs $\partial(pv)/\partial\rho$ ont été obtenues à partir des équations d'état expérimentales de Michels [3] qui exprime le produit pv sous la forme :

$$pv = A + (B + \beta)\rho + C\rho^2 + Z\rho^3 + D\rho^4 + E\rho^6 + F\rho^8.$$

J'ai effectué des calculs analogues à partir des valeurs de la vitesse des ultrasons de 260 kHz obtenues par Herget [4] à l'aide de l'interferomètre acoustique.



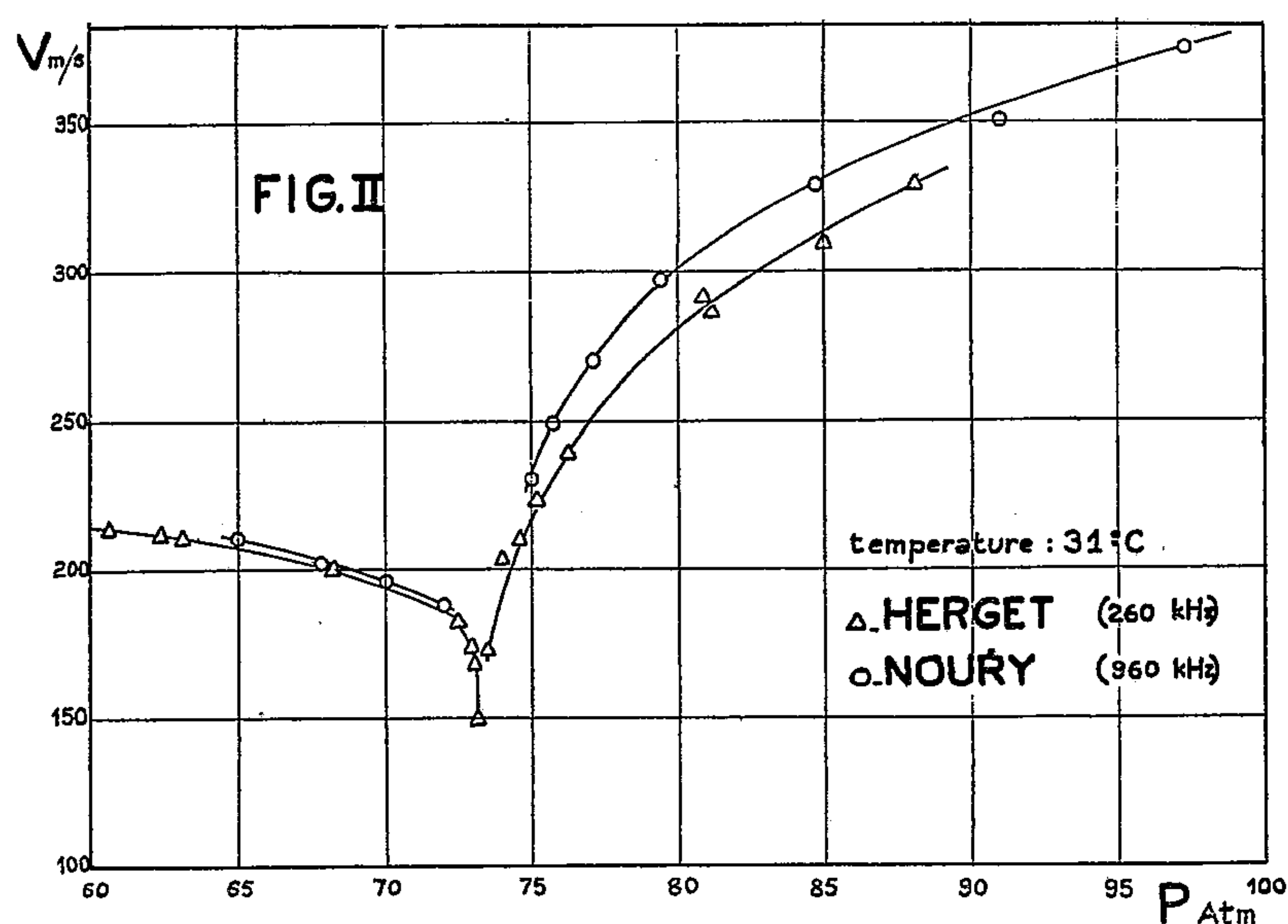
Ces résultats sont groupés dans la figure I où ils sont comparés aux valeurs

([1]) J. Noury, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 516.
([2]) R. Lucas et P. Biquard, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2132.
([3]) C. A. M. Michels-Veraart, *Thèse de Doctorat*, Amsterdam, 1937.
([4]) *J. Chem. Phys.*, 8, 1940, p. 537.

de γ déduites des valeurs de C_p et C_v calculées séparément (5) par Michels et ses collaborateurs à partir des mesures de compressibilité.

La précision moyenne des résultats obtenus à partir de la vitesse des ultrasons est de 5 % tandis qu'on peut admettre une erreur de 2 % sur les valeurs de γ déduites des mesures de Michels.

L'examen de la figure I montre que les valeurs obtenues à partir de la vitesse des ultrasons sont supérieurés à celles obtenues par Michels et que pour une même pression et une même température, la valeur la plus élevée correspond à la fréquence ultrasonore la plus haute.



Ceci paraît en accord avec le phénomène de dispersion de la vitesse des ondes ultrasonores en fonction de la fréquence étudié par Kneser (6), (7) et Wallmann (8) dans l'anhydride carbonique et par Roy et Rose (9) dans l'hydrogène à des pressions voisines de la pression atmosphérique.

Les valeurs de la vitesse des ultrasons que j'ai obtenues à la fréquence de 960 kHz sont d'ailleurs plus élevées que celles de Herget à 260 kHz dans le même domaine de pression (*fig.* 2). Ceci semble confirmer la persistance du phénomène de dispersion en fonction de la fréquence dans les gaz polyatomiques aux pressions relativement élevées.

---

(5) A. Michels et S. R. de Groot. Communication of the « *Wan der Waals Fund* », n° 92.
(6) *Ann. der Phys.*, Lpz V II, 1931, p. 777.
(7) *Phys. Z.*, 32, 1931, p. 179.
(8) *Ann. der Phys.*, Lpz 21, 1934, p. 671.
(9) *Phys. Rev.*, II, 47, 1935, p. 335.

THERMODYNAMIQUE STATISTIQUE. — *Le troisième coefficient du viriel pour un potentiel intermoléculaire avec force répulsive en r^{-a}.* Note de M. **René Bergeon**, présentée par M. Eugène Darmois.

On sait que tous les gaz à potentiel intermoléculaire (6-12) (modèle de Lennard-Jones) obéissent rigoureusement à une loi d'états correspondants. L'emploi d'un potentiel $(6-a)$ défini par $V(r)=\varphi(a)\,\varepsilon^*[(\sigma/r)^a-(\sigma/r)^6]$, avec a variantd'un gaz à l'autre, peut permettre de rendre compte des écarts à cette loi constatés même pour les gaz monoatomiques et assimilés.

La détermination exacte de a n'est pas possible avec le second coefficient du viriel, qui est tout aussi bien reproduit pour toutes les valeurs $8\leq a\leq 14$ (¹). Mais les variations du 3ᵉ coefficient du viriel C(T) sont bien plus sensibles au choix de a.

Les constantes ε^* et σ désignent la profondeur du puits de potentiel et le diamètre de choc à énergie nulle ; $\varphi(a)\equiv(6/a)^{a/(6-a)}/(a-6)$: par exemple $\varphi(12)=4$ pour le potentiel (6-12). Posant ensuite $\alpha=[kT/\varphi(a)\,\varepsilon^*]^{(6-a)/a}$ et $U=\exp(-u^{-a}+\alpha u^{-6})$, la forme classique du 3ᵉ coefficient du viriel se ramène à

$$(1)\qquad C(T)=-\frac{8\pi^2\sigma^6N^2}{3}\,\alpha^{\frac{6}{a-6}}\int_0^\infty\int_0^\infty\int_{u-v}^{u+v}uvw(U-1)(V-1)(W-1)\,du\,dv\,dw.$$

On sait que le calcul numérique en a été effectué, pour le seul potentiel (6-12), par Kihara d'abord de façon approchée, sous forme de développement en série (²); puis par Bird, Spotz et Hirschfelder de façon rigoureuse par cartes perforées, pour certaines valeurs de α (³). Mais il y a intérêt à calculer C(T) sous forme d'un développement, et pour diverses formes du potentiel, afin de pouvoir extrapoler avec plus de certitude vers les hautes températures, pour lesquelles précisément les forces répulsives ont le plus d'importance, et d'y déterminer plus exactement les excédents de chaleur spécifique.

L'intégrale triple dans (1) se ramène à

$$(2)\qquad \left[\int_0^\infty u(U-1)\,du\right]^3-3I(\alpha)$$

$$I(\alpha)=\int_0^\infty\int_0^\infty\int_{u+v}^\infty uvw(U-1)(V-1)(W-1)\,du\,dv\,dw.$$

Le calcul de l'intégrale entre crochets dans (1) est analogue au calcul

(¹) R. H. Fowler et E. A. Guggenheim, *Statistical Thermodynamics*, 1949, p. 287.
(²) *J. phys. Soc. Japan*, 3, 1948, p. 265-268.
(³) *J. chem. Phys.*, 18, 1950, p. 1395-1402.

de B(T) :

$$\int_0^\infty u(\mathrm{U}-1)\,du = \frac{1}{a}\sum_{n=0}^{\infty}\Gamma\left(\frac{6n-2}{a}\right)\frac{\alpha^n}{n!}.$$

L'intégrale $\mathrm{I}(\alpha)$ peut aussi être développée en série de puissances de α, soit $\mathrm{I}(\alpha) = \mathrm{C}_0 + \mathrm{C}_1\alpha + \ldots + \mathrm{C}_k\alpha^k$. Comme C_0 et C_1 ne se ramènent pas au coefficient général C_k de α^k, on développe la dérivée $d^2\,\mathrm{I}(\alpha)/d\alpha^2$ que l'on écrit : $\mathrm{J}(\alpha) - 2\mathrm{K}(\alpha) + \mathrm{L}(\alpha)$, de sorte que

$$\mathrm{J}(\alpha) = 2\int\int_u\int_{u+v} uvw(u^{-6}+v^{-6}+w^{-6})\,\mathrm{UV}[u^{-6}(\mathrm{W}-1)+w^{-6}\mathrm{W}]\,du\,dv\,dw,$$

$$\mathrm{K}(\alpha) = \int_0\int_0\int_{u+v} uvw(u^{-6}+w^{-6})^2\,\mathrm{UW}\,du\,dv\,dw,$$

$$\mathrm{L}(\alpha) = \int_0\int_0\int_{u+v} uvw^{-11}\,\mathrm{W}\,du\,dv\,dw.$$

Le principe du calcul est le suivant : on développe les diverses exponentielles, sauf $\exp(-u^{-a})$. Ainsi, pour $\mathrm{J}(\alpha)$ on aboutit, après avoir effectué l'intégration en w et effectué le changement de variable $v = u/t$, à des sommes multiples telles que

$$\sum_{kqn\rho\sigma}\frac{(-1)^{n+q}\,\alpha^k}{\sigma!\,n!\,(an+6\sigma-2)\rho!\,q!\,(k-\rho-\sigma)!}$$
$$\times\int_0^\infty u^{5-6k-a(q+n)}\,e^{-u^{-a}}\,du\int_0^1 t^{a(q+n)+6\rho+6\sigma-5}(1+t)^{2-an-6\sigma}\,dt.$$

L'intégrale en u donne une fonction Γ d'Euler et l'on peut ensuite effectuer les sommations par rapport aux indices ρ et q. De plus, on peut voir qu'il suffit de ne conserver que les termes pour lesquels σ et n ont les valeurs 0 et 1, les termes suivants étant de l'ordre de 10^{-4} par rapport au premier.

Pour $\mathrm{K}(\alpha)$, la sommation ne comporte que trois indices et elle peut se faire exactement. Quant à $\mathrm{L}(\alpha)$, il se ramène à une simple fonction Γ. Tous calculs faits, on a

$$\mathrm{C}_0 = -\frac{2}{a}\,\frac{\Gamma\left(1-\frac{6}{a}\right)}{a-2}\int_0^1 t^{a-5}(1+t)^{2-a}(1+t^a)^{\frac{6}{a}-1}\,dt$$
$$-\frac{\Gamma\left(-\frac{6}{a}\right)}{a}\int_0^1 t^{-5}(1-t)^2\left[(1+t^a)^{\frac{6}{a}}-1\right]dt + \frac{1}{24a}\Gamma\left(-\frac{6}{a}\right),$$

$$\mathrm{C}_1 = -\frac{2}{a(a-2)}\int_0^1 t^{a-5}(1+t)^{2-a}(1+t^6)(1+t^a)^{-1}\,dt$$
$$+\frac{1}{a}\int_0^1 t^{-5}(1-t)^2(1+t^6)\ln(1+t^a)\,dt + \frac{1}{4}\int_0^1 t\ln t(1+t)^{-4}\,dt + \frac{13}{288}.$$

Nous ne donnons pas l'expression de C_k, assez compliquée.

Deux des intégrales dans C_k ont des valeurs faibles vis-à-vis des autres termes; seules les deux autres nécessiteront en fin de compte une évaluation exacte par les méthodes ordinaires d'intégration numérique.

Si l'on pose $C(T) = -(8\pi^2\sigma^6 N^2/3)C^*$, on a, dans le cas du potentiel (6 — 12), le développement limité au sixième terme,

$$C^* = -0,14407\alpha + 0,13296\alpha^2 - 0,031002\alpha^3$$
$$- 0,009873\alpha^4 - 0,0030161\alpha^5 - 0,00008076\alpha^6 + \ldots.$$

Le tableau suivant présente, à titre de vérification, les valeurs de C* ainsi déterminées pour les températures élevées, les coefficients d'ordre supérieur à 6 étant pris égaux à ceux, moins précis, de Kihara ([2]).

α..............	0,1	0,2	$0,2\sqrt{2}$	$0,5\sqrt{2}$	1
$\frac{kT}{\varepsilon^*}$............	400	100	50	8	4
C*[([3])].........	—0,013106	—0,023752	—0,030882	—0,049363	—0,054437
C*(Bergeon).....	—0,013110	—0,023761	—0,030882	—0,049337	—0,054405

Une publication future fera connaître les résultats complets pour divers exposants *a*, comparés aux données expérimentales.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur une nouvelle méthode de mesure de la permittivité des liquides en hyperfréquence.* Note (*) de MM. **Claude Brot** et **Marc Bruma**, présentée par M. Jean Cabannes.

La constante de propagation γ, dans un guide d'onde rectangulaire, d'une vibration électromagnétique simple de pulsation ω (longueur d'onde dans le vide λ_0), s'écrit

(1) $$\gamma^2 = k^2 - \varepsilon^*\mu^*\omega^2,$$

ε^* et μ^* étant respectivement la constante diélectrique et la perméabilité magnétique du milieu qui remplit le guide, quantités en général complexes, k est une quantité réelle à déterminations multiples :

(2) $$k^2 = \left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2,$$

a et b étant les deux côtés de la section du guide, m et n des entiers qui définissent l'ordre de mode de propagation.

La constante de propagation (1) s'annule (« cut-off ») pour un guide rempli d'air, à une fréquence donnée et pour un mode de propagation donné, à condition que la géométrie du guide permette d'écrire

(3) $$k_0^2 = \varepsilon_0\mu_0\omega^2.$$

(*) Séance du 18 février 1952.

Si l'on remplace l'air par un diélectrique dont la constante est sensiblement réelle ($\varepsilon^* \neq \varepsilon'$) et dont la perméabilité est celle de l'air ($\mu^* = \mu_0$), on peut annuler la constante de propagation pour la *même fréquence* et le *même mode*, à condition de réaliser une géométrie différente du guide permettant d'écrire

$$k'^2 = \varepsilon' \mu_0 \omega^2. \tag{4}$$

Les relations (3) et (4) permettent d'exprimer la constante diélectrique relative ($\varepsilon_r = \varepsilon'/\varepsilon_0$) du milieu remplissant le guide uniquement en fonction de la géométrie du guide, et ceci à fréquence et mode de propagation constants :

$$\varepsilon_r = \frac{k'^2}{k_0^2}. \tag{5}$$

Dans le cas du mode magnétique fondamental ($H_{1,0}$; $m = 1$; $n = 0$) la relation (2) prend une forme particulièrement simple qui permet d'écrire

$$\varepsilon_r = \frac{a_0^2}{a'^2}, \tag{6}$$

a_0 et a' étant les longueurs de « cut-off » du grand côté du guide, respectivement rempli d'air et d'un milieu de constante diélectrique relative ε_r.

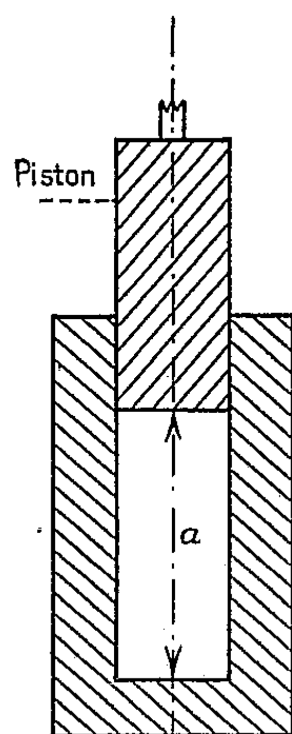


Fig. 1.

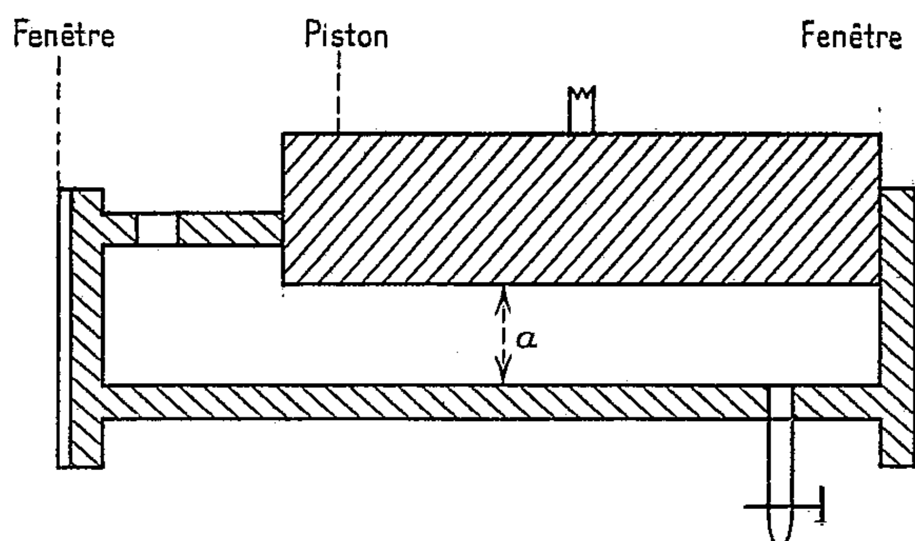


Fig. 2.

Au delà du « cut-off » (γ réel), il n'y a plus propagation réelle d'énergie; des champs électrique et magnétique en quadrature s'atténuent suivant l'axe z du guide :

$$E = E_0 \exp(j\omega t - \alpha z), \qquad \alpha = 8{,}69\sqrt{k^2 - \varepsilon' 4\pi^2 : \lambda_0^2} \quad (db:\text{cm}). \tag{7}$$

La relation (6) nous a amenés à réaliser une cellule de mesure constituée par une section de guide rectangulaire à largeur variable grâce à un piston latéral p. La figure 1 en représente une section transversale, la figure 2 une

section suivant l'axe du guide. La détection du « cut-off » s'effectue au moyen d'une sonde faiblement couplée à la cellule, reliée à un voltmètre à lampes par l'intermédiaire d'un cristal détecteur.

L'appareil utilisé actuellement est une première réalisation; un appareil plus étudié est en construction. La formule (7) et l'expérience montrent que la détection du « cut-off » est d'autant plus aisée que le piston est plus long. Le calcul montre que pour un piston de 9 cm de long, la lecture de a' à 0,1 mm près suffit à assurer une précision de 1 % sur ε_r, à la longueur d'onde de 3,22 cm.

Premiers résultats. — Nous n'avons pas mesuré a_0 (largeur au cut-off dans l'air) mais simplement appliqué la formule valable dans le mode de propagation considéré ($H_{1,0}$)

$$a_0 = \frac{\lambda_0}{2} = 1,61 \text{ cm}.$$

Les mesures de a' effectuées à titre d'essai sur des liquides de permittivité connues, nous ont permis d'obtenir à 3,22 cm, les résultats suivants, à 25°C :

Corps.	Paramètre mesuré a' (cm).	ε_r calculé. $\varepsilon_r = \frac{a_0^2}{a'^2}$.	Tables (*). ε_r.
C_6H_6	1,07	2,28	2,2727
CCl_4	1,075	2,23	2,2339
Heptane	1,15	1,95	1,940

(*) Tables annuelles Hermann, Paris, 1937 et 1939.

Les possibilités d'extension de la présente méthode aux corps présentant des pertes notables, feront l'objet d'une Note ultérieure.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Sur le calcul du taux d'ondes stationnaires en hyperfréquences.* Note (*) de M. **Jean Benoit**, présentée par M. Eugène Darmois.

Il est bien connu que l'on peut déterminer le taux d'ondes stationnaires ρ le long d'une ligne en relevant, grâce à une sonde détectrice, l'intensité du champ électrique au voisinage d'un minimum. Si le détecteur est quadratique, l'équation de la courbe relevée est

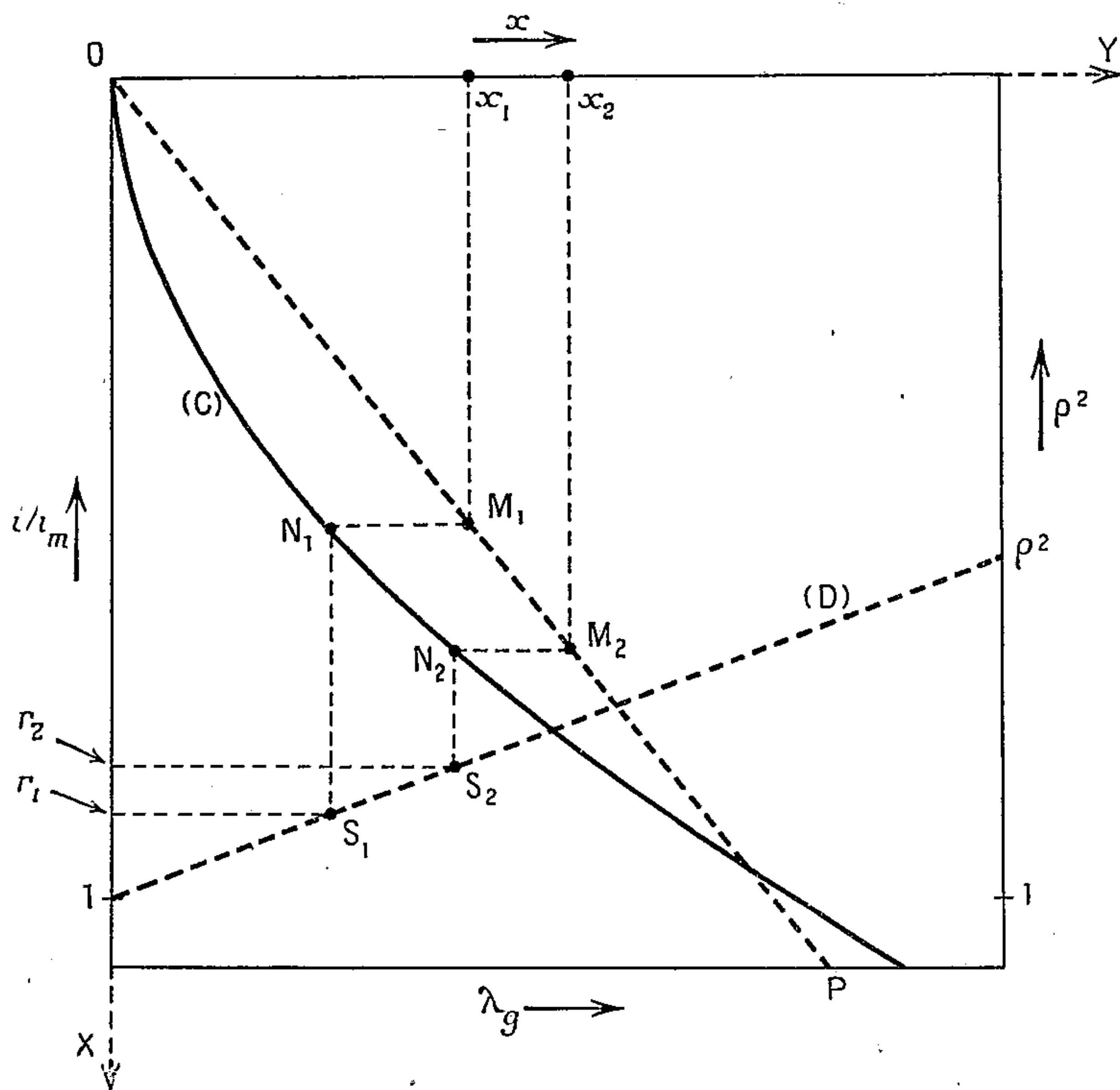
$$(1) \qquad \frac{i}{i_m} = 1 + (\rho^2 - 1)\sin^2\frac{2\pi x}{\lambda_g},$$

avec les notations suivantes : x, position de la sonde par rapport à l'emplacement d'un minimum; λ_g, longueur d'onde sur la ligne de mesure; i, courant détecté à la position x; i_m, détecté à la position $x = 0$ (minimum de i). Pour avoir une détermination sûre on doit calculer ρ en mesurant x pour diverses valeurs de (i/i_m) et prendre ensuite une moyenne; ce procédé est assez long.

(*) Séance du 18 février 1952.

Nous avons établi un abaque qui permet une détermination graphique rapide de la valeur moyenne de ρ^2 et qui montre également si la détection est bien restée quadratique dans tout le domaine de mesure.

Cet abaque comporte quatre échelles (λ_g, x, i/i_m, ρ^2) et une courbe C. Cette courbe a pour équation dans le système d'axes OX, OY : $Y = \sin^2 2\pi X$, avec $X = (x/\lambda_g)$.



N. B. : Pour plus de clarté, les échelles de x, λ_g, i/i_m et ρ^2 n'ont pas été tracées.

On mesure la longueur d'onde λ_g et l'on trace la droite OP ; pour une valeur mesurée x_1 on tire la ligne $x_1 M_1$ (M_1 intersection avec OP); l'abscisse X de M_1 est donc égale à x_1/λ_g (moyennant un choix convenable de l'échelle des X).

En tirant une horizontale de M_1, on obtient N_1 sur (C). N_1 a donc une coordonnée $Y = \sin^2 2\pi(x/\lambda_g)$.

Enfin, on tire la verticale de N_1 et l'horizontale passant par le point r_1 de l'échelle i/i_m qui représente la valeur i/i_m mesurée lorsque $x = x_1$. L'intersection est S_1 ; il est clair que S_1 est un point de la courbe d'équation (1). Or cette courbe doit être une droite puisque $Y = \sin^2(2\pi x/\lambda_g)$. Une deuxième mesure donnera r_2, x_2, M_2, N_2, S_2, et ainsi de suite.

On trace la courbe passant par le point 1 de l'échelle i/i_m et par les points S_1, S_2, etc. Si la détection a été bien quadratique, ce doit être une droite. La pente de cette droite D_2 est $\rho^2 - 1$. Une échelle convenable graduée en valeurs de ρ^2 fournit ρ^2 à l'intersection avec la droite D.

Nous utilisons un abaque qui comporte deux échelles de ρ^2 (de 1 à 9 et de 9 à 35) donc deux courbes C_1 et C_2 et un autre du même type (ρ^2 de 30 à 200 et de 200 à 800); on peut en construire pour les valeurs supérieures.

Moyennant un choix convenable des échelles, on trouve ainsi des valeurs de ρ qui ne s'écartent pas de plus de 0,5 % des valeurs obtenues par un calcul à la machine beaucoup plus long.

OPTIQUE. — *Sur les propriétés optiques des couches multiples alternées.* Note de M. **Nicolas Cabrera**, présentée par M. Albert Pérard.

L'on étudie le spectre d'un système de couches alternées en fonction de l'angle d'incidence.

1. Considérons un milieu stratifié comportant alternativement des couches transparentes d'indices n_1 et n_2 et d'épaisseurs d_1 et d_2. La structure de ce système étant périodique, on prévoit qu'il doit se comporter comme un filtre passe-bandes ([1]). Lord Rayleigh ([2]) a montré depuis longtemps qu'il en est bien ainsi. Ce problème a été repris récemment par beaucoup d'auteurs, notamment A. Herpin ([3]), F. Abelés ([4]) et A. Herpin et Ch. Dufour ([5]), avec des méthodes matricielles très élégantes permettant l'obtention directe des formules, nécessairement très compliquées, qui expriment les facteurs de réflexion, de transmission et les changements de phase d'un nombre limité de couches. La discussion physique de ces formules est malheureusement très pénible, les paramètres étant trop nombreux.

Le but de cette Note est de montrer qu'il est préférable de procéder en deux étapes :

1° Étudier les modes de propagation à l'intérieur d'un ensemble de couches en nombre infini; on en déduit facilement le diagramme des bandes de réflexion et de transmission, qui est indépendant du nombre des couches.

2° Utiliser ces résultats pour faciliter le calcul des propriétés optiques d'un nombre fini de couches; cette deuxième partie fera l'objet d'une prochaine Note.

2. En utilisant la méthode matricielle introduite par Herpin, l'on montre facilement que le champ électromagnétique à l'intérieur de la couche p contient un facteur $\exp(-p\psi_t)$ où ψ_t est donné par

$$\operatorname{ch}\psi_t = \frac{\cos 2\delta - r^2 \cos 2\varepsilon}{1 - r^2}, \tag{1}$$

([1]) L. Brillouin, *Wave propagation in periodic structures*, New-York, 1946.
([2]) *Proc. Roy. Soc.*, Londres, 93 A, 1917, p. 565.
([3]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 182.
([4]) *Ann. Phys.*, 5, 1950, p. 706.
([5]) Sous presse.

avec les notations

$$2\delta = \frac{2\pi}{\lambda}(n_1 d_1 \cos\theta_1 + n_2 d_2 \cos\theta_2), \qquad 2\varepsilon = \frac{2\pi}{\lambda}(n_1 d_1 \cos\theta_1 - n_2 d_2 \cos\theta_2),$$

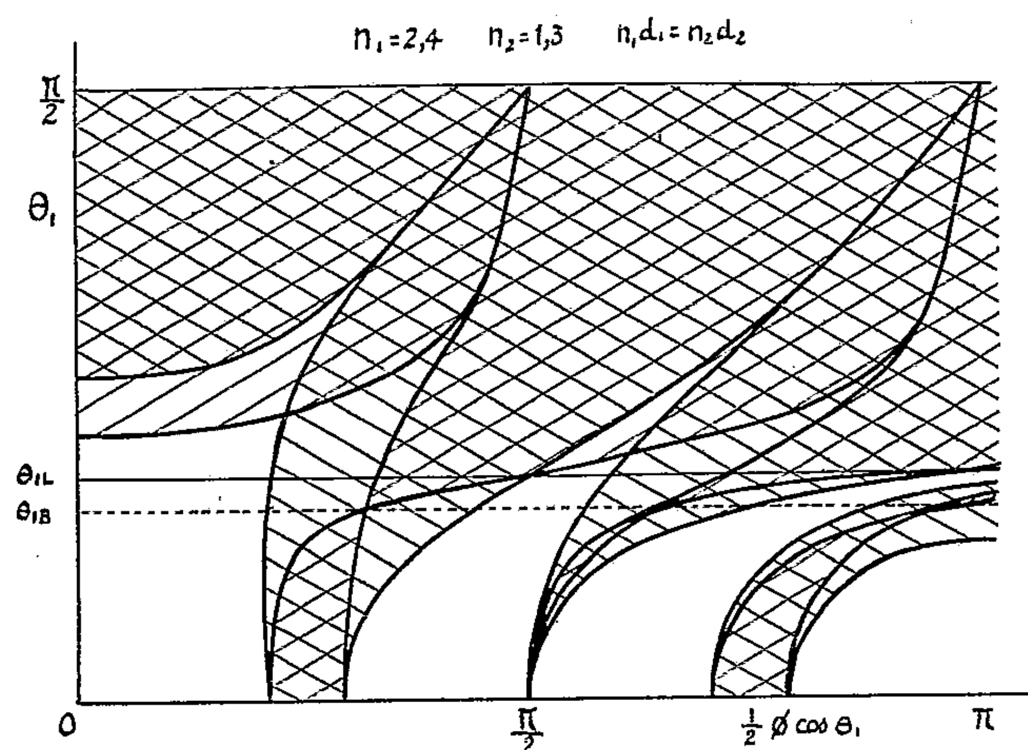
θ_1 et θ_2 étant les angles d'incidence dans les deux sortes de couches, et r le coefficient de réflexion (amplitude) entre les deux milieux n_1 et n_2. Il est donc clair que l'on a une propagation atténuée (réflexion) ou sans atténuation (transmission) selon que $\text{ch}^2\psi_t \gtrless 1$.

En fonction de la fréquence, et pour une géométrie donnée, les bandes de réflexion et de transmission sont séparées par les solutions des deux équations

$$\cos^2\delta = r^2\cos^2\varepsilon, \tag{2}$$

$$\sin^2\delta = r^2\sin^2\varepsilon. \tag{3}$$

On aura donc en général deux types de bandes de réflexion, les « bandes cosinus » comprises entre deux solutions successives de (2), et les « bandes sinus » comprises entre les solutions de (3). Les bandes de réflexion sont



d'autant plus larges que r est plus élevé. Pour r donné les bandes cosinus sont d'autant plus larges que les bandes sinus sont plus étroites et vice versa. En particulier, pour l'incidence normale, les bandes sinus disparaissent pour $n_1 d_1 = n_2 d_2$; alors la demi-largeur de la bande cosinus de premier ordre s'écrit

$$\Delta\lambda = \left(\frac{2}{\pi}\right) r\lambda_0, \qquad \lambda_0 = 4 n_1 d_1,$$

en admettant des valeurs de r assez petites, ce qui est le cas général.

3. La figure représente le diagramme des bandes de réflexion (hachurées) et de transmission (non hachurées), pour le cas $n_1 d_1 = n_2 d_2 = (\lambda/2\pi)\varphi$, avec $n_1 = 2{,}4$, $n_2 = 1{,}3$. L'on a porté en ordonnées l'angle d'incidence θ_1 dans le milieu d'indice plus élevé, et en abscisses la quantité $(1/2)\varphi\cos\theta_1$ qui est

proportionnelle à la fréquence. Les deux cas de polarisation se distinguent d'une façon remarquable pour l'incidence de Brewster θ_{1B}; en effet r devenant nul pour l'un d'eux, les bandes de réflexion correspondantes disparaissent complètement; il s'ensuit que, pour un domaine de fréquence et d'incidence assez étendu, le système de couches restera très réfléchissant pour la polarisation normale, tandis qu'il le sera très peu pour la polarisation parallèle au plan d'incidence, ce qui peut avoir des applications pratiques. L'on remarquera aussi que l'angle limite θ_{1L} ne constitue pas un angle critique; en particulier aux incidences supérieures le système peut parfaitement transmettre la lumière.

ÉLECTROLUMINESCENCE. — *Énergie rayonnée dans différents domaines de longueurs d'onde par les décharges condensées dans le krypton. Comparaison avec les résultats obtenus avec le xénon.* Note de M. **Roger Legros**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons, dans une précédente Note (1), donné les résultats de mesures des énergies rayonnées par les décharges condensées dans le xénon, dans différents domaines de longueurs d'onde situées entre les limites 0,32 et 2,6 μ. Les résultats rapportés ci-dessous ont été obtenus en utilisant le même tube à décharge, le même circuit de décharge et le même dispositif de mesures, de façon à permettre la comparaison avec les décharges dans le xénon.

Rappelons que le tube en pyrex est circulaire : diamètre moyen 100 mm, longueur 330 mm, diamètre intérieur 4 mm; il est situé à 50 cm d'une thermopile de Moll, type E2, connectée à un galvanomètre Zernicke Zc. Les mesures ont été faites, comme précédemment, sous différentes pressions (10 à 200 mmHg) pour différentes capacités (23 à 90 μF) et différentes tensions (0,6 à 2 kV). Nous avons mesuré en valeurs relatives les énergies rayonnées R_g, R_{uv}, R_v, R_p et R_{ir} dans les mêmes domaines de longueurs d'onde que pour les décharges dans le xénon. Ici encore, nous avons calculé les rapports ρ_{uv}, ρ_v, ρ_p et ρ_{ir} des énergies R_{uv}, R_v, R_p et R_{ir} à l'énergie du rayonnement global R_g.

Les principaux résultats obtenus sont les suivants :

a. Comme pour le xénon, le rayonnement global $R_g(0,32 < \lambda < 2,6\,\mu)$, pour C et V constants, croît tout d'abord rapidement quand la pression p augmente, puis atteint une valeur maxima constante lorsque p est supérieur à une valeur p_m. Ce résultat avait été indiqué par Laporte, Legros et Roux (2), Comme pour le xénon également, p_m croît en même temps que la tension V, mais, contrairement au cas du xénon, par contre, p_m dépend peu de la capacité C.

(1) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 718.
(2) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1265.

Le rayonnement global R_g pour les pressions supérieures à p_m, croît un peu plus vite que l'énergie électrique de la décharge, $E = C.V^2/2$, résultat déjà obtenu avec le xénon.

Soit $r_g = (R_g)_{Xe}/(R_g)_{Kr}$ le rapport des énergies globales rayonnées par des décharges dans le xénon et dans le krypton, dans les mêmes conditions de pression, capacité et tension. Il résulte de nos mesures que r_g reste compris entre 1,25 et 2,1, sa valeur dépendant à la fois de p, C et V. r_g décroît quand p augmente et tend vers une valeur minima sensiblement constante pour les pressions supérieures à 80 ou 100 mmHg (pour C = 90 μF, V = 2 kV : r_g = 1,6, 1,4 et 1,37 pour p = 25, 50 et 100 mm Hg). r_g diminue quand la tension augmente, cette variation étant la plus marquée aux faibles tensions (pour C = 90 μF, p = 50 mm Hg : r_g = 1,8, 1,58, 1,45 et 1,4 pour V = 0,6, 1, 1,5 et 2 kV). r_g augmente un peu quand C augmente (pour p = 100 mm Hg, et V = 2 kV : r_g = 1,25, 1,28, 1,35 et 1,38 pour C = 23, 47, 68 et 90 μF).

b. Comme dans le cas du xénon, le rapport ρ_{uv}, relatif à l'ultraviolet $(0,32 < \lambda < 0,42\,\mu)$ ne dépend pratiquement pas de C; il croît quand la tension augmente, et décroît quand la pression augmente. Par exemple : pour V = 2 kV, ρ_{uv} = 0,165 et 0,105 pour p = 20 et $p \geq$ 100 mm Hg; les valeurs correspondantes dans le cas du xénon étaient ρ_{uv} = 0,11 et 0,09 environ. Les éclairs dans le krypton sont donc, relativement à l'énergie globale, plus riches en U.V. que les éclairs dans le xénon; cependant, les énergies rayonnées dans l'ultraviolet par le xénon sont plus grandes du fait que $(R_g)_{Xe}/(R_g)_{Kr}$ est supérieur à $(\rho_{uv})_{Kr}/(\rho_{uv})_{Xe}$ pour des éclairs identiques en ce qui concerne p, C et V.

c. Comme avec le xénon, le rapport ρ_v relatif au domaine visible $(0,42 < \lambda < 0,68\,\mu)$ ne dépend pas de C, augmente en même temps que la tension V et diminue quand la pression augmente. Les valeurs de ρ_v pour le krypton sont un peu plus faibles (d'environ 5 %) que pour le xénon.

d. Les valeurs de ρ_p (infrarouge photographique : $0,68 < \lambda < 0,82\,\mu$) et de ρ_{ir} (infrarouge vrai : $0,82 < \lambda < 2,6\,\mu$) sont pratiquement les mêmes, en fonction de p, C et V pour les décharges dans le krypton et dans le xénon.

En résumé : il résulte de nos mesures que si l'on considère des éclairs identiques en ce qui concerne le tube, la pression, la tension et la capacité et différant uniquement par la nature du gaz : xénon ou krypton :

1° Les énergies rayonnées par le xénon, entre 0,32 et 2,6 μ, sont 1,25 à 2,1 fois plus grandes que les énergies rayonnées par le krypton.

2° Les répartitions spectrales relatives des fonds continus présentent sans doute peu de différences puisque les rapports ρ, définis plus haut, sont sensiblement les mêmes pour le xénon et pour le krypton (sauf peut-être dans l'U.V. qui est un peu plus abondant dans le krypton).

Ces résultats confirment l'avantage, signalé dès 1935 par M. Laporte, que présente l'emploi du xénon pour la production d'éclairs de grandes énergies de rayonnement.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Réactions induites par tritons dans des émulsions photographiques*. Note (*) de M. Pierre Cüer et Mme Denyse Magnac-Valette, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

L'étude détaillée de plaques nucléaires chargées au lithium et exposées à un flux de tritons nous a permis de mettre en évidence les étapes de trois réactions nouvelles Li_3^6 $(t, n)\, 2\, He_2^4$, $Li_3^7(t, 2n)\, 2\, He_2^4$ et $N_7^{14}(t, p, n)\, N_7^{15}$, ainsi que la prédominance des désintégrations à trois corps et la production de neutrons.

Les tritons sont initialement produits [1] à 90° d'un faisceau intense de deuterons incidents sur une cible épaisse de Be^9. Ils sont ensuite déviés à 15° par un champ magnétique et canalisés dans un long tube (élimination des neutrons) à l'extrémité duquel ils pénètrent dans l'émulsion sous $\sim 7°$ [2]. Les tritons d'énergie $\sim$ 3,8 MeV sont parallèles dans l'émulsion et effectuent un certain nombre de chocs élastiques dont le plus fréquent est le choc triton-proton. Sa section efficace totale moyenne est trouvée égale à 1,9 barns, en accord avec la valeur donnée pour les chocs protons-tritons [3]. On a également observé des réactions nucléaires à bilan élevé où, le moment n'étant pas conservé entre les particules chargées, il faut admettre qu'un ou deux neutrons sont émis. La conservation des moments qui permet de calculer le moment des neutrons et le principe de la conservation de l'énergie nous donnent la valeur du bilan s'il y a un neutron et les limites des valeurs possibles s'il y en a deux. En comparant les valeurs trouvées aux prévisions théoriques déduites de la connaissance des masses et en calculant les excitations des noyaux intermédiaires, on a pu interpréter les réactions $Li_3^6(t, n)\, 2\,\alpha + 16$ MeV par l'intermédiaire de Be_4^{8*} (Exc. = 7,5 MeV) et $Li_3^7(t, 2n)\, 2\,\alpha + 8{,}9$ MeV avec deux intermédiaires possibles Be_4^8 ou He_2^6. Dans une de ces réactions, He_2^6 (certain) correspond à un état d'excitation $\sim$ 6 MeV $\pm$ 1, inconnu jusqu'à présent, mais on n'a pu décider en raison de l'erreur si le stade ultérieur de cette réaction se fait ou non par émission d'un bineutron. Une autre peut s'expliquer par les deux schémas (niveau du Be_4^8 à 3 MeV ou niveau de He_2^6 à 6 ou 9 MeV). Deux désintégrations donnant un neutron, un proton et un noyau de recul proviennent de l'azote : $N_7^{14}(t, pn)\, N_7^{15} + 2{,}5$ MeV. Les études faites par d'autres chercheurs sur $(N_7^{15} + d)$, les conditions de température requises pour l'émis-

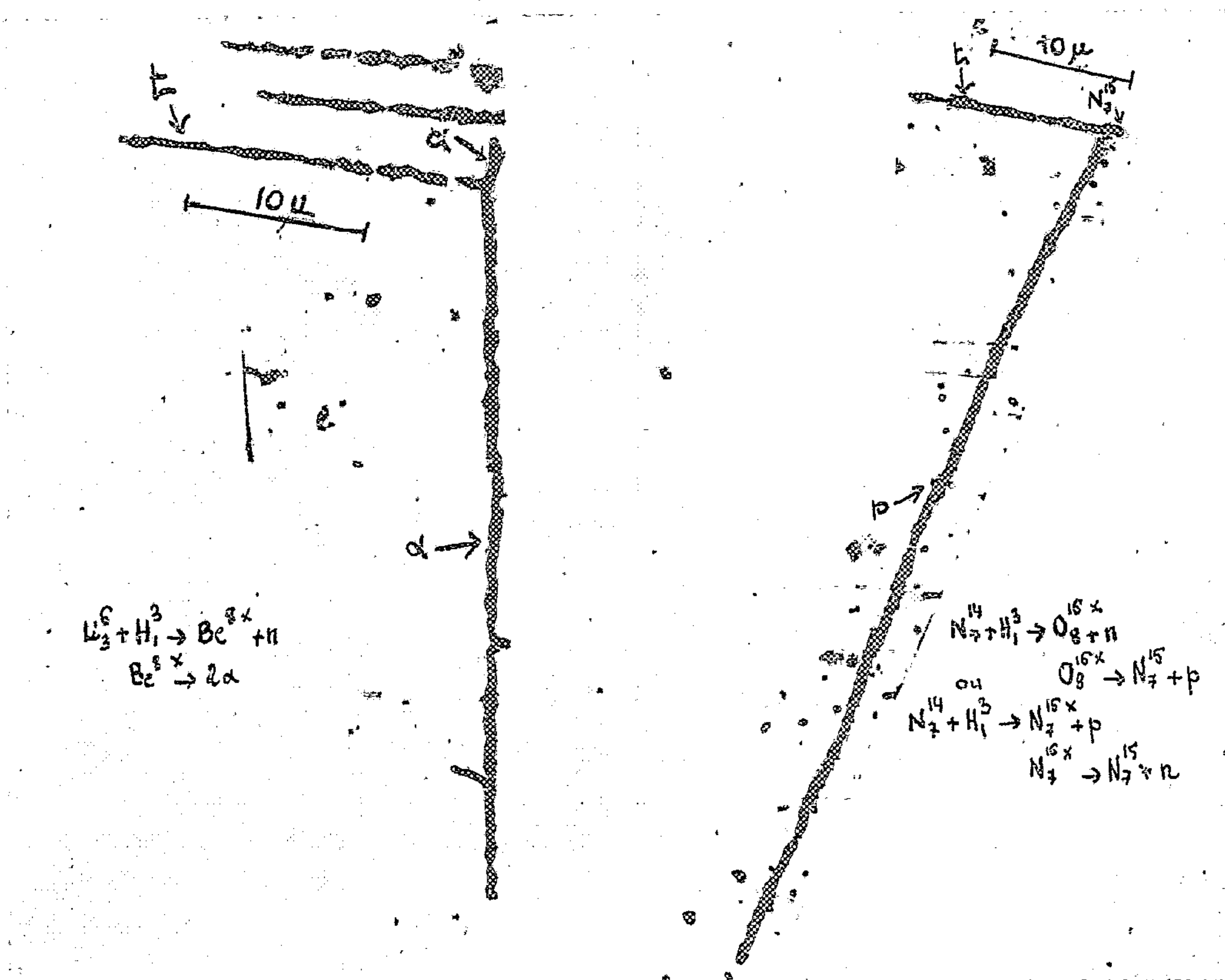
(*) Séance du 25 février 1952.

(1) Les expositions ont été effectuées au cours de ces deux dernières années à l'Institut de Recherches nucléaires de Strasbourg (Directeur S. Gorodetzky).

(2) Le dispositif expérimental de grande précision a été réalisé par M. Liess.

(3) R. S. Claassen, R. B. Brown, G. D. Freier et W. R. Stratton, *Phys. Rev.*, 82, 1950, p. 589.

sion d'une particule ne nous ont pas permis de décider entre les deux noyaux intermédiaires : O_8^{16} excité à 15 ± 1 MeV ou N_7^{16} excité à 4 ± 1. Nous avons trouvé un événement donnant deux protons et un neutron, inexplicable au point de vue énergétique par la désintégration d'un élément



(Deux exemples typiques de désintégrations.)

léger, mais qui pourrait s'expliquer par un processus Oppenheimer et Phillips sur un noyau lourd déjà étendu au triton par Kundu. Les désintégrations donnant deux particules ne peuvent pas être vues sur des plaques E_1 si le bilan est faible, parce qu'il est impossible de distinguer sur des traces courtes la nature de la particule, mais il est remarquable que nous n'ayons pas trouvé de telles réactions à bilan élevé comme par exemple C_6^{12} (t, p) C_6^{14}. Ceci peut s'expliquer par l'excitation toujours grande du noyau composé obtenu par entrée d'un triton dans un élément léger. Les conditions de température peuvent faire supposer que C_6^{14} est laissé de préférence dans un état excité. A l'énergie où nous opérons, il ne peut se désexciter que par γ. Le proton émis initialement étant court ne peut être distingué d'un triton ayant subi un choc.

Nos conclusions générales, réactions donnant plus de deux corps, production d'un neutron explicable par la structure même du triton, ont été confirmées par les travaux récents d'Allen et Kundu qui ont trouvé par une autre méthode, en bombardant des éléments légers avec du tritium ionisé, des continuums et une production intense de neutrons. Notre section efficace des réactions Li (t, n) égale à 1,5 ± 1 barns est de l'ordre de celles de Crews [4] : 0,7 barn et Almqvist [5] : 1,5 barns.

RADIOACTIVITÉ. — *Étude de la transition* γ *de* 350 keV *accompagnant l'émission* α AcC → AcC″. Note (*) de MM. **Jean Teillac, Paul Falk-Vairant** et **Charles Victor**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Par la méthode des coïncidences, on détermine le coefficient de conversion interne et l'on montre que le rayonnement γ est un mélange de dipôle magnétique et de quadrupôle électrique.

Nous avons étudié les coïncidences α-électrons de conversion de la transition AcC $\overset{\alpha}{\rightarrow}$ AcC″ en employant un compteur Geiger et un compteur proportionnel. Ce dernier travaillait avec une amplification faible, telle que seules les particules α étaient comptées. La source était constituée par le dépôt actif de l'An en équilibre. Le nombre de coïncidences enregistrées est $N_c = N k_\alpha p k_e$ où N = nombre de désintégrations de la source; $N_\alpha = N k_\alpha$ nombre d'α détectés par le compteur proportionnel; p = nombre d'électrons de conversion par désintégration et k_e = probabilité de détecter un électron de conversion dans le compteur Geiger.

De l'étude du rapport N_c/N_α on déduit $p = 3{,}0 \pm 0{,}3$ %. Connaissant l'intensité de structure fine [1] on calcule le coefficient de conversion interne total $\alpha = 0{,}21 \pm 0{,}02$.

Dans une nouvelle détermination [2] du rapport entre le nombre d'électrons extraits de la couche K et ceux extraits de la couche L on trouve

$$\frac{N_{eK}}{N_{eL}} = 5{,}5 \pm 0{,}5;$$

ce qui conduit à $\alpha_K = 0{,}18 \pm 0{,}02$.

---

(4) *Phys. Rev.*, 82, 1951, p. 100.
(5) *Can. J. Research*, 28 A, 1950, p. 433.

(*) Séance du 25 février 1952.
(1) $\alpha_0 = 82{,}6$ %; $\alpha_1 = 17{,}4$ %. Ces nouvelles valeurs nous ont été communiquées par M. S. Rosenblum.
(2) P. Falk-Vairant (à paraître).

La comparaison de ces deux valeurs avec les courbes théoriques de α_K (3) et empiriques de N_{eK}/N_{eL} (4) permet de conclure que le rayonnement γ est probablement un mélange de quadrupole électrique et de dipole magnétique.

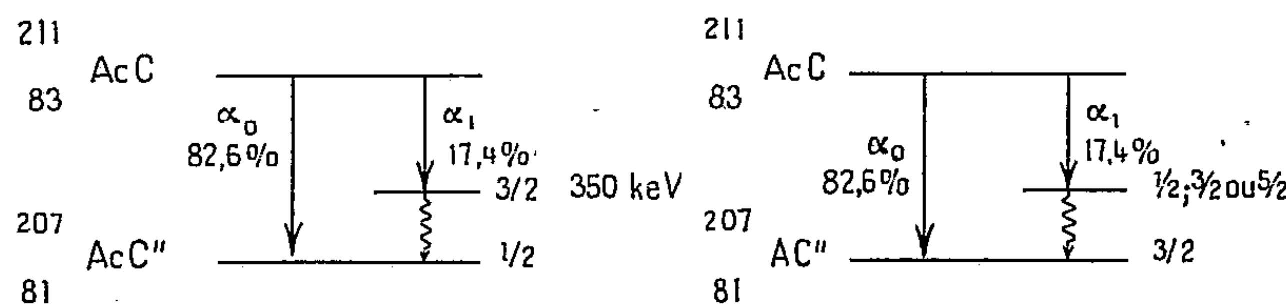
	α_K.	$\frac{N_{eK}}{N_{eL}}$.
E_2........................	0,045	1,7
E_3........................	0,11	0,7
M_1........................	0,28	7,5
Valeur expérimentale........	$0,18 \pm 0,02$	$5,5 \pm 0,05$

La possibilité d'un rayonnement E_3 peut être exclue pour les raisons suivantes :

1° La période de l'état excité est certainement inférieure à $3,10^{-7}$ sec. (temps de résolution de notre appareil à coïncidences). Alors que pour un rayonnement E_3 la période devrait être de 10^{-4} sec environ.

2° Le rapport N_{eK}/N_{eL} serait beaucoup plus petit que la valeur expérimentale.

En admettant un mélange $M_1 + E_2$, on est conduit à une transition de spin $\Delta J = 1$ ou 0 avec $|J + J'| \geq 2$ sans changement de parité. Sachant que le spin du ^{207}Pb est 1/2 et que la transition β $AcC'' \xrightarrow{\beta} {}^{207}Pb$ est vraisemblablement une transition permise (5) ($J = 0$ ou 1), on est conduit aux deux possibilités suivantes :



$$\mathcal{T}_\gamma \leq 3.10^{-7} \text{ s}, \qquad \frac{N_\gamma}{N} = 14,4\,\%, \qquad \frac{N_e}{N} = 3\,\%.$$

D'autre part, le spin des isotopes de l'AcC'' $^{203}_{81}$Tl et $^{205}_{81}$Tl étant 1/2, on peut penser que le premier schéma est plus probable.

Enfin remarquons que la transition de 350 keV de l'AcC'' est très semblable à celle de 279 keV du $^{203}_{81}$Tl qui apparaît dans la désintégration $^{203}_{80}Hg \xrightarrow{\beta} {}^{203}_{81}Tl$ pour laquelle Goldhaber et Sungar (4) ont conclu également qu'il s'agissait d'un mélange $E_2 + M_1$.

(3) M. E. Rose, G. H. Goestzel, B. I. Spintad, J. Haw et P. Shong, *Phys. Rev.*, 83, 1951, p. 79.

(4) M. Goldhaber et A. W. Sungar, *Phys Rev.*, 83, 1951, p. 906.

(5) A. M. Feingold, *Rev. Mod. Phys.*, 23, 1951, p. 10.

CHIMIE PHYSIQUE MACROMOLÉCULAIRE. — *Fixation du camphre par le nitrate de cellulose.* Note (*) de Mme **Fanny Boyer-Kawenoki** et M. **Georges Champetier**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Le nitrate de cellulose à 12,28 % d'azote forme avec le camphre une combinaison moléculaire d'addition contenant sensiblement une molécule de camphre par motif nitroglucose.

J. Desmaroux ([1]) a observé que le camphre dissous dans un hydrocarbure aliphatique ne se fixe sur le nitrate de cellulose à 11,8 % d'azote que si la concentration de la solution de camphre est d'environ 40 %, tandis que la fixation de l'acétone sur le nitrate de cellulose, en présence d'un liquide inerte, a lieu pour de faibles concentrations en cétone. Ce résultat a été vérifié par d'autres chercheurs; ils ont supposé que l'encombrement spatial de la molécule de camphre ne lui permet que difficilement de pénétrer dans le réseau du nitrate de cellulose. Effectivement, en remplaçant l'hydrocarbure aliphatique utilisé comme solvant du camphre par du méthanol ou par un mélange d'hydrocarbure et d'acétone qui gonflent le nitrate de cellulose, la fixation de camphre par le dérivé cellulosique se produit même dans les solutions de camphre de faibles concentrations ([2]). Cependant, le fait de mettre en œuvre deux composés actifs sur le nitrate de cellulose, sans que les méthodes employées aient donné la possibilité de déterminer la quantité fixée de chacun d'eux, rend difficile l'interprétation des résultats.

Nous avons repris l'étude de la fixation du camphre par un nitrate de cellulose à 12,28 % d'azote en recourant à la variante de la méthode des restes déjà décrite par l'un de nous ([3]).

5 g de nitrate de cellulose sec sont mis en contact, à 25°, avec 150 cm^3 d'une solution de concentration connue de camphre dans le cyclohexane. Lorsque l'équilibre est atteint (15 jours à 1 mois), le nitrate de cellulose est essoré progressivement à la presse en prélevant, au cours de l'essorage, des prises d'essais contenant de moins en moins de la solution d'imprégnation. Dans chaque prélèvement, le camphre est d'abord extrait à l'aide de cyclohexane dans un appareil de Kumagawa; la solution est pesée et le camphre est dosé par une mesure d'indice de réfraction. Le nitrate de cellulose est séché à 72° et pesé. Le cyclohexane contenu primitivement

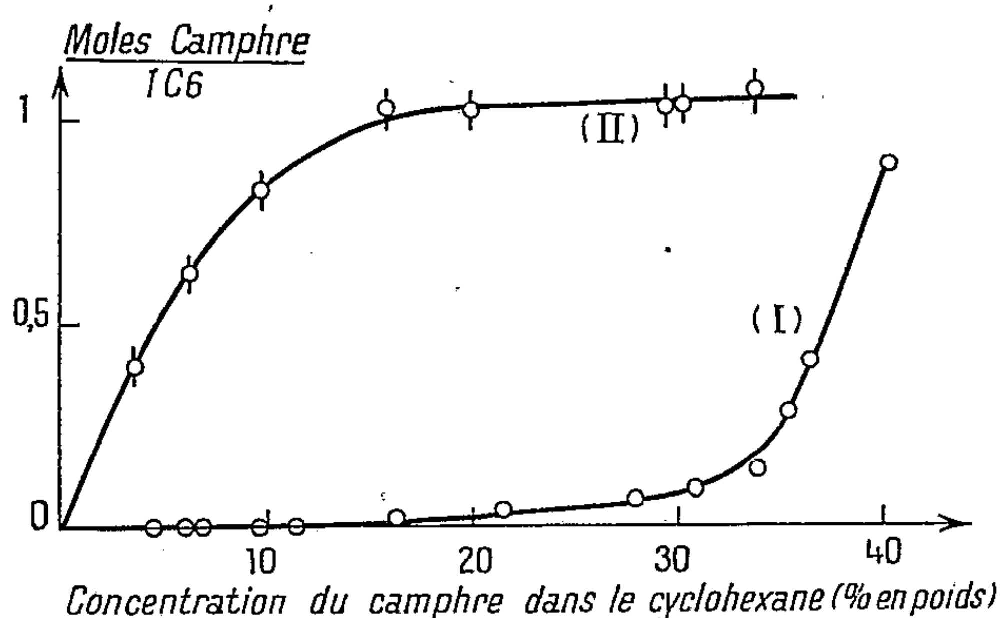
(*) Séance du 25 février 1952.

([1]) *Mémorial des poudres*, 33, 1928, p. 54.

([2]) H. Wadano, K. Hess et C. Trogus, *Z. Physik. chem.*, (B), 30, 1935, p. 159, 183; Th. Petitpas et J. Desmaroux, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 785.

([3]) G. Champetier, *Ann. Chim.*, 20, 1933, p. 5; G. Champetier et J. Neel, *Bull. Soc. Chim.*, 1949, p. 930.

dans chaque prélèvement est déterminé par différence entre le poids de celui-ci et la somme des poids de camphre et de nitrate de cellulose. Les poids de camphre et de cyclohexane rapportés à un même poids de nitrate de cellulose dans les diverses prises d'essai varient linéairement l'un en fonction de l'autre. L'extrapolation de la droite obtenue permet de déterminer le poids de camphre qui resterait présent avec le nitrate de cellulose dans une prise d'essai limite ne contenant plus de solution d'imprégnation. Les résultats obtenus sont en bon accord avec ceux des chercheurs précédents (courbe I). La fixation du camphre par le nitrate de cellulose est nulle lorsque la concentration en camphre de la solution cyclohexanique est inférieure à 16 %; elle croît lentement de 16 à 33 %, puis elle augmente plus rapidement, tandis que le nitrate de cellulose perd peu à peu sa structure fibreuse. La gélatinisation commence à se produire dans les solutions de camphre à 40 %.



Il est possible cependant d'observer une fixation beaucoup plus importante de camphre par le nitrate de cellulose, pour les faibles concentrations des solutions cyclohexaniques de camphre, en dissolvant préalablement le nitrate de cellulose, à 45°, dans une solution concentrée de camphre 56 à 70 %), puis en ramenant à une valeur inférieure la concentration de la solution, par dilution avec du cyclohexane. Le nitrate de cellulose reprécipite en ayant fixé une certaine quantité de camphre que l'on peut déterminer par application de la méthode précédente. Dans les solutions cyclohexaniques de camphre de concentrations comprises entre 16 et 35 %, la quantité de camphre fixée par le nitrate de cellulose est alors sensiblement constante et égale à une molécule par motif nitroglucose (courbe II).

La faible fixation de camphre observée, en milieu hétérogène, en présence d'un solvant du camphre ne gonflant pas le nitrate de cellulose, est donc bien due à une réaction incomplète par suite de la difficulté de pénétration du camphre dans le réseau serré formé par les chaînes cellu-

losiques. En milieu homogène, le camphre et le nitrate de cellulose forment, au moins, une combinaison d'addition stœchiométrique. La plastification du nitrate de cellulose par le camphre résulte donc de la formation d'une combinaison moléculaire pouvant donner, éventuellement, une solution solide avec du camphre en excès.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les chromithiocyanates de thallium, argent, plomb, mercure et platine.* Note (*) de MM. **Triphon Karantassis** et **Paul Sakellaridis**, présentée par M. Paul Pascal.

Les chromithiocyanates préparés par nous répondent à la formule $[Cr(SCN)_6]M_3$ pour le thallium et l'argent, à la formule $[Cr(SCN)_6]_2M_3$ pour le plomb et le mercure, et à la formule $[C_2(SCN)_6]_4Pt_3$ pour le platine.

La méthode employée pour préparer ces sels complexes est l'action d'une solution de $[Cr(SCN)_6]_4K_3$ sur des solutions de sels de Th, Ag, Pb, Hg, Pt.

Chromithiocyanate de thallium. — En faisant agir une solution de $[Cr(SCN)_6]K_3$ sur une solution de sulfate, carbonate ou acétate de thallium, on obtient un précipité cristallin gris peu soluble dans l'eau, qui est décomposé par l'acide chlorhydrique à chaud.

L'analyse a montré que ce précipité est un chromithiocyanate correspondant à la formule : $[Cr(SCN)_6]Th_3$

%.	Trouvé.	Calculé.
Tl	60,31	60,49
Cr	5,30	5,13

Chromithiocyanate d'argent. — En opérant de la même manière avec une solution d'azotate d'argent, nous avons obtenu un précipité cristallin rosé qui est insoluble dans l'eau. Il est décomposé par l'acide nitrique à chaud.

A l'analyse, ce sel correspond à la formule $[Cr(SCN)_6]Ag_3$:

%.	Trouvé.	Calculé.
Ag	44,58	44,70
Cr	7,03	7,18

Chromithiocyanate de plomb. — En mélangeant les solutions aqueuses de $(NO_3)_2Pb$ et de $[Cr(SCN)_6]K_3$ on obtient un précipité brique insoluble dans l'eau.

A l'analyse, ce sel correspond à la formule $[Cr(SCN)_6]_2Pb_3$:

%.	Trouvé.	Calculé.
Pb	43,24	43,42
Cr	7,43	7,33

(*) Séance du 25 février 1952.

Ce complexe est décomposé très vivement par l'acide nitrique avec libération de O_4N_2.

Chromithiocyanate de mercure. — Par mélange des solutions alcooliques des sels $[Cr(SCN)_6]K_3$ et Cl_2Hg nous avons obtenu un précipité rosé insoluble dans l'eau.

A l'analyse ce sel correspond à la formule $[Cr(SCN)_6]_2Hg_3$:

%.	Trouvé.	Calculé.
Hg	42,78	42,90
Cr	7,34	7,41

Ce sel est décomposé très vivement par l'acide chlorhydrique à chaud.

Chromithiocyanate de platine. — En faisant agir une solution de $[Cr(SCN)_6]K_3$ sur une solution de Cl_4Pt on obtient un précipité marron qui, pulvérisé, présente une couleur rouge brique. Il est insoluble dans l'eau.

A l'analyse, il correspond à la formule $[Cr(SCN)_6]_4Pt_3$:

%.	Trouvé.	Calculé.
Pt	26,65	26,77
Cr	9,43	9,51

Ce sel se dissout dans la soude et il est décomposé par les acides chlorhydrique et nitrique à chaud.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les combinaisons moléculaires dérivées de l'anhydride tétrachlorophtalique.* Note (*) de MM. **N. P. Buu-Hoï** et **Pierre Jacquignon**, transmise par M. Marcel Delépine.

On étudie la formation des complexes d'addition colorés que donne l'anhydride tétrachlorophtalique avec une série de composés aromatiques et hétérocycliques. Les relations entre la structure moléculaire et la stabilité et la couleur de ces complexes sont examinées.

On connaît le rôle important en chimie organique analytique des composés polynitrés tels que l'acide picrique, le trinitro-1.3.5 benzène, la trinitro-2.4.7 fluorénone, etc., pour la caractérisation et la séparation des molécules polycycliques. Pfeiffer [1] a montré que l'anhydride tétrachlorophtalique est capable également de fournir des combinaisons moléculaires avec certains composés polycycliques; nous nous sommes demandé dans quelle mesure ce corps pourrait être utilisé, concurremment aux dérivés polynitrés classiques, pour des buts analytiques. Dans le cadre de ces recherches, nous avons préparé les complexes d'addition nouveaux suivants de l'anhydride tétrachlorophtalique :

(*) Séance du 18 février 1952.

(1) *Ber. deutsch. chem. Ges.*, 55, 1922, p. 413.

Composé polycyclique.	Aspect du complexe.	P. F. (ou décomp.).
β-méthylnaphtalène	aiguilles jaune pâle	dissoc. > 136°
α-fluoronaphtalène	» » »	» > 150°
α-bromonaphtalène	» » »	» > 150°
Diméthyl-1.6 naphtalène	» » serin	» > 160°
» -2.3 »	» » clair	F 191° (décomp.)
» -2.6 »	prismes jaunes	dissoc. > 150°
(β-phényléthyl)-6 diméthyl-2.3 naphtalène	primes jaune verdâtre	F 168°
Méthyl-1 naphtol-2	aiguilles jaune d'or	F 240° (décomp.)
» -6 » -2	prismes jaunes	F 175°
dihydroxy-1.6 naphtalène	aiguilles jaune brillant	dissoc. > 200°
» -2.3 »	prismes orangés	F 227-228°
» -2.6 »	aiguilles jaune brillant	F 235°
Chloro-1 tertiobutyl-6 naphtol-2	primes jaunes	dissoc. > 88°
Méthyl-5 acénaphtène	aiguilles jaune vif	dissoc. > 160°
Acétyl-5 acénaphtène	prismes jaunes	F 143°
Acénaphtylène	aiguilles jaunes	dissoc. > 200°
Rétène	» »	F 150°
Fluorène	» » pâle	dissoc. > 160°
Pyrène	» » vif	F 292°
n-propyl-3 pyrène	» » orangé	F 176
Chloro-3 pyrène	» » orangé	F 245
Formyl-3 pyrène	» » d'or	F 254
Dibenzo-1.2-4.5 pyrène	prismes orangés	F 263
Dibenzo-1.2-5.6 anthracène	prismes orangés	dissoc. > 225°
Méthyl-20 cholanthrène	aiguilles rouge vif	F 221°
Thianaphtène	» jaune clair	dissoc. > 150°
Isodinaphtylène oxyde	» vermillon	F 182°
Méthyl-3 indole	prismes rouges	dissoc. > 146°
» (pyrényl-3')-2 indole	prismes orangés	F 208°
» (nitro-3' phényl)-2 indole	aiguilles soyeuses orangées	F 209
» (*p*-tolyl-5' thiényl-2')-2 indole	prismes brun violacé	F 212
» (phényl-5' thiényl-2')-2 indole	prismes brun violacé	F 217
Ethyl-3 (diphénylyl-4')-2 indole	aiguilles rouge vermillon	F 198
n-amyl-3 (éthyl-9' nitro-3' carbazyl-6') indole	paillettes rouge foncé	F 190
(méthyl-5' thénoyl-2')-3 indole	prismes couleur chair	F 228
Indole	aiguilles soyeuses jaunes	dissoc. > 140°
Tétrahydro-1.2.3.4 carbazole	» feutrées rouges	F 197°
Pentaméthylène-2.3 indole	» rouge vif	F 156
Éthyl-9 carbazole	» feutrées orangées	F 118
n-butyl-9 carbazole	» orangées	F 108
Benzyl-9 carbazole	» vermillon	F 121
Diméthyl-3.9 carbazole	» orangées	F 181
» 3.6 éthyl-9 carbazole	» »	F 146
» 3.6 *n*-butyl-9 carbazole	paillettes orangées	F 110
Dibenzo-1.2-7-8 carbazole	aiguilles vermillon	F 273
Bromo-2' dibenzo-1.2-7.8 carbazole	» rouge foncé	F 253
Méthylthio-2' méthyl-3' dibenzo-1.2-7.8 carbazole	» framboise	F 226
Bromo-2' méthyl-6 benzo-1.2 carbazole	aiguilles orangées	F 220°

Composé polycyclique.	Aspect du complexe.	P. F. (ou décomp.).
Bromo-6 chloro-2′ benzo-1.2 carbazole	prismes orangés	F 211
Méthyl-6 méthylthio-2′ benzo-1.2 carbazole	aiguilles vermillon	F 204
Diméthyl-7.8 benzo-1.2 carbazole	» »	F 251
Chloro-6 diméthyl-2′-4′ benzo-1.2 carbazole	prismes orangés	F 225° (décomp.)
Diméthyl-7.8 benzo-3.4 carbazole	aiguilles rouge orangé	F 245°
Tertiobutyl-2′ dibenzo-1.2.5.6 dihydro-3.4 carbazole.	prismes lie de vin	F 191
Méthyl-7 (thiophéno-3′.2′)-1.2 carbazole	aiguilles rouge orangé	F 226° (décomp.)
Méthyl-6 (chloro-5′ thiophéno-3′.2′)-1.2 carbazole	» orangées	F 223°
Benzo-5.6 (éthyl-5′ thiophéno-3′.2′)-1.2 carbazole	» vermillon	F 220
Méthyl-6′ indéno-1′.2′-2.3 indole	prismes rouges	F 178
Diméthyl-5.6′ indéno-1′.2′-2.3 indole	» rouge foncé	F 208
Bromo-5 chloro-6′ indéno-1′.2′-2.3 indole	» orangés	dissoc. > 210°
Méthyl-5′ benzo-4.5 indéno-1′.2′-2.3 indole	paillettes lie de vin	F 228°

Les composés suivants n'ont pas fourni de complexes d'addition stables : le méthyl-9 fluorène, l'éthyl-9 fluorène, le thianthrène, la β.β-dinaphtylamine, le dihydroxy-2.7 naphtalène, le β-thionaphtol, l'amino-7 naphtol-2, le méthoxy-7 naphtol-2, et les composés hétérocycliques azotés à caractère basique accentué tels que les acridines. Par contre, l'hexaméthylbenzène a fourni un complexe cristallisé jaune, F 229°, stable.

En conclusion, il ressort de la présente étude que la faculté que possède l'anhydride tétrachlorophtalique de fournir des complexes stables avec de nombreux composés polycycliques peut servir avantageusement pour la caractérisation de ces composés. La couleur et la stabilité de ces complexes sont d'autant plus prononcées que les molécules de départ sont plus condensées; dans cet ordre d'idées, les complexes dérivés d'hydrocarbures cancérigènes, et ceux dérivés des indoles et carbazoles sont particulièrement remarquables.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Application des réactions de Friedel et Crafts et de Fries au salicylamide.* Note de M. **Robert Granger**, Mlle **Monique Corbier** et M. **Jacques Vinas**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'acétyl-5 salicylamide a été obtenu par réactions de Friedel et Crafts et de Fries. L'acylation en présence de Cl_3Al a permis de préparer une série d'acyl-5 salicylamides. Sont décrits également les dérivés 5-halogéno acétylés du salicylamide, de l'acide salicylique et du salicylate de méthyle.

Les acides salicylique (1), (2), O-acyl salicyliques (3) et leurs esters (4), (5) conduisent respectivement par réactions de Friedel et Crafts et de Fries, aux

(1) M. Bialobrzeski et M. Nencki, *Ber.*, 30, 1897, p. 1776.
(2) F. Seidel et O. Engelfried, *Ber.*, 69, 1936, p. 2567.
(3) K. W. Rosenmund et W. Schnurr, *Ann.*, 460, 1928, p. 89.
(4) H. Limpricht, *Ann.*, 390, 1896, p. 164.
(5) E. H. Cox, *J. Amer. Chem. Soc.*, 52, 1930, p. 352.

dérivés correspondants acylés en position 5. Par contre le salicylamide et ses dérivés n'ont pas été étudiés.

I. *Acétyl-5 salicylamide.* — Après contact de 12 h à 20°, en présence de Cl_3Al (2,6 mol) le chlorure d'acétyle (2 mol) réagit sur le salicylamide (1 mol en solution dans 10 parties de nitrobenzène) en donnant avec un rendement de 90 %, l'acétyl-5 salicylamide : F 217° (N % 7,81 pour 7,82). L'acide résultant de l'hydrolyse alcaline est identifié par son point de fusion (210°) avec l'acide acétyl-5 salicylique obtenu par action de Cl_3Al sur l'aspirine ([3]).

L'acétyl-5 salicylamide a été également obtenu par action de Cl_3Al sur le O-acétyl salicylamide (F 153°).

Les réactions de Friedel et Crafts et de Fries effectuées à 90° conduisent à l'acétyl-5 salicylamide, mais on identifie également une certaine quantité de N-acétyl salicylamide (F : 148°). Ce dernier apparaît au cours de réactions indépendantes de la présence de Cl_3Al. Ainsi à 90°, en milieu nitrobenzénique, le chlorure d'acétyle réagit sur le salicylamide en donnant le N-acétyl salicylamide à l'exclusion de tout autre dérivé. De même le chauffage du O-acétyl salicylamide à 80° dans le nitrobenzène l'isomérise presque quantitativement en N-acétyl salicylamide. Le nitrobenzène par sa structure polaire favorise cette transposition, car la même expérience réalisée dans le benzène provoque une isomérisation inférieure à 5 %. Le N-acétyl salicylamide ne subit pas de transposition analogue à celle de Fries.

La réaction de Fries sur le O-acétyl salicylamide s'effectue en deux temps, le premier est rapide : dès l'addition de Cl_3Al à 10°, le O-acétyl salicylamide est entièrement dissocié. Le deuxième temps est lent, après 2 h à 20°, il n'apparaît que 15 à 20 % d'acétyl-5 salicylamide. L'ion acétyle peut d'ailleurs se fixer sur une molécule plus réactive : l'action de Cl_3Al sur le O-acétyl salicylamide dans le benzène a uniquement pour résultat la formation d'acétophénone.

II. *Acyl-5 salicylamides.* — La méthode de préparation précédente permet d'obtenir une série d'acyl-5 salicylamides qui conduisent par hydrolyse alcaline aux acides acyl-5 salicyliques correspondants.

	Amide F.	N % théorie.	N % trouvé.	Acide F.
5-propionyl	216°	7,25	7,10	179° ([5])
5-butyryl	183	6,76	6,62	153 ([5])
5-isobutyryl	195	6,76	6,75	168 ([6])
5-isovaléryl	182	6,33	6,19	178
5-diéthylacétyl	231	5,95	5,90	140
5-cyclopentane carbonyl	193	6,00	5,85	183
5-cyclohexane carbonyl	197	5,66	5,55	227
5-benzoyl	225	5,80	5,62	208 ([4])

([6]) E. D. Amstutz, E. A. Fehnel et C. R. Neumoyer, *J. Am. Chem. Soc.*, 1946, 68, p. 349.

III. *Halogénoacétyl-5 salicylamides.* — L'halogénoacétylation nucléaire est beaucoup plus difficile que l'acétylation. Dans le nitrobenzène à 20° le chlorure de chloracétyle ne réagit pas sur le salicylamide; à 80°, on obtient le chloracétyl-5 salicylamide (F 238°).

Cette difficulté d'acylation est encore plus marquée lorsqu'on applique la réaction de Fries à l'acide O-chloracétyl salicylique. L'action de Cl_3Al se limite à la libération d'acide salicylique.

On peut cependant atteindre convenablement l'acide chloracétyl-5 salicylique (F 165°) en opérant en solution concentrée dans le sulfure de carbone avec de forts excès de chlorure de chloracétyle et de Cl_3Al. Ce dernier procédé a permis d'isoler les dérivés 5-bromacétylés du salicylamide (F 196°) et de l'acide salicylique (F 152°).

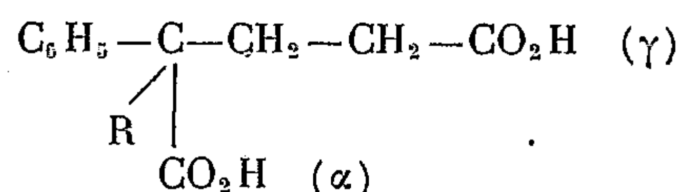
Les chloracétyl-5 salicylate de méthyle (F 110°) et bromacétyl-5 salicylate de méthyle (F 98°) sont facilement obtenus en milieu nitrobenzénique à 90°.

Dans l'acétone en présence d'iodure de sodium, les dérivés-5 chloracétylés du salicylamide et du salicylate de méthyle conduisent respectivement à l'iodacétyl-5 salicylamide (F 205°) et l'iodacétyl-5 salicylate de méthyle (F 95°).

Tous ces dérivés 5-acylés donnent une coloration rouge avec Cl_3Fe.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les acides α-phényl α-alcoyl (ou phénoalcoyl) glutariques.* Note de M. **François Salmon-Legagneur** et Mme **Cécile Neveu**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans le cadre d'un travail d'ensemble entrepris par l'un d'entre nous, soit seul ([1]), ([2]), soit en collaboration ([3]), ([4]), sur les diacides αα-diarylés ou α-arylés-α-alcoylés, nous avons cherché à préparer les acides glutariques αα-disubstitués du type suivant, R étant un radical alcoyle ou phénoalcoyle :



et dont aucun terme n'avait été, semble-t-il, signalé jusqu'à présent.

Nous y sommes parvenus en utilisant une méthode analogue à celle qui a permis à l'un d'entre nous d'obtenir l'acide α-phényl α-benzylsuccinique ([4]). Les alcoyl- ou phénoalcoyl- cyanures de benzyle, sodés par l'amidure de sodium

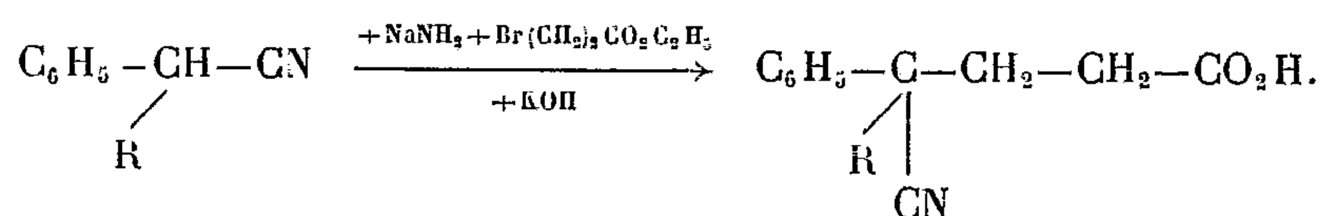
([1]) F. Salmon-Legagneur, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1057 et 227, 1948, p. 437; *Bull. Soc. Chim.*, 6e série, 1951, p. 27; *Congrès des Sociétés savantes*, 1951, Section Sciences, p. 35 à 34.

([2]) F. Salmon-Legagneur, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 182.

([3]) F. Salmon-Legagneur et F. Soudan, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 681.

([4]) F. Salmon-Legagneur et H. Le Moal, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 126.

en milieu benzénique anhydre, sont mis à réagir avec l'éther β-bromopropionique et conduisent ainsi à un nitrile-ester α-phényl α-alcoylglutarique qu'on n'isole généralement pas et que l'on saponifie directement par la potasse alcoolique pour obtenir l'acide nitrile correspondant :



Dans le meilleur cas, le rendement de cette opération est de 75 %, compte tenu de la récupération de la matière première qui n'a pas réagi.

Le passage de l'acide nitrile au diacide doit se faire ensuite en deux temps. L'action de SO_4H_2 à 85 % donne généralement avec un rendement quasi-quantitatif, soit l'acide-amide résultant de l'hydrolyse de la fonction nitrile, mélangé ou non à l'imide correspondant au diacide, soit cet imide seul. Enfin une hydrolyse terminale par chauffage à 150° environ, pendant une durée d'au moins 20 à 25 h, avec une solution concentrée de potasse à 40 % transforme lentement l'acide-amide ou l'imide (ou leur mélange) en diacide du type ci-dessus avec un rendement d'environ 70 %. L'ensemble des trois opérations successives se solde, en moyenne, par un rendement global de près de 40 % en produit brut pour les divers diacides qui sont ainsi parfaitement accessibles.

Nous avons appliqué cette méthode à l'obtention des trois diacides suivants : acide α-phényl α-éthylglutarique ($R = C_2H_5$), acide α-phényl α-propylglutarique ($R = n.C_3H_7$) et acide α-phényl α-benzylglutarique ($R = C_6H_5CH_2$). Nous donnons ci-dessous les constantes des différents produits isolés dans ces préparations pour chacun de ces trois composés.

Série de l'acide α-phényl α-éthylglutarique. — Acide nitrile (α), $C_{13}H_{15}O_2N$, F 92-93°; Acide-amide (α), $C_{13}H_{17}O_3N$, F 157-158°; Imide anhydre $C_{13}H_{15}O_2N$, F 83-84°; Imide cristallisé avec 1 mol H_2O, $C_{13}H_{15}O_2N$, H_2O, F 68-69°; Diacide, $C_{13}H_{16}O_4$, F 130-132°.

Série de l'acide α-phényl α-propylglutarique. — Acide nitrile (α), $C_{14}H_{17}O_2N$, F 63-65°; Acide-amide (α), $C_{14}H_{19}O_3N$, F 196-197°; Imide, $C_{14}H_{17}O_2N$, F 96-98°; Diacide, $C_{14}H_{18}O_4$, F 112-113°.

Série de l'acide α-phényl α-benzylglutarique. — Acide nitrile (α), $C_{18}H_{17}O_2N$, F 156°; Acide-amide (α), $C_{18}H_{19}O_3N$, F 209-210°; Imide, $C_{18}H_{17}O_2N$, F 153-154°; Diacide, $C_{18}H_{18}O_4$, F 166°; Anhydride, $C_{18}H_{16}O_3$, F 116-117°.

Les propriétés de ces diacides et de leurs dérivés semblent analogues à celles de leur homologue phénylé l'acide α.α-diphénylglutarique que l'un d'entre nous a préparé précédemment ([2]). A noter cependant la relative solubilité dans l'eau, comparée à celle de ce dernier, des diacides α-éthylé et α-propylé. Pour ces deux termes d'ailleurs, il ne nous a pas été possible. jusqu'à présent, d'isoler les anhydrides correspondants sous forme cristallisée, mais seulement

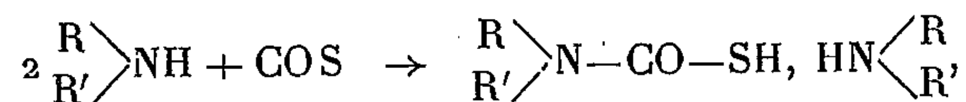
sous forme huileuse. Par contre, des imides bien cristallisés ont pu être isolés dans les trois séries. Dans le cas où l'imide ne se formait pas dans l'hydrolyse sulfurique de l'acide nitrile (cas de la série α-phényl α-propylglutarique), nous sommes arrivés au résultat désiré en dissolvant à chaud l'acide-amide dans de l'acide chlorhydrique concentré qui donne, dans ces conditions, presque aussitôt l'imide avec un bon rendement.

Nous poursuivons actuellement l'étude détaillée de tous ces dérivés ainsi que la préparation d'autres homologues de la même série.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les monothiocarbamates dérivés d'amines secondaires*. Note de M. **Jacques Parrod**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'oxysulfure de carbone réagit avec les amines secondaires : diméthylamine, pipéridine, morpholine, en donnant les thiocarbamates correspondants. Leur propriété la plus remarquable est de fournir avec l'iode des combinaisons d'une molécule de disulfure et de quatre atomes de métalloïde.

La formation de monothiocarbamates, à partir d'amines secondaires et d'oxysulfure de carbone,



$$2\,{}^{R}_{R'}{>}NH + COS \rightarrow {}^{R}_{R'}{>}N{-}CO{-}SH,\ HN{<}^{R}_{R'}$$

a déjà été signalée ([1]), mais il ne semble pas que les auteurs se soient préoccupés d'isoler ces composés ou de les purifier.

Reprenant cette étude, j'ai obtenu, par la réaction précédente, les monothiocarbamates dérivés de la diméthylamine, de la pipéridine et de la morpholine.

Le diméthylthiocarbamate de diméthylammonium ($C_5H_{14}ON_2S$), préparé en milieu éthéré et recristallisé dans l'acétate d'éthyle, se présente sous forme de prismes incolores, jaunissant lentement, solubles dans l'eau, l'alcool, l'acétone, solubles à chaud dans le dioxane et l'acétate d'éthyle, moins solubles dans l'éther. Ils sont déliquescents et, chauffés, se volatilisent sans fondre.

Le pipéridine N-carbothioate de pipéridinium ($C_{11}H_{22}ON_2S$), se forme en milieu alcoolique, et, après évaporation de ce solvant, cristallise dans l'acétone bouillante en longs prismes incolores, très solubles dans l'eau et l'alcool, insolubles dans l'éther; F 117°.

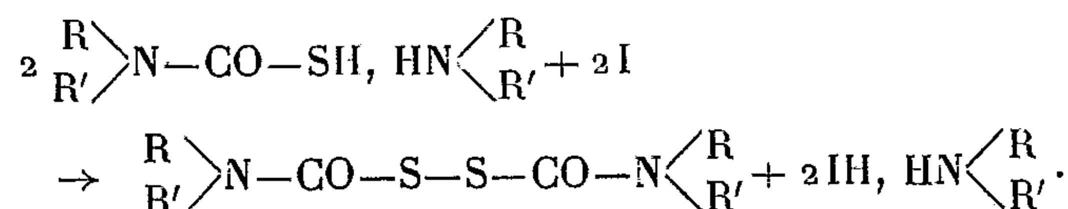
La morpholine N-carbothioate de morpholinium ($C_9H_{18}O_3N_2S$), cristallise dans l'alcool en prismes incolores, solubles dans l'eau et l'alcool, peu solubles dans les autres solvants usuels.

([1]) Sten Kallenberg, *Ber. d. dtsch. chem. Ges.*, 56, 1923, p. 316; A. D. Cunnings et H. E. Simmons, *Ind. and Ing. Chem.*, 20, 1928, p. 1173; L. J. Brady, *Analyt. Chem.*, 20, 1948, p. 512.

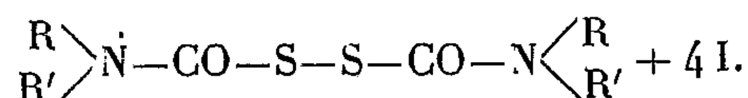
Ces trois composés donnent avec les sels de cuivre, de zinc, de cadmium et de plomb des précipités amorphes. Il y a exception pour le morpholine N-carbothioate de cadmium, qui se sépare en aiguilles blanches $(C_5H_8O_2NS)_2Cd$.

Ces sels, chauffés en milieu aqueux, se décomposent, avec formation du sulfure métallique correspondant.

Les monothiocarbamates décrits plus hauts, décolorent l'iode en solution aqueuse ou alcoolique, et l'on observe un virage net lorsque la proportion d'un atome d'iode par molécule est atteinte. Il est probable que la réaction débute par la formation d'un disulfure



S'il m'a été impossible d'obtenir de telles substances, j'ai isolé des produits de leur combinaison avec l'iode. En effet, l'addition d'un grand excès d'iode à une solution aqueuse d'un thiocarbamate provoque la séparation d'un précipité. Celui-ci est visqueux si l'on part du dérivé de la pipéridine; par contre, les dérivés de la diméthylamine et de la morpholine donnent des solides purifiables par cristallisation dans l'alcool. L'analyse élémentaire montre qu'ils résultent de l'addition d'une molécule de disulfure, engendré par l'oxydation du thiocarbamate, et de quatre atomes d'iode.



Le composé obtenu à partir du diméthylthiocarbamate de diméthylammonium, $(C_6H_{12}O_2N_2I_4S_2)$, forme des aiguilles à éclat métallique violacé, brunes par transparence, F 110°, solubles dans les alcools méthylique et éthylique et l'acétone en brun, dans le chloroforme en rouge brunâtre, un peu solubles dans le benzène en rouge violacé, très peu solubles dans l'eau.

Le composé obtenu à partir du morpholine N-carbothioate de morpholinium, $(C_{10}H_{16}O_4N_2I_4S_2)$, feuillets à éclat vert foncé, F 85°, présente à peu près les mêmes caractères de solubilité que le précédent. En solution aqueuse d'iodure de potassium, il oxyde presque la quantité calculée d'hyposulfite, ce qui est en accord avec la simple addition de l'iode.

Je n'ai pu obtenir de combinaisons analogues en partant de thiocarbamates dérivés d'amines primaires : l'éthylthiocarbamate d'éthylammonium ([2]) et le cyclohexylthiocarbamatedecyclohexylammonium. Ce dernier, $(C_{13}H_{26}ON_2S)$, cristallise dans l'alcool absolu en longs prismes stables à l'air, se volatilisant sans fondre, solubles dans l'eau, insolubles dans l'acétone.

([2]) ANSCHÜTZ, *Ann. der Chem.*, 359, 1908, p. 202.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse et isomérisation de céto-acides et dicétones mésodihydroanthracéniques.* Note (*) de MM. **Jean Rigaudy** et **Jean-Marie Farthouat**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Les dichlorures *cis* et *trans* et l'anhydride interne des acides mésodihydroanthracènedicarboxyliques se condensent régulièrement sur l'anisole en présence de Cl_3Al en donnant respectivement les dicétones et le céto-acide correspondants. Par action des alcalis, ces dérivés cétoniques conduisent à des mélanges d'isomères *cis* et *trans*.

Les chlorures esters I et céto-chlorures mésodihydroanthracéniques II, facilement décomposés par le Cl_3Al, ne pouvaient être condensés selon Friedel et Crafts que sur des dérivés aromatiques suffisamment réactifs [1]. Parmi ces derniers les dérivés méthoxylés du benzène et en premier lieu l'anisole, se révélaient les plus aptes à subir la condensation et cette aptitude semblait résulter, non pas d'une rapidité spéciale de la réaction, mais de la propriété particulière à ces composés de paralyser l'action destructrice du Cl_3Al [2].

L'étude des condensations des dichlorures *cis* III et *trans* IV des acides mésodihydroanthracène dicarboxyliques et de l'anhydride interne V, dont nous présentons ici les résultats, vient confirmer avec netteté cette observation. Ces dérivés, immédiatement dégradés en acide anthracène carboxylique-9 VI par action à froid du Cl_3Al en solution dans le CS_2 [3], conduisent en effet, lorsqu'on utilise l'anisole comme solvant, aux dérivés cétoniques correspondants : dicétones *cis* VII et *trans* VIII, ou céto-acide IX, avec des rendements égaux ou supérieurs à 80 %.

Di *p*-anisoyl-9.10 dihydro-9.10 anthracène *cis*, $C_{30}H_{24}O_4$, cristaux incolores, F_{inst} 230° ;
Di *p*-anisoyl-9.10 dihydro-9.10 anthracène *trans*, $C_{30}H_{24}O_4$, cristaux incolores, F_{inst} 246° ;
Acide *p*-anisoyl-9 dihydro-9.10 anthracène *cis*, $C_{23}H_{18}O_4$, cristaux incolores, F_{inst} 236°, déjà obtenu par hydrolyse acide du céto-ester méthylique correspondant [2].
Chlorure d'acide : $C_{23}H_{17}O_3Cl$, F_{inst} 166° (décomp.).

De plus, alors que le dichlorure *cis* III se condense rapidement à froid, il est nécessaire, dans le cas de l'isomère *trans* IV, de chauffer au moins 15 mn à 80°, sinon on recueille par hydrolyse ultérieure le diacide dont dérive ce chlorure, preuve qu'il ne s'est produit ni condensation, ni destruction; la précipitation d'un complexe aluminique jaune orangé permet d'ailleurs de suivre la progression de la réaction. D'une manière analogue, on obtient

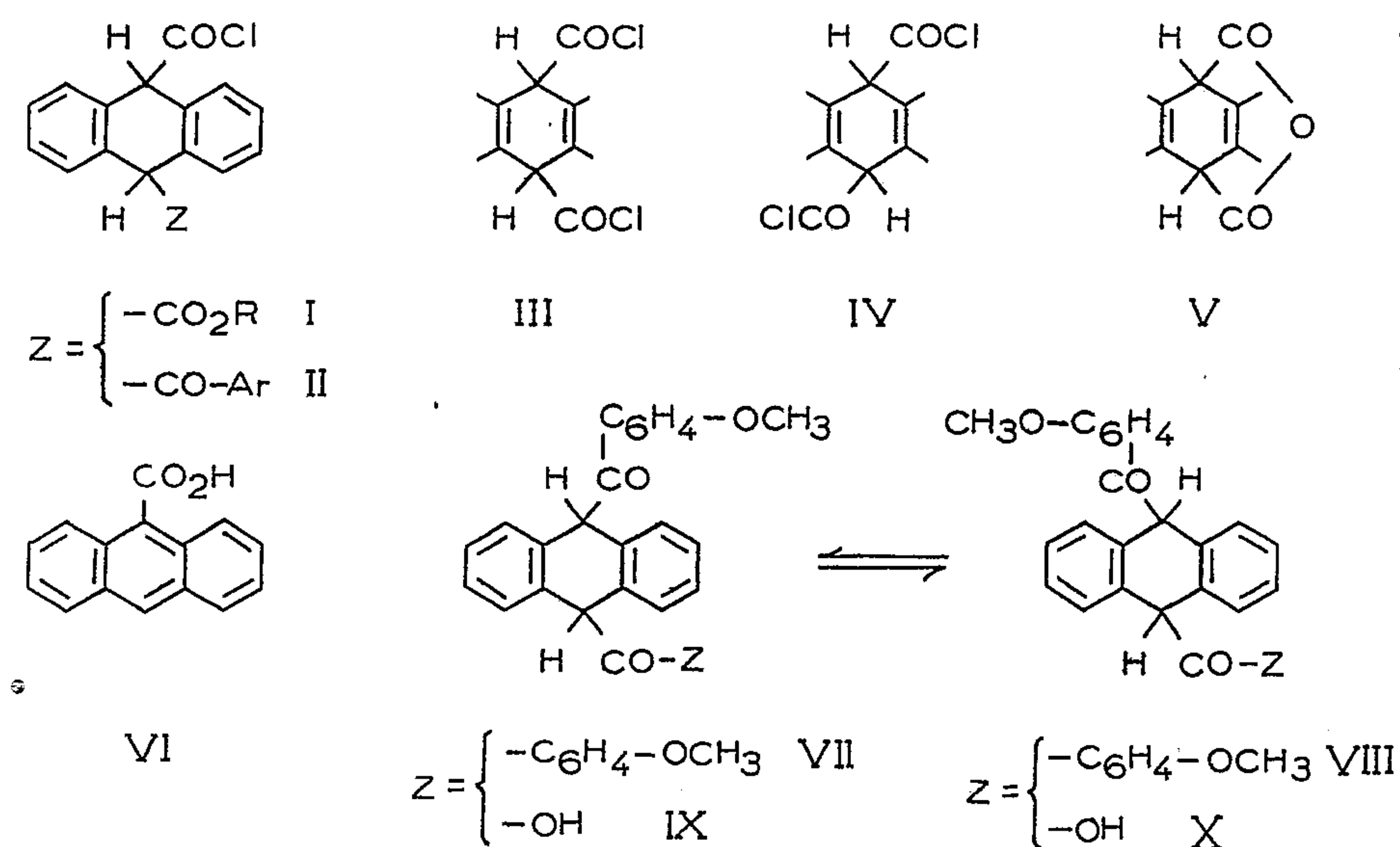
(*) Séance du 25 février 1952.

(1) J. Rigaudy, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1327 et 229, 1949, p. 1019.

(2) J. Rigaudy, *Ann. Chim.*, 5, 1950, p. 398.

(3) Ch. Dufraisse et J. Rigaudy, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 625.

avec l'anhydride une condensation très régulière, en maintenant le mélange réactionnel 1 h à 125°.



Il avait été signalé précédemment que les dicétones et céto-acides méso-dihydroanthracéniques appartenant à la série *cis* étaient susceptibles de s'isomériser par action des alcalis à froid (2). En l'absence de toute donnée certaine, plusieurs hypothèses avaient été envisagées quant à la structure des produits isomérisés, mais la question restait en suspens. La possibilité que nous offre la condensation sur l'anisole d'accéder à une dicétone de structure *trans* définie sans ambiguïté nous permet maintenant d'affirmer qu'il s'agit d'une isomérisation *cis-trans*.

Les deux dicétones décrites ci-dessus ne donnent aucune coloration immédiate à froid avec la potasse méthylique, indice d'une quasi-insolubilité. Par contre, si l'on ajoute de la potasse méthylique à une solution benzénique ou chloroformique des dicétones, on voit se développer une coloration orangée due à l'apparition de la forme énolique. En traitant de cette manière la dicétone *cis* on recueille par acidification après 15 mn de contact un mélange duquel on isole à l'état pur, par une suite de cristallisations fractionnées, les deux isomères : la dicétone *trans* avec un rendement de 50 % environ, la dicétone *cis* de départ avec un rendement de 6 % environ. On a vérifié que dans les mêmes conditions la dicétone *trans* conduisait à un mélange identique des deux isomères.

Le céto-acide IX se dissout à froid dans les alcalis aqueux en donnant une coloration jaune et l'acidification après 15 mn de repos donne un mélange de deux acides : l'un difficilement extractible au CO_3NaH est l'acide de départ IX, l'autre séparable par une seule extraction au CO_3NaH est

l'isomère *trans* X. Ce dernier paraît se former en quantité voisine de 50 % et la répétition de l'opération sur la partie non isomérisée permet de passer du *cis* au *trans* avec un rendement de 70 %.

Acide *p*-anisoyl-9 dihydro-9.10 anthracène *trans*, $C_{23}H_{18}O_4$, cristaux incolores, F_{inst} 222°. Chlorure d'acide $C_{23}H_{17}O_3Cl$, F_{inst} 140° (décomp.).

On a confirmé les structures des deux acides isomères en condensant les chlorures de ces acides sur l'anisol, ce qui a conduit pour chacun d'eux à la dicétone correspondante.

Il faut signaler, en outre, que tous ces dérivés cétoniques en méso du dihydroanthracène sont susceptibles de s'autooxyder en solution alcaline [*voir* (²)]; on effectuait par suite les isomérisations en atmosphère d'azote.

PHYSIQUE CRISTALLINE. — *Interprétation des constantes élasto-optiques d'un cristal de chlorure de sodium.* Note (*) de M. **Pierre Marck** et Mlle **Lucienne Taurel**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les termes du tenseur des susceptibilités électriques d'un cristal de NaCl déformé sont donnés, pour des déformations élastiques, par des expressions du type (¹) :

$$k_{xx}=\frac{n^4}{4\pi}(p_{11}x_x+p_{12}y_y+p_{12}z_z),\qquad k_{yz}=\frac{n^4}{4\pi}p_{44}y_z;$$
$$k_{yy}=\frac{n^4}{4\pi}(p_{12}x_x+p_{11}y_y+p_{12}z_z),\qquad k_{zx}=\frac{n^4}{4\pi}p_{44}z_x;$$
$$k_{zz}=\frac{n^4}{4\pi}(p_{12}x_x+p_{12}y_y+p_{12}z_z),\qquad k_{xy}=\frac{n^4}{4\pi}p_{44}x_y.$$

Les p_{ik} représentent les constantes élasto-optiques de Pockels (²). Dans ces notations, les déformations x_x, ..., y_y, ... représentent $\partial u/\partial x$, ..., $(\partial v/\partial z+\partial w/\partial y)$, ..., u, v, w, étant les élongations d'un point matériel déformé. Pour NaCl :

$$p_{11}=0,1372,\qquad p_{12}=0,178,\qquad p_{44}=-0,0108.$$

Les facteurs qui peuvent déterminer ces variations de susceptibilité électrique sont : la variation de densité au cours de la déformation des dipôles induits, la variation de polarisabilité des ions, la variation de champ interne.

De tous ces facteurs, le plus délicat à examiner est le champ interne.

(*) Séance du 18 février 1952.

(¹) Leontovich et Mandelstam, *Phys. Z. Sowiet Union*, **1**, 1932, p. 317.

(²) *Lehrbuch der Kristalloptik*, Teubner, 1906.

Nous admettrons dans ce qui suit que la formule de Lorentz-Lorenz est applicable, c'est-à-dire que le champ interne F est lié au champ électrique E et à la polarisation P par la formule $F = E + \gamma P$, γ étant égal à $4\pi/3$ dans le cas d'un cristal cubique.

Un cas particulièrement simple est celui où l'on fait

$$x_x = y_y = z_z = \varepsilon, \qquad y_z = z_x = x_y = 0.$$

Le cristal demeure cubique. On a toujours $\gamma = 4\pi/3$. La susceptibilité électrique prend la forme (3) :

$$k = \frac{N(\alpha_1 + \alpha_2)}{1 - \frac{4\pi}{3} N(\alpha_1 + \alpha_2)}.$$

N, nombre de paires d'ions par $cm^3 = 2,25.10^{23}$ pour le cristal non déformé;

α_1, polarisabilité de l'ion $\overset{+}{Na} = 0,28.10^{-24}$;

α_2, polarisabilité de l'ion $\overset{-}{Cl} = 2,92.10^{-24}$ [Schockley (4)].

La polarisabilité de l'ion Na ne varie vraisemblablement pas au cours d'une déformation élastique; par contre celle de Cl peut varier de $d\alpha_2$.

On trouve alors

$$\Delta k = -0,44\varepsilon + 0,046.10^{24}\, d\alpha.$$

L'emploi des constantes élastooptiques de Pockels conduit à :

$$\Delta k = 0,23\varepsilon.$$

On en déduit

$$d\alpha_2 = 14,5.10^{-24}\varepsilon.$$

Pour tenir compte des déformations qui détruisent la symétrie cubique du système, il convient de lier le moment induit dans un ion Cl et le champ interne F qui s'exerce sur lui par la relation tensorielle $\overrightarrow{dM}_2 = [A_2]\,\vec{F}$. Les termes de $[A_2]$ doivent s'exprimer en fonction des déformations de la même manière que les susceptibilités électriques; on doit donc avoir

$$\begin{aligned}
\alpha_{xx} &= \alpha_2 + \alpha x_x + \beta y_y + \beta z_z, & \alpha_{yz} &= c y_z;\\
\alpha_{yy} &= \alpha_2 + \beta x_x + \alpha y_y + \beta z_z, & \alpha_{zx} &= c z_x;\\
\alpha_{zz} &= \alpha_2 + \beta x_x + \beta y_y + \alpha z_z, & \alpha_{xy} &= c x_y.
\end{aligned}$$

Le calcul précédent fournit

$$\alpha + 2\beta = 14,5.10^{-24}.$$

Afin de déterminer α et β, envisageons une déformation z_z. Avant la déformation, le champ interne s'obtenait en ajoutant au champ externe le champ

(3) MOTT et GURNEY, *Electronic Process. in ionic crystals.*, Oxford, 1940.

(4) *Bull. Amer. Phys. Soc.*, 21, 1946, p. 9.

créé par une cavité sphérique, soit $4\pi/3$, et l'action des ions situés à l'intérieur de la cavité, qui dans ce cas particulier est nulle. Après déformation, la cavité devient un ellipsoïde de révolution autour de OZ; l'action des dipôles situés à l'intérieur de la cavité n'est plus nulle. Ces actions peuvent se calculer; on constate que l'action des ions voisins tend vers une limite indépendante du rayon de la cavité.

Si l'on appelle F_1 le champ interne agissant sur un ion de Na, P_1 la fraction de polarisation due aux ions Na, F_2 et P_2 les quantités analogues pour l'ion Cl, on trouve, pour un champ excitateur perpendiculaire à OZ

$$F_2 = E + \frac{4\pi}{3}\left(1 + \frac{2}{5}z_z\right)(P_1 + P_2) - \frac{4,8}{4}(1 + z_z)P_2 + \frac{41}{4}P_1(1 + z_z),$$

$$F_1 = E + \frac{4\pi}{3}\left(1 + \frac{2}{5}z_z\right)(P_1 + P_2) - \frac{4,8}{4}(1 + z_z)P_1 + \frac{41}{4}P_1(1 + z_z).$$

En utilisant le fait que

$$P_1 = 4\alpha_1 F_1 \mu^{-3}(1 - z_z), \qquad P_2 = 4\alpha_2 F_2 \mu^{-3}(1 - z_z).$$

où μ est la longueur de la maille élémentaire, et en exprimant comme précédemment la susceptibilité électrique à partir des constantes de Pockels on trouve

$$\beta = 4,5.10^{-24}.$$

La même opération effectuée pour la déformation z_z et un champ excitateur parallèle à OZ fournit $\alpha = 5,42.10^{-24}$. D'où $\alpha + 2\beta = 14,42.10^{-24}$ en accord avec le résultat précédent $14,5.10^{-24}$.

Au cours d'un cisaillement, les distances mutuelles entre deux voisins Na^+ et Cl^- restent constantes au second ordre près. Nous admettrons qu'alors $c = 0$.

On constate d'ailleurs que, dans ce cas, la variation de polarisabilité introduit un terme du second ordre dans le calcul des constantes élastooptiques; on doit donc pouvoir les calculer; le résultat obtenu fournit l'ordre de grandeur de la valeur expérimentale.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Figures de croissance des cristaux de carbure de silicium.* Note de Mme **Adrienne R. Weill**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Il a été reconnu récemment que la croissance de nombreux cristaux s'opérait à partir de dislocations en hélice. Les échantillons de carbure de silicium examinés présentent soit des figures de croissance avec des spirales visibles à faible grossissement, soit des accidents de surface sur lesquels des réseaux très serrés de spires enchevêtrées apparaissent sous fort grossissement. Celles-ci se relient aux figures macroscopiques du même cristal.

La théorie de la croissance des cristaux à partir de dislocations en hélice

émergeant perpendiculairement à une face cristallographique en développement a été élaborée par Frank, Cabrera et Burton (1).

Elle a fait l'objet de nombreuses confirmations expérimentales (2). En particulier, le carbure de silicium se prête remarquablement aux observations étant donné le *polytypisme* de sa structure (3), (4), (5).

Nos propres observations nous portent à insister sur les différentes échelles auxquelles s'observe le phénomène sur des cristaux de carbure de silicium examinés au microscope par réflexion sans aucune préparation des surfaces.

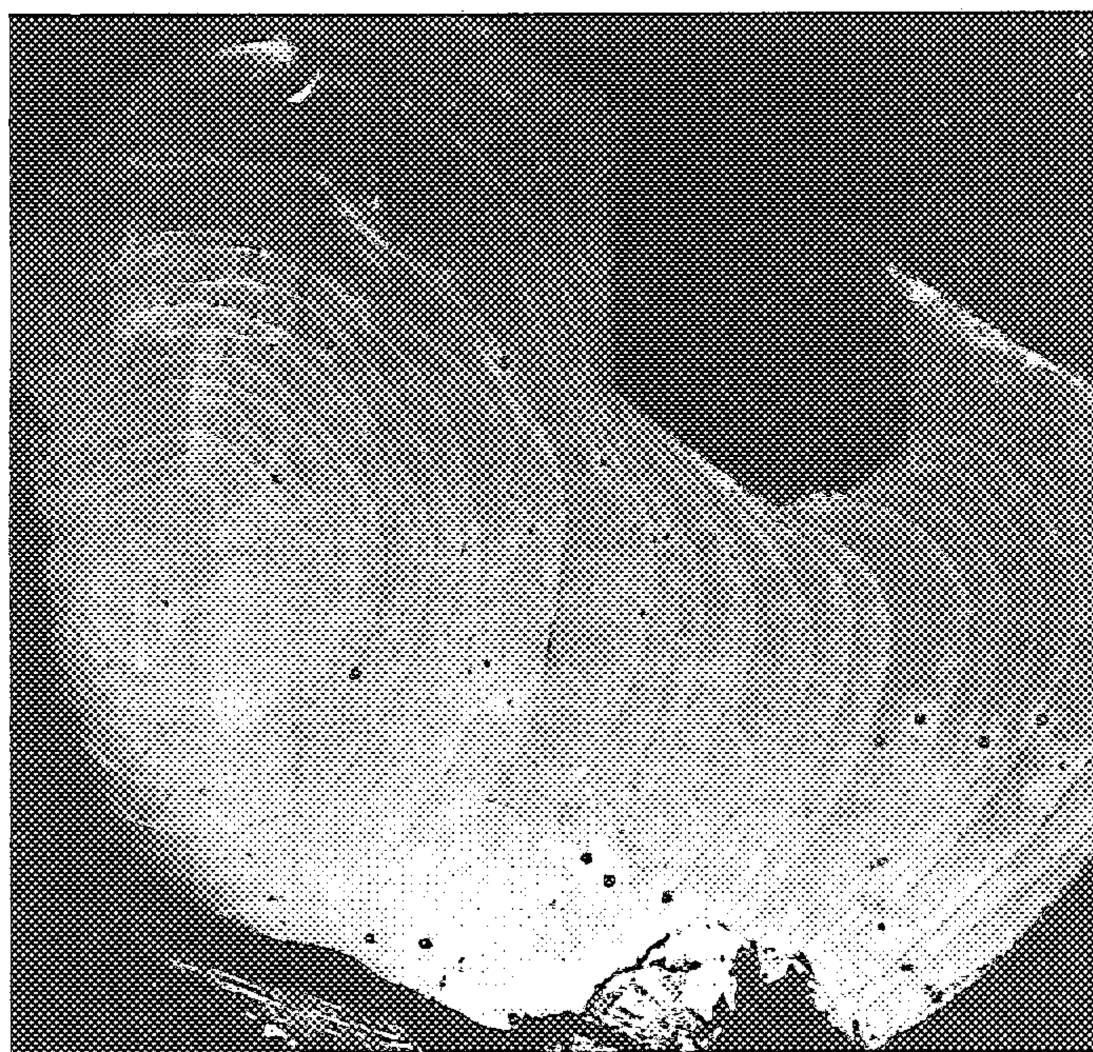


Fig. 1. — Spirale multiple et nappes de croissance. × 20 avant réduction.

Sur un premier cristal, on voit à l'œil nu ou sous faible grossissement les spirales multiples donnant naissance aux nappes de croissance recouvrant l'échantillon (*fig.* 1). On remarque l'étranglement des spires au voisinage de l'arête et les replis des contours à l'intersection d'un second cristal d'orientation différente.

Observée à faible grossissement, une autre plaquette est sillonée de

(1) *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, A, 243, 1951, p. 299.
(2) Amelinckx, Grosjean et Dekeyser, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 113.
(3) Frank, *Phil. Mag.*, 42, 1951, p. 1014.
(4) Verma, *Phil. Mag.*, 42, 1951, p. 1005.
(5) Amelinckx, *J. Chim. Phys.*, 48, nos 11-12, p. 475.

contours variés parmi lesquels on discerne des hexagones imparfaits et deux défauts prédominants à peu près circulaires (*fig.* 2). Le plus petit d'entre eux présente à fort grossissement un enchevêtrement de spirales polygonisées, caractéristiques du « polytypisme » de la structure et issues d'un seul centre entouré d'une tache noire. Dans le second défaut, le polygone flou (*fig.* 2, à droite) se résout en figures analogues sous l'effet



Fig. 2. — Les spirales caractéristiques de la structure apparaissent à fort grossissement sur les deux protubérances circulaires. × 20.

combiné de deux centres voisins [*cf.* (4), *fig.* 15], avec un encadrement à symétrie ternaire dont la régularité cesse aux limites du polygone visible à l'œil nu. La théorie (1) permet de relier ces figures centrales très serrées à un excès de sursaturation localisé en ces deux points en fin de cristallisation, tandis que les figures plus larges qui les entourent correspondent aux stades antérieurs de la croissance.

Un troisième échantillon présente des spirales régulières, sans aucune polygonisation. Issues d'une douzaine de dislocations espacées d'environ 0,1 mm, elles se combinent pour couvrir toute la face, soit environ 12 mm². Certaines spirales développent plus de 30 tours avant de se raccorder, spire par spire, avec une autre spirale, sous des angles très divers. L'espacement est sensiblement constant, à partir du huitième tour et égal à 15 μ, on peut évaluer ainsi très approximativement le rayon du germe critique à 1,2 μ et le degré de sursaturation à 0,4 % (4) (1). Loin des centres, entre les branches des spirales les plus épanouies, on remarque des figures secondaires en festons irréguliers, dont les « centres » dévient la spire voisine.

Un Mémoire groupant l'ensemble de ces observations fera l'objet d'une publication ultérieure.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Diffraction cristalline des rayons X par les ondes élastiques. Étude expérimentale sur des cristaux de quartz en vibration.* Note (*) de M. **Jean Guillaume**, présentée par M. Charles Mauguin.

Le rayonnement diffracté par un cristal en vibration augmente d'intensité.

Ce phénomène a été observé, en 1931, par Fox et Carr (¹) sur les taches d'un diagramme de Laue; depuis, il a fait l'objet de plusieurs études.

En France, les études expérimentales de J. Surugue (²) et les études théoriques de J. Laval (³) nous ont incité à mesurer, suivant la méthode de Bragg, le pouvoir réflecteur absolu d'un cristal vibrant.

Nous avons fait l'étude du pouvoir réflecteur d'un disque de quartz taillé perpendiculairement à l'axe électrique X « taille Curie » pour les réflexions $11\bar{2}0$, $22\bar{4}0$, $33\bar{6}0$.

Le rayonnement incident est monochromatique, c'est celui du doublet $K\alpha_1$, $K\alpha_2$ du molybdène obtenu avec un cristal de calcite comme monochromateur plan.

Le cristal de quartz tourne à la vitesse constante ω, la chambre d'ionisation a une fenêtre assez large pour admettre, en permanence, tout le faisceau diffracté et tourne à la vitesse 2ω.

Les vibrations du cristal de quartz en résonance ont une fréquence de 1780 kc : s; ce sont des vibrations longitudinales se propageant suivant l'axe électrique X, c'est-à-dire suivant l'épaisseur de la lame cristalline; leur longueur d'onde est le double de l'épaisseur de la lame, à savoir : $\Lambda = 3{,}22$ mm.

A la température de 18° C, les réflexions sélectives pour le rayonnement $K\alpha_1$ ont lieu pour les angles suivants : $\theta = 8°{,}18'$ au 1er ordre, $\theta = 16°{,}48'$ au 2e ordre et $\theta = 25°{,}40'$ au 3e ordre.

Les résultats expérimentaux sont donnés par les courbes de la figure.

L'étude de chaque réflexion comprend trois mesures du pouvoir réflecteur absolu superposées dans l'ordre et les conditions suivantes :

1° quartz au repos (tube à R. X. 34 kV 8 mA);

2° quartz en résonance (tube à R. X. 34 kV 8 mA);

3° quartz au repos (tube à R. X. 38 kV 8 mA).

Les élargissements sont mesurés à mi-hauteur du maximum.

Pour les trois réflexions, lorsque le cristal est au repos, on vérifie bien

---

(*) Séance du 25 février 1952.

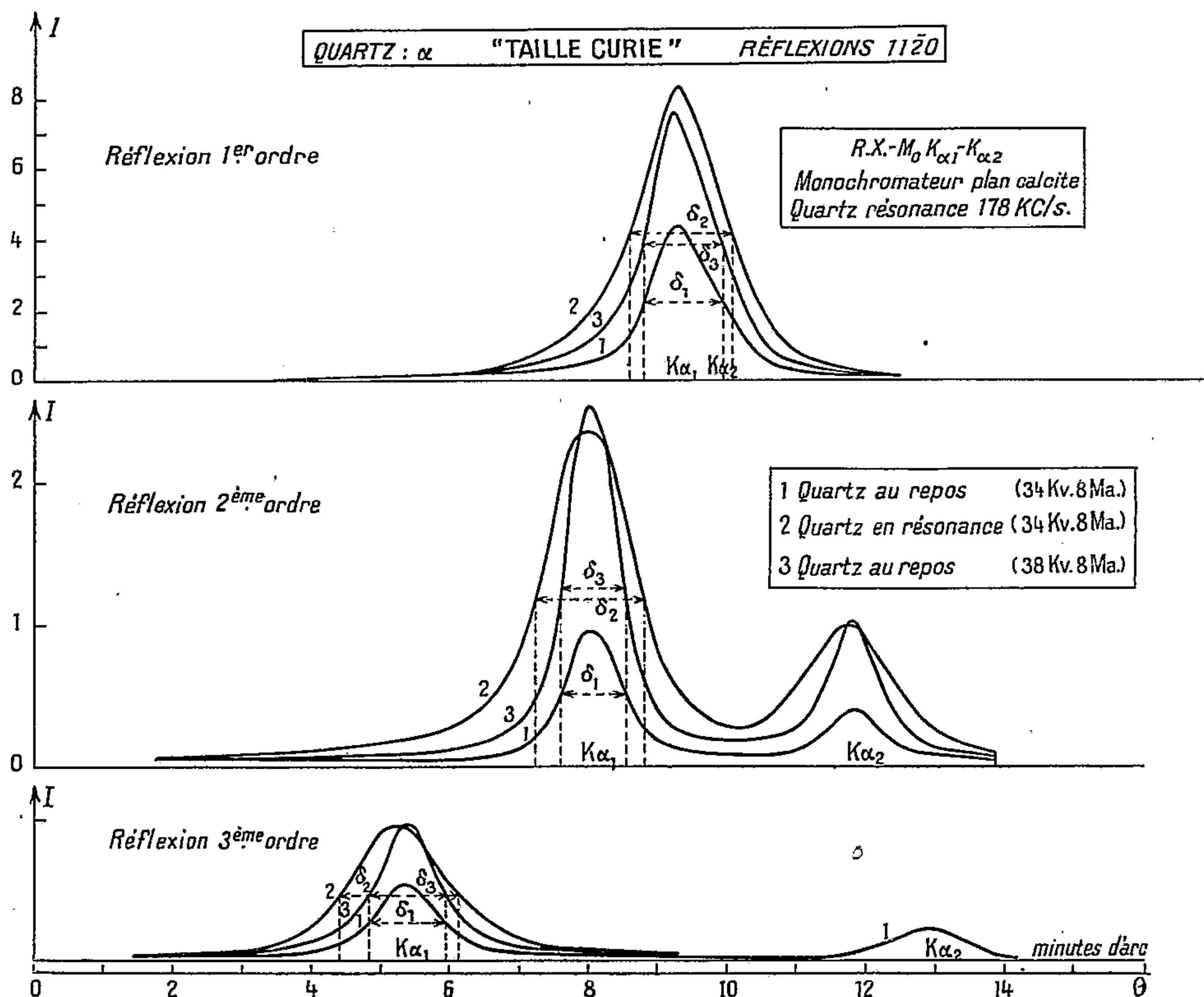
(¹) *Phys. Rev.*, 37, 1931, p. 1622.

(²) *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 177; *Cahiers de Phys.*, 18, 1943, p. 55.

(³) *Bull. Soc. Fr. Minér.*, 68, 1945, p. 239; 71, 1948, p. 116.

que l'élargissement est nul dans le cas d'un simple renforcement du faisceau incident, par augmentation de tension.

Pour les trois réflexions, lorsque le cristal est en résonance, on constate que l'augmentation du pouvoir réflecteur est accompagnée d'un élargissement très net de la raie de diffraction.



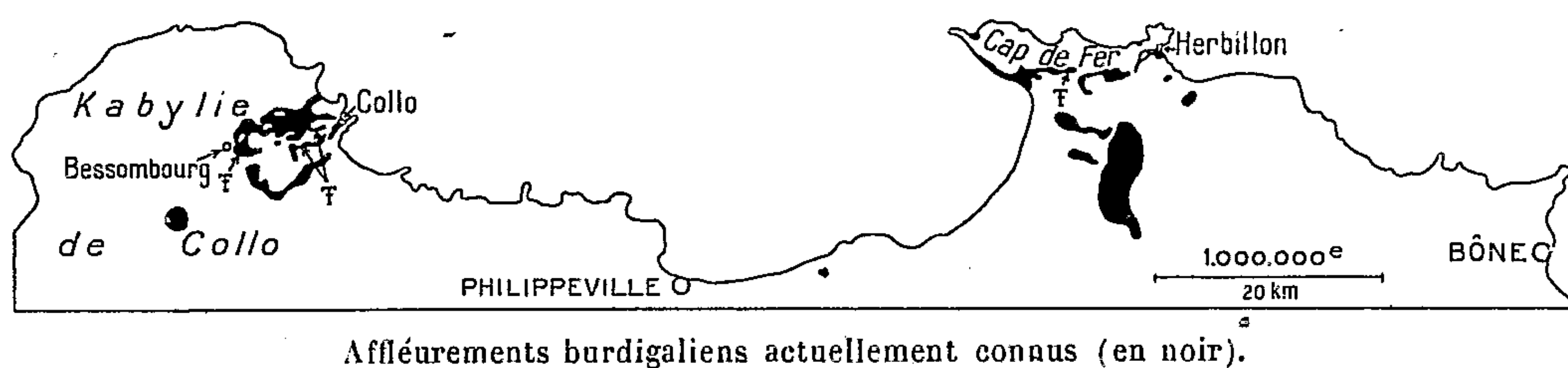
Cet élargissement est de 25 % au 1er ordre, de 70 % au 2e ordre et de 51 % au 3e ordre. En même temps, le pouvoir réflecteur, que mesure par définition l'aire sous la courbe de diffraction, est multiplié par 2,2 au 1er ordre, 3,2 au 2e ordre et 2,2 au 3e ordre.

Pour terminer, nous ferons remarquer que l'on voit très nettement au 3e ordre la dilatation du quartz lorsque le réseau est en vibration stationnaire; en effet, la raie de diffraction est décalée de — 7″ par rapport à celle du cristal au repos; il en résulte une augmentation relative de la distance d entre les plans réflecteurs $\Delta d/d = 7,3 \cdot 10^{-5}$, ce qui correspondrait à une température d'équilibre supérieure de 5°,5 C à celle du quartz au repos.

Cette méthode des superpositions au 3e ordre est donc intéressante pour des mesures de dilatométrie cristalline.

GÉOLOGIE. — *Présence du Burdigalien dans les Massifs du Cap de Fer et de la Kabylie de Collo (Nord-Constantinois, Algérie).* Note M. **Jean Hilly**, présentée par M. Charles Jacob.

Des levers au 50 000e dans le massif du Cap de Fer et la révision des terrains sédimentaires des environs de Collo m'ont permis de rencontrer des affleurements de Burdigalien, s'échelonnant de l'Ouest à l'Est sur une centaine de kilomètres (*voir* carte schématique ci-dessous). Le Miocène était inconnu dans cette région, sauf en un seul point de la Kabylie de Collo, « à environ 500 m au Sud-Est de Bessombourg », où M. Roubault signale, dans sa thèse [1], « quelques affleurements d'un grès grossier contenant des débris de coquilles, en particulier quelques fragments de Pecten, qui (lui) ont semblé devoir être rapprochés d'espèces burdigaliennes ».



Affleurements burdigaliens actuellement connus (en noir).

Le Burdigalien est représenté par des alternances de marnes et de couches détritiques de faciès variés, tous les intermédiaires existant entre les bancs à éléments très volumineux (plusieurs mètres cubes) et les grès fins dont le grain ne dépasse pas quelques dixièmes de millimètre.

Les marnes, gris bleu foncé sur les cassures fraîches, se débitent, par écailles, en rognons plus ou moins aplatis. Elles contiennent presque toujours du quartz et du mica détritiques. Par augmentation du pourcentage en quartz ou par diminution de la teneur en calcaire, on passe progessivement à des sables marneux, jaunâtres, ou à des argiles bleutées, mieux litées que les marnes.

Dans la série des formations détritiques, les éléments sont souvent restés anguleux ou à peine émoussés; les galets sont moins fréquents. C'est parmi les faciès les plus fins que se rencontrent les roches les mieux consolidées (grès, microbrèches), avec un ciment presque toujours calcaire. Mais dès que la taille des éléments dépasse quelques centimètres, les couches, formées de blocs emballés dans la marne ou l'argile, sont pour la plupart demeurées meubles. La proportion de ciment, de marne ou d'argile, est variable : presque nulle dans beaucoup de grès et dans certaines brèches, elle peut devenir très importante, conduisant à des calcaires gréseux ou à des bancs marneux ou argileux ne contenant que quelques blocs remaniés.

---

(1) *Bull. Serv. Carte Géol. Algérie*, 2e série, n° 10, 1934, p. 181.

Les brèches et les grès sont anisométriques : des grains minuscules voisinent parfois avec des blocs de 10 m³. Cependant, chaque couche contient souvent une très forte majorité d'éléments du même ordre de grandeur, cette dimension variant brusquement d'un banc à l'autre.

Les éléments des grès et des brèches ont été empruntés : au *socle métamorphique* (calcaires métamorphiques, quartzites, schistes satinés, micaschistes et quartz d'exsudation, gneiss et granulites gneissiques, minéraux correspondants : quartz, micas, feldspaths, grenat, tourmaline); au *Maestrichtien* [schistes, marnes, calcaires gréseux et calcite à structure cone-in-cone ([2]) avec grands fragments de test d'Inocérames (plus de 2 dm²), microforaminifères]; au *Néonummulitique* (« Numidien ») (schistes, calcaires, quartzites et grès); enfin au *Burdigalien* lui-même par remaniement intraformationnel (marnes, grès).

Notons que les grès, légèrement glauconieux, ne contiennent à peu près uniquement que du quartz et du mica, avec parfois quelques fragments de schistes ou de calcaires, et que, dans les couches plus grossières, il arrive très fréquemment que la majorité des éléments remaniés appartienne à un seul terrain (Sénonien par exemple), d'où des confusions possibles lorsque les affleurements sont mauvais.

A côté de ces différents faciès existent quelques bancs calcaires. Enfin, des couches de brèches et de tufs volcaniques, liées à des coulées andésitiques ou à des venues plus acides, s'interstratifient dans les terrains burdigaliens.

Toutes ces roches se présentent en couches d'épaisseurs fort diverses (de quelques centimètres à plusieurs dizaines de mètres), et quelquefois en lentilles, dans les brèches principalement. La puissance totale du Burdigalien dépasse 500 m. La répartition des différents faciès, fera l'objet d'une prochaine publication.

Les fossiles se rencontrent surtout dans les couches riches en galets : en particulier, de l'Ouest à l'Est, aux environs de Zitouna, près de Bessombourg (Coordonnées Lambert Nord-Algérie : 935-416), au Koudiat el Halia (841,20-417,85), au col au Nord du Kt bou Serdoum (841,40-417,85), et près d'Aïne Ali ben Ali (909,7-425,5). J'y ai récolté, entre autres, les espèces suivantes, dont je dois la détermination à MM. J. Alloiteau (Polypiers), E. Buge (Bryozoaires) et J. Roger (Lamellibranches) :

POLYPIERS : *Goniastræa propinqua* Sismonda; *G. borsoni* Sism.; *Tarbellastræa* All. *Ellisi* Def.; *T. Reussiana* M. Edw. et H.; *Favia Valceppii* Zuffardi et Comerci; *Porites Collegniana* Mich. BRYOZOAIRES : *Diastopora* sp.; *Stomatopora* sp.; *Tubulipora* cf.; *flabellaris* Fabricius; *Microecia suborbicularis* Hincks; *Terebripora* sp.; *Membranipora* sp,; *Rosseliana rosselii* Audouin; *Onychocella angulosa* Reuss; *Micropora coriacea* Esper; *Thalamoporella* sp.; *Cellaria* sp.; *Cribrilaria radiata* Moll; *Mucronella variolosa* Johnston; *Cellepora* sp. LAMELLIBRANCHES : *Pecten* cf. *Kochi* Locard; *Chlamys* cf. *sub-Holgeri* Font.; *Chl.* gr. *Tournali*; *Chl.* gr. *multistriata* Poli cf. *Chl. justiana* Font.; *Ostrea* cf. *latissima* Deshayes.

([2]) Structure cone-in-cone signalée sous le nom de « calcite fibreuse » *in* J. HILLY et J. SIGAL, *C. R. somm. S. Géol. Fr.*, 1951, p. 26.

M. Buge attribue les Bryozoaires au Miocène inférieur. D'après MM. Alloiteau et Roger, les Polypiers et les Lamellibranches caractérisent le Burdigalien. Toute cette faune correspond, en accord avec les faciès, à une mer très peu profonde et agitée.

Les marnes ne m'ont pas fourni de macrofossiles. Elles renferment par contre une microfaune riche en Globigérinidés, actuellement à l'étude.

Tous ces affleurements burdigaliens sont des jalons de la grande transgression du Miocène inférieur, bien connue plus à l'Ouest et plus au Sud (environs de Bougie et de Constantine). Ils prouvent l'existence de la mer, ou tout au moins de bras de mer, dans une région considérée jusqu'ici comme émergée (3).

GÉOPHYSIQUE. — *Essai d'interprétation des anomalies isostatiques du Bassin Parisien.* Note (*) de Mlle **Suzanne Coron**, présentée par M. Pierre Lejay.

La carte I des anomalies isostatiques du Bassin parisien (1) révèle des anomalies négatives étendues, d'autant plus importantes qu'on se rapproche plus de l'Ile-de-France, entourées par une ceinture d'anomalies positives, à 100 ou 150 km de Paris (à l'exception de gradients locaux et d'irrégularités dues à des influences probablement extérieures à cette région).

La répartition de ces anomalies (semblables quel que soit le système isostatique utilisé), les remarques de la Note précédente (1) et les données géologiques générales ont permis de fixer grossièrement l'étendue et la profondeur du bassin au fond paraboloïdal dans lequel sont déposés les sédiments légers (pratiquement jusqu'au primaire) :

au centre C approximativement sur la bissectrice des directions données par les fosses M et N et à égale distance des anomalies — 7 de la région Est, la profondeur est de l'ordre de 2 000 m (2);

les lignes d'égale épaisseur des sédiments, $p = 500$ m, 1000 m, etc., ont été tracées à l'aide de renseignements fournis par les grands forages (Amiens, Ferrières, Vailly, etc.) et par la carte hypsométrique des Sables verts (3). La ligne $p = 0$, à une distance variant de 160 km (S-E) à 250 km (S-W) suit à peu près la direction des auréoles géologiques. (L'altitude h de chaque station n'ayant pas été prise en considération

(3) J. Savornin, *Publ. Serv. Carte Géol. Algérie*, 1931, pl. XIX.

(*) Séance du 25 février 1952.

(1) S. Coron, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 977.

(2) R. Abrard, *Géologie régionale du Bassin de Paris.*

(3) P. Lemoine, *Les forages profonds du Bassin de Paris.*

lorsqu'elle restait voisine de 100 m, la valeur p représente donc une épaisseur comptée à partir de la cote + 100 m).

Les corrections données par la cuvette ainsi définie remplie de sédiments de densité moyenne 2,3 compensés suivant Airy pour une épaisseur d'écorce T = 40 km, ont conduit à l'établissement de la carte II de la Note précédente dont les lignes principales doivent révéler les structures profondes (les *irrégularités* de la cuvette).

On y distingue en particulier :

a. A l'Est, une zone étendue d'anomalies positives, déjà visibles sur la carte I, correspondant probablement au soulèvement général du socle ancien.

Une crête d'anomalies plus fortes se dessine au Sud, dans la direction W-E de certains schistes et gneiss des Vosges (Villé).

La région des Ardennes est marquée par des valeurs supérieures à 10 mgl.

Entre ces deux maxima, se trouve une zone dépressionnaire de faibles anomalies, voire de valeurs négatives (Épernay), *qui ne paraît pas en continuité avec la zone négative de l'Ouest.* On peut admettre que cette barrière faiblement positive provienne de la remontée du socle au point où le Trias lorrain s'achève en forme de biseau sous le Bassin parisien (on peut noter que les cotes des couches cénomaniennes à Soissons et à Vailly, aux anomalies positives, sont plus basses qu'à Reims et à Mourmelon).

b. Au Nord, un arc d'anomalies positives qui semble dans le prolongement de l'anticlinal de Rocroy, et après un enfoncement dans la région de Saint-Just-en-Chaussée, se bombe vers Blangy avant de disparaître sous la Manche. Il pourrait être imputé à la remontée d'un socle paléozoïque de nature *cristalline* et non pas seulement à un anticlinal primaire plus ou moins érodé (la région voisine au Nord d'Amiens, présente des anomalies négatives importantes et les couches primaires sont pourtant à une faible profondeur).

Au dôme D auquel doivent correspondre, en outre, de faibles épaisseurs de couches secondaires (et peut-être l'intrusion de roches lourdes) succède une fosse J d'anomalies négatives qui pourraient s'expliquer par des épaisseurs complémentaires de quelques centaines de mètres de sédiments légers ayant remplacé une ancienne crête érodée.

Le Pays de Bray ne se singularise que par un gradient plus important qui produit une augmentation d'environ 5 mgl vers l'affleurement du jurassique. On pourrait dire que ce soulèvement a emprunté une ligne directrice ancienne de plus faible résistance.

c. Au voisinage de Paris, deux bandes de plus faibles anomalies négatives apparaissent séparées par un étroit sillon d'anomalies positives peu importantes. Ces irrégularités de faible amplitude, superficielles, peuvent être ramenées à l'étude d'un chenal indéfini, rempli de sédiments légers,

à quelque 1,5 km de profondeur (¹). Donc, à la dépression au Sud de l'arc (*b*), dépression provenant d'une puissance supérieure de couches légères ou du soulèvement progressif et relatif des chaînes hercyniennes voisines, se superposeraient deux ondulations superficielles d'environ 20 km de large et de 600 m d'épaisseur. La compensation isostatique de ces chenaux produirait l'anomalie intercalaire, voisine de zéro, d'autant plus forte que la distance entre M et N diminue.

Les géologues pensent que les bassins de subsidence ont une origine orogénique, que les plis de couverture sont modelés sur les plis anciens. En effet, les directions armoricaine et varisque sont dessinées en première approximation : toutefois, on peut y déceler un décalage réel et parfois une différence d'azimut, soit que l'épaisseur totale des sédiments légers ne coïncide pas avec les synclinaux de surface (⁴), soit que les poussées les plus récentes aient produit un déversement en même temps qu'un changement de courbure. En particulier, les plis récents ont une courbure moins marquée que les directions gravimétriques; à l'Est, ceux-là sont dirigés plus au Sud; à l'Ouest, le phénomène est inversé (anticlinal de Gamaches, dôme D); vers le méridien de Paris, les plis récents coupent les directions gravimétriques (synclinal de la Seine, fosse N, etc.), parfois après les avoir suivies comme le montre la comparaison de la carte des Sables verts de l'Ile-de-France (fosse de Saint-Denis, anticlinal de Beynes). Ceci est en bon accord avec la géologie : les anticlinaux du Bray, du Boulonnais et les vieux plis du Bassin houiller du Nord sont déversés au Nord, tandis que le bassin de la Sarre et Lorraine et l'anticlinal guide de Pont-à-Mousson sont couchés au Sud.

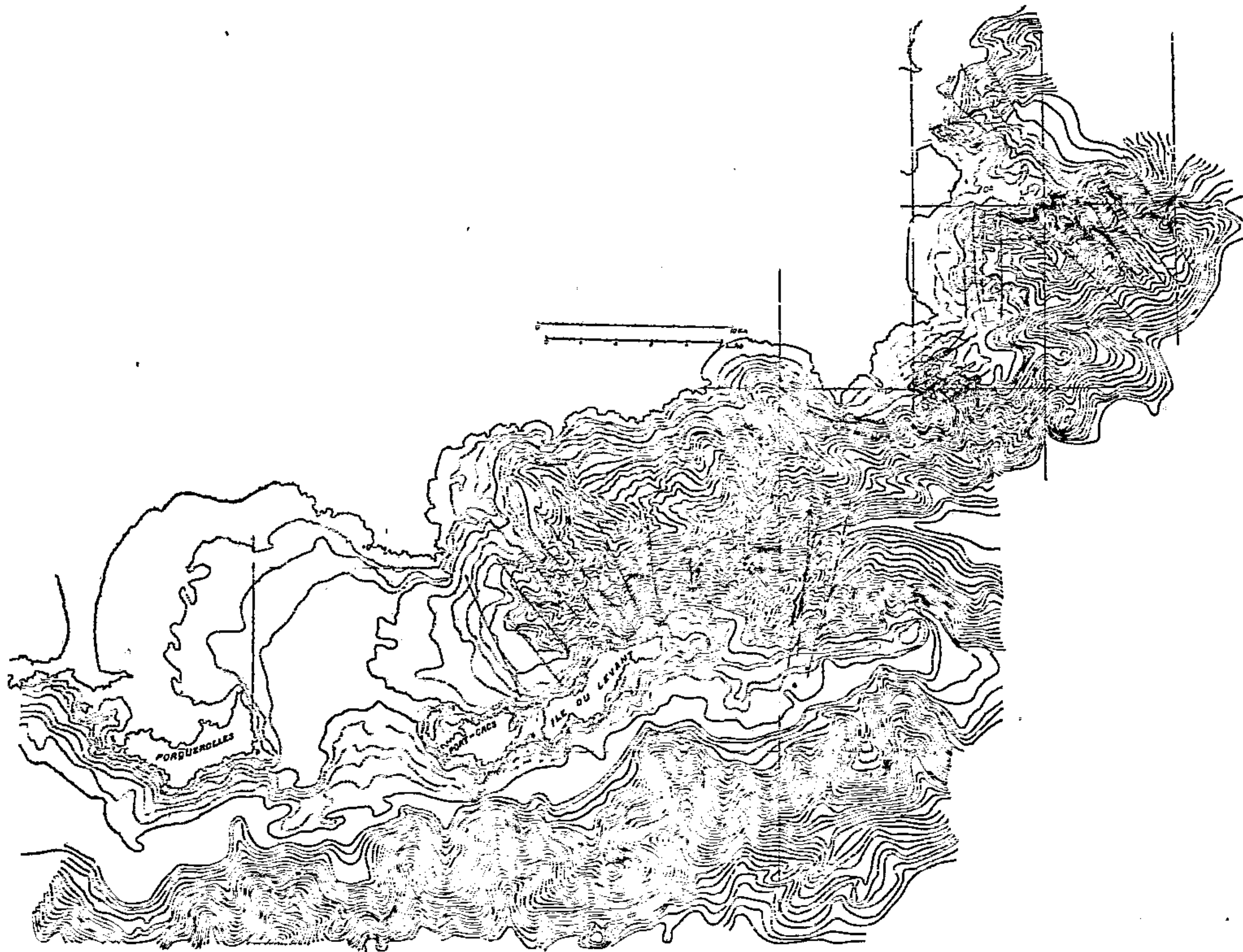
OCÉANOGRAPHIE. — *Recherches sur la topographie sous-marine entre la presqu'île de Giens et Saint-Tropez.* Note de MM. **Jacques Bourcart**, **Georges Houot** et Mlle **Claude Lalou**, présentée par M. Donatien Cot.

En 1950 et 1951 l'Aviso « Ingénieur Élie Monnier » a entrepris la reconnaissance de la topographie sous-marine le long de la côte des Maures.

Un plateau très faiblement incliné réunit à la côte la presqu'île de Giens, l'île du Grand Ribaud et Porquerolles. Sa forme est celle d'une conque doucement inclinée vers l'Est-Nord-Est. Deux ravins l'entaillent : l'un entre le Grand Ribaud et Porquerolles, l'autre au milieu de la Grande Passe entre cette île et Bagau. Un pédonculé arqué s'en détache, portant les îles de Bagau, Port-Cros et du Levant, jusqu'au banc du Magaud (— 80 —90).

(¹) P. Pruvost, *Sédimentation et subsidence.*

A partir de 60 m, une grande vallée se dessine [1], séparant le pédoncule du continent; elle s'approfondit rapidement pour rejoindre la plaine méditerranéenne vers 2 100 m. Sur la gauche elle reçoit une série d'affluents à pente rapide semblant poursuivre les ravins actuels (gorge du Lavandou, de Bonporteau, de Cavalaire et de Bon Porté).



La rive droite montre le socle des îles, beaucoup plus raide, accidenté de nombreux ravins.

Au delà du ravin de Bon Porté, une gorge profonde prolonge la vallée de Pampelonne. Une presqu'île rocheuse, abrupte à partir de 100 m, hérissée d'aiguilles granitiques, telle celle du Nioulargo, sépare cette gorge de la vallée des Stœchades. Elle est incisée en son milieu par un ravin très étroit, celui de Bon Porté. Une dernière gorge correspond, non à la baie de Saint-Tropez, mais, immédiatement au sud de la tourelle de la Moutte, au Cap Saint-Tropez.

Le profil en long de la vallée des Stœchades est relativement doux pour une gorge sous-marine (14,5 %). Il enferme celui de tous les affluents

---

[1] Nous proposons de donner à cette grande vallée le nom de vallée des Stoechades, nom antique de l'archipel.

dont les embouchures sont concordantes avec le lit de la rivière principale, sauf un faible ressaut terminal.

De 60 à 500 m, il est convexe, évoquant une langue d'écoulement. Il en est de même pour celui de la gorge de Bon Porté que nous avons pu attaquer à la drague : il est formé par des sables continentaux analogues à ceux qui recouvrent le plateau entre —40 et —50 m. On peut donc admettre que le cours supérieur de cette gorge sous-marine est comblé par du sable écoulé. Deux autres ruptures de pente très nettes (structurales ?) existent à —750 m et à —1 000 m. Vers —1 500 m la vallée s'élargit beaucoup. Entre —1500 et —2 100 m dans des fonds sondés par Marti et Anthoine, il semble que les rivières de Pampelone et de Saint-Tropez rejoignent celle des Stœchades.

Les îles de Porquerolles, Port Cros, du Levant, portent sur leur face Nord, les traces d'anciennes vasières, de plages et de dunes cimentées (Quaternaire ancien) (²) qui plongent sous la mer. Un lambeau analogue nous a été signalé par l'abbé Bordet, accroché à 10 m au cap Lardier. Il semble donc qu'à cette époque, le littoral du continent et des îles était beaucoup plus bas et sableux et que la topographie actuelle résulte de déformations récentes : surélévation relative de la Chaîne des Maures et du pédoncule des îles et abaissement de la vallée.

Les arrachements à la drague dans la vallée des Stœchades n'ont pas encore donné de résultats, mais certains galets dragués au large de Porquerolles sont constitués par du quartz de filon avec traces d'une matrice de ciment violet qui rappelle le Permien. Il est possible que ce terrain forme le fond rocheux de la vallée, la dépression serait alors peut être le prolongement de celle qui sépare le massif des Maures de la Provence calcaire (dépression permienne).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les glucides de réserve des organes souterrains des Composées au début de la période de repos.* Note de MM. **Marcel Quillet** et **Robert Bourdu**, présentée par M. Raoul Combes.

Les sous-familles de *Composées* étudiées accumulent dans leurs organes souterrains une réserve glucidique complexe; mais, si, au même moment de la végétation, la proportion des glucides composants est extrêmement variable, ceux-ci paraissent toujours les mêmes que ceux que l'on a signalés dans le Topinambour et attestent l'uniformité du chimisme glucidique de la famille.

La famille des Composées, riche de quelques 30 000 espèces, est sous-divisée depuis Bentham en 13 sous-familles dont les caractères morphologiques, foncièrement comparables, se distinguent notablement dans le

(²) J. Bourcart, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (6), 1, 1950, p. 159-160.

détail (présence ou absence de laticifères et de canaux à oléorésine, forme du style ou des étamines, présence ou absence de paillettes sur le réceptacle, etc.) ([1]).

Cette diversité morphologique s'accompagne-t-elle ou non de différence dans le chimisme, spécialement dans le chimisme glucidique ?

L'inuline a été extraite, depuis longtemps, de l'*Aunée*, du *Topinambour*, du *Dahlia* et de la *Chicorée* et décelée dans de nombreuses autres espèces par des méthodes micrographiques; mais divers auteurs, dont l'un d'entre nous ([2]), ont montré récemment la complexité notable de la réserve glucidique du *Topinambour* déjà entrevue par Tanret.

Cette complexité se retrouve-t-elle ailleurs et, s'il en est ainsi, l'inuline et les fructosides satellites sont-ils les mêmes ?

Pour répondre à ces questions, nous avons exploré les organes souterrains des espèces appartenant aux sous-familles systématiquement les plus éloignées les unes des autres, afin d'avoir une idée d'ensemble : *Circium oleraceum* et *C. palustre*, *Serratula tinctoria*, *Centaurea jacea* (Cynaroïdées), *Doronicum plantagineum* (Sénécioïdées), *Berardia subacaulis* (Labiatiflores), *Elephantopus cardinianus* (Vernonioïdées), *Taraxacum dens-leonis*, *Hypochœris radicata* (Chicoracées), toutes, autant que possible, récoltées au même moment, c'est-à-dire au début de la période de repos. Leurs sucres ont été extraits d'abord par l'alcool à 80° bouillant et ceux qui restent par l'eau à 100°, à pH 7. L'analyse de chacune de ces fractions a été conduite simultanément par hydrolyse enzymatique et acide et par chromatographie sur papier.

Il résulte de ces recherches que la composition des glucides accumulés dans les organes souterrains des Composées est toujours complexe : remarquablement uniforme, malgré l'immensité du groupe, du point de vue de la nature des fructosides formés; diverse seulement par le taux de sucre total produit et par les proportions des divers constituants des mélanges glucidiques.

Les chromatogrammes sur papier des extraits aqueux montrent, à côté de l'inuline typique qui ne se déplace pas, une certaine proportion de satellites à grosses molécules qui forment une courte traînée à partir de la tache initiale, comme on le voit pour le Topinambour.

L'étude des pouvoirs rotatoires des liqueurs conduit aux mêmes conclusions : ils sont toujours un peu inférieurs à celui de l'inuline, mais la poudre glucidique qui précipite la première présente précisément un pouvoir rotatoire de $[\alpha]_D^{15} = -42°$ et une solubilité à 15° de 0,02 pour 100 parties

---

([1]) J. Augier et M. L. Rubat du Merac, *Revue scientifique*, 3311, 1951, p. 167.

([2]) M. Quillet, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 542.

d'eau. C'est donc de l'inuline typique et les glucides qui l'accompagnent ne peuvent être que des produits du type inulénine et hélianthénine.

Les chromatogrammes des extraits alcooliques, beaucoup plus intéressants, montrent qu'il existe encore, en plus du fructose et du saccharose, un même nombre de fructosides (une dizaine) solubles dans l'alcool à 80°, qui s'étagent tous d'une façon rigoureuse aux mêmes niveaux que ceux du Topinambour que nous avons pris comme référence.

La différence de pouvoir rotatoire spécifique des solutions tient donc seulement à la proportion variable des composants comme il ressort, d'une part des dosages séparés de réducteurs, du saccharose et des fructosides et, d'autre part, des intensités des taches sur les chromatogrammes.

Le premier tableau donne un échantillon de l'uniformité des déplacements des taches dans toutes les espèces étudiées.

TABLEAU I. — *Chromatogrammes des fructosides passant dans l'alcool à 80°.*
(le déplacement du fructose est pris pour référence = 100).

	Fruct.	A.	B.	C.	D.	E.	F.	G.	H
Hélianthus tuberosus..........	100	76,8	60	52	38,2	29,6	–	–	–
Berardia subacaulis...........	100	77,7	60,2	51,8	38,8	29,5	20,9	14,7	10
Doronicum plantagineum......	100	77,5	60	49,6	37,5	29,2	21,7	15,4	10
Cirsium oleraceum............	100	77	59,7	50	38,6	27,5	19,3	14	10
Taraxacum dens-leonis........	100	77	59,7	49	37,7	29	21,1	15,2	–
etc.									

Le deuxième tableau met en évidence la diversité de composition de quelques-unes des espèces analysées.

TABLEAU II.

	Glucides totaux (*).	Extrait alcoolique (**).				Extrait aqueux (**).	
		$[\alpha]_D$.	R.	S.	F.	$[\alpha]_D$.	F.
Doronicum plantagineum (Sénécioïdées)...	42,8	–32°	2,1	2,2	13,5	–41°	82,0
Berardia subacaulis (Labiatiflores).......	60,3	–20°	3,6	4,7	26,6	–37°	65,1
Cirsium oleraceum (Cynaroïdées)........	19,9	–10°	1,0	3,7	27,0	–38°	68,3
Taraxacum dens-leonis (Chicoracées)....	46,7	–13°	1,2	3,5	15,1	–39°	80,2
Hélianthus strumosus...................	67,3	– 9°	0,1	2,0	21,6	–37°	76,3
Elephantopus cardinianus (Vernonioïdées) (à la reprise de la végétation)...........	22,4	+19°	0	14,6	8,6	–42°	76,8

(*) Pour 100 g d'organes secs.
(**) Réducteurs, saccharose et fructosides pour 100 des glucides totaux.

EMBRYOLOGIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Datiscacées. Développement de l'embryon chez le* Datisca cannabina *L.* Note de M. **Pierre Crété**, présentée par M. René Souèges.

L'embryon du *Datisca* se rattache au sous-archétype du *Capsella Bursa-pastoris*. Par la simplicité et la régularité de ses segmentations et le très faible développement de son suspenseur, il est absolument comparable à celui du *Begonia semperflorens*. Ainsi se trouve confirmée l'étroite parenté des Datiscacées et des Bégoniacées qui, du point de vue embryogénique, se montrent bien différentes, les uns et les autres, des Saxifragacées et des Loasacées.

Réduite aux seuls genres *Tetrameles*, *Octomeles* et *Datisca*, la famille des Datiscacées ne présenterait qu'un intérêt tout relatif dans la classification des Dialypétales si tout le monde était d'accord sur ses affinités réelles. Très souvent, on s'accorde pour la considérer comme étant fort voisine des Bégoniacées et les deux familles sont traitées côte à côte aussi bien chez Warburg, dans Engler et Prantl (1), que dans les systèmes adoptés par Lindley (2), Bentham et Hooker (3) et Van Tieghem (4), par exemple. Cependant Adanson (5) est d'avis que les *Datisca* s'apparentent aux Saxifragacées des genres *Hydrangea* et *Philadelphia*; Baillon (6), de son côté, pose également la question de leur appartenance aux Saxifragacées et de l'intérêt qu'elles offriraient en tant que termes de passage entre les Pipéracées et les Urticacées. Afin de contribuer à résoudre ce problème, il serait intéressant de recourir à des renseignements d'ordre anatomique et, plus spécialement, à ceux qui concernent l'appareil reproducteur. On sait encore peu de choses à ce sujet et l'embryogénie des Datiscacées nous est en particulier tout à fait inconnue.

L'embryon, chez le *Datisca cannabina*, présente une régularité remarquable dans ses segmentations; les divisions se font de façon presque schématique. Il se rattache à l'archétype du *Myosurus minimus* et, plus spécialement, aux espèces qui se groupent autour du sous-archétype du *Capsella Bursa-pastoris* (7). La cellule apicale *ca* du proembryon bicellulaire (*fig.* 1) est à l'origine des quadrants (*fig.* 4), puis des octants (*fig.* 5 et 6), dans lesquels des parois périclines isolent le dermatogène (*fig.* 7 et 8). Dans les éléments situés à l'intérieur de cet histogène, des cloisons verticales donnent naissance, à l'extérieur,

(1) O. Warburg, *Pflanzenfamilien de Engler et Prantl*, 3e série, 6 Abt., p. 150, Leipzig, 1894.

(2) *The vegetable kingdom of the structure, classification and uses of plants, illustrated upon the natural system*, London, 1853.

(3) *Genera plantarum*, Londres, 1862-1883, 1, p. 844.

(4) *Traité de Botanique*, Paris, 1891.

(5) *Les familles des plantes*, Paris, 1763.

(6) *Histoire des plantes*, Paris, 3, p. 463.

(7) R. Souèges, *Embryogénie et classification* (3e fasc., *partie spéciale : première période du système*, Paris, 1948.)

aux cellules mères des cotylédons, à l'intérieur, aux cellules qui participeront à la construction de l'épicotyle (*fig.* 12 à 14). Dans les octants inférieurs, la séparation des divers histogènes, dermatogène, périblème et plérome, s'effectue selon les processus habituels par cloisonnements verticaux (*fig.* 7 à 10). Dans le plérome, l'isolement du péricycle s'accomplit souvent dès la fin de la vie proembryonnaire (*fig.* 15). La cellule basale *cb* du proembryon cellulaire se divise transversalement en deux éléments *m* et *ci*. C'est la cellule *m*

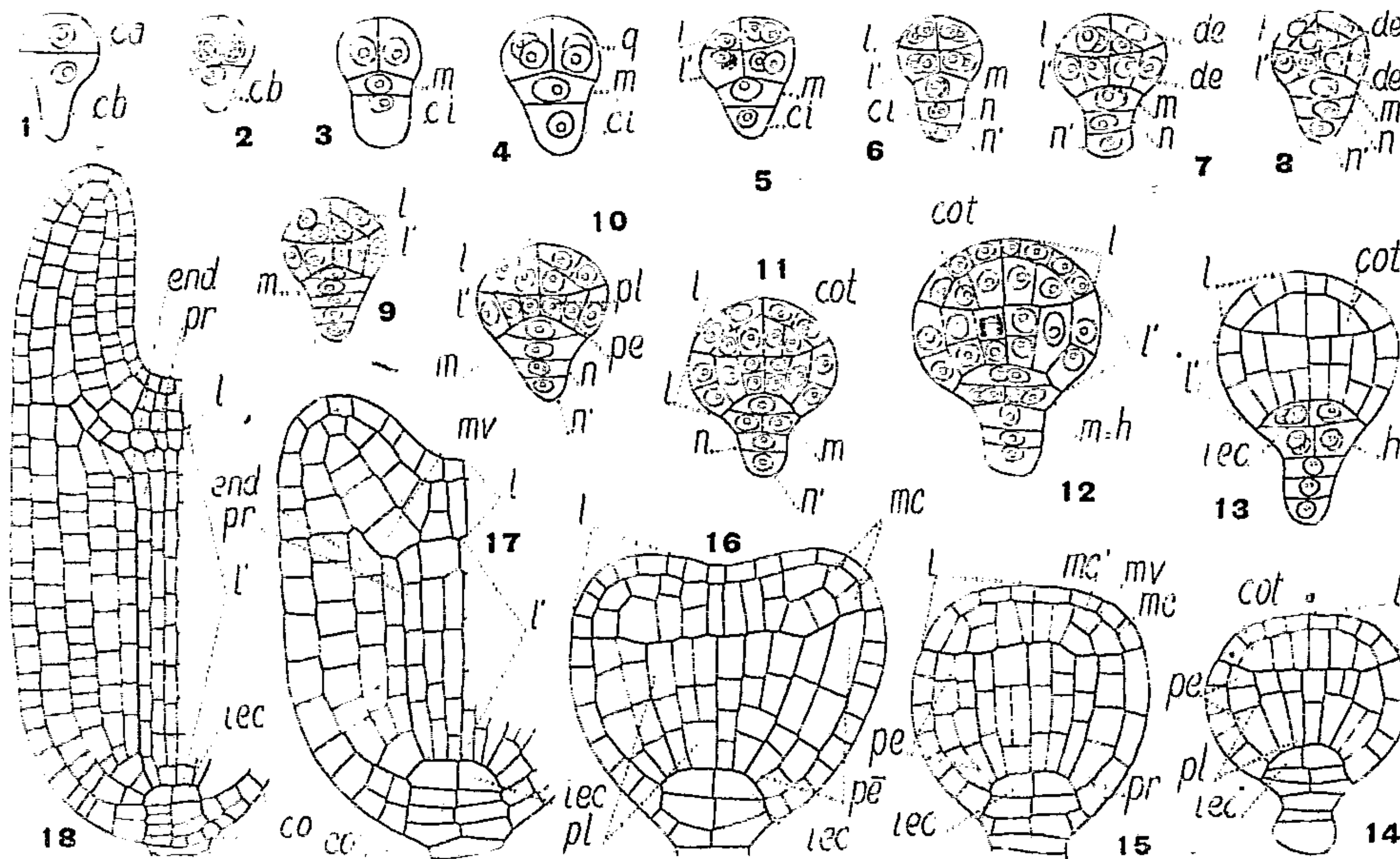


Fig. 1 à 14. — *Datisca cannabina* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m*, cellule intermédiaire de la tétrade ou hypophyse (*h*); *ci*, cellule inférieure de la tétrade; *n* et *n'*, cellules filles de *ci*; *q*, quadrants; *l*, octants supérieurs ou partie cotylée; *l'*, octants inférieurs ou partie hypocotylée; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *cot*, cellule mère d'un cotylédon; *iec*, initiales de l'écorce de la racine; *pr*, péricycle; *mv*, méristème vasculaire du cotylédon; *mc* et *mc'*, méristèmes corticaux externe et interne du cotylédon; *end*, endoderme; *co*, coiffe. G. = 320; 230 pour 18.

qui se cloisonne directement à l'aide d'une paroi horizontale en forme de verre de montre dont les bords viennent s'appuyer sur la partie hypocotylée, au niveau du dermatogène (*fig.* 9 et 10) : comme chez le *Begonia* [8], la cellule hypophysaire se différencie par conséquent directement aux dépens de la cellule intermédiaire de la tétrade. Au niveau de chacun des étages ainsi formés, il se constitue quatre cellules circumaxiales : celles du haut sont les initiales de l'écorce au sommet radiculaire; celles du bas, en se segmentant transversalement, puis verticalement, sont à l'origine de la portion médiane de la coiffe (*fig.* 10 à 15). La cellule *ci* est remarquable parce qu'elle ne donne jamais naissance à plus de trois éléments superposés qui constituent un suspenseur extrêmement court et fugace.

Les formes embryonnaires se distinguent seulement des formes proembryonnaires, au niveau de l'hypocotyle, par un accroissement considérable du nombre des cellules et par l'individualisation rapide d'un endoderme très net. Dans la partie cotylée, la différenciation des cotylédons est particulièrement facile à suivre. Dans la forme proembryonnaire

[8] R. Souèges, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 534.

figurée en 15, étaient déjà identifiables les cellules mères du méristème vasculaire et des méristèmes corticaux interne et externe, isolées aux dépens de la cellule *mc*. Les figures 16 à 18 font clairement ressortir comment s'édifient les cotylédons à partir de leurs initiales. Il existe une légère différence entre les *Datisca* et les *Begonia* à ce point de vue. Chez les *Begonia*, la différenciation des initiales des méristèmes s'effectue plus tardivement, dans les protubérames cotylédonaires déjà bien développées.

L'ensemble des résultats de cette étude est de nature à confirmer l'étroite parenté des Datiscacées et des Bégoniacées. Par contre, il paraît évident qu'il n'existe aucune affinité entre les embryons de ces familles, qui se classent dans la première période de la classification embryogénique, et ceux des Saxifragacées qui appartiennent à la seconde période de ce système. De même, il ne semble pas rationnel de réunir, comme le propose par exemple Warburg, les Datiscacées et les Bégoniacées aux Loasacées, dans une même série, puisque, chez les Loasacées, les lois du développement, bien différentes, sont comparables à celles qui président à l'édification de l'embryon chez les Solanacées ([9]).

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Transmission par double greffage d'une panachure infectieuse de la Vigne*. Note (*) de M. **André Vuittenez**, présentée par M. Albert Demolon.

Une maladie de la Vigne caractérisée par une panachure du feuillage est actuellement commune dans le vignoble d'Alsace où elle se comporte comme une maladie de dégénérescence. La vigueur et le rendement des ceps panachés diminuent progressivement, surtout chez certains cépages tels que le Traminer où très vite les grappes ne portent plus que des grains peu nombreux et de très petite taille (coulure et millerandage). Dans certains cas, les ceps atteints de longue date peuvent même périr.

La période la plus favorable à la détection précise de la Panachure coïncide, en Alsace, avec le début de juin. Les marbrures foliaires ont alors une couleur jaune d'or très apparente qui permet de repérer les ceps malades à distance. La prospection du vignoble nous a permis de relever un nombre important de parcelles envahies où nous avons fait les constatations suivantes :

Les ceps atteints de Panachure sont, le plus souvent, groupés en taches plus ou moins étendues assez régulières.

Dans plusieurs de ces foyers repérés depuis 1949, on a noté une progression apparente de la maladie vers l'extérieur.

([9]) P. Crété, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 920.

(*) Séance du 11 février 1952.

Ces observations suggèrent une maladie contagieuse qui, en raison des symptômes foliaires, pourrait être une maladie à virus. Nous avons donc essayé de transmettre la Panachure par le greffage. Pour réaliser ces expériences, nous adaptons à la Vigne la technique du *double greffage simultané* employée dans l'étude des maladies à virus des arbres fruitiers. L'écussonnage étant malaisé chez la Vigne, nous plaçons simplement sur une bouture de porte-greffes deux greffes anglaises, soit au même niveau (greffes en Y), soit l'une sur l'autre (greffes sandwichs).

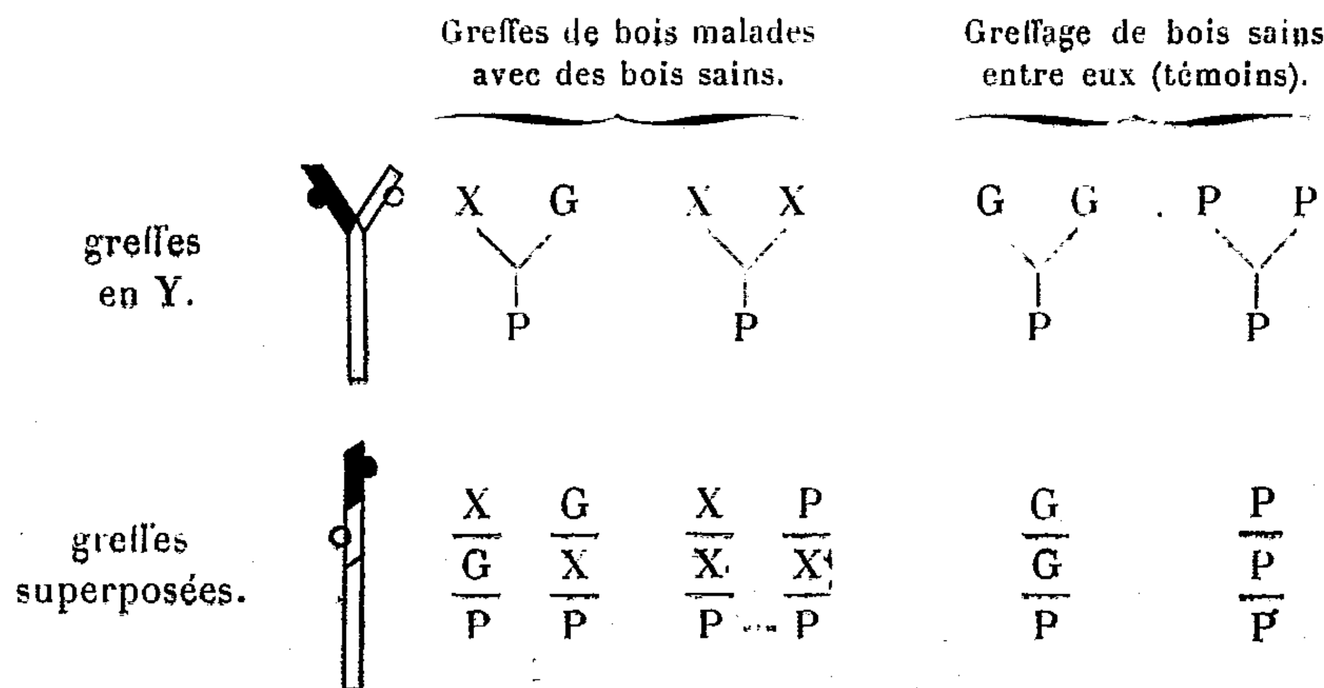
Dans chaque expérience, les sarments de trois pieds sont utilisés :

1. Un bois (X) provenant d'une souche panachée.

2. Un bois (P) d'hybride porte-greffe *Riparia-Berlandieri* (Kober 5 BB) provenant d'une souche vigoureuse apparemment saine.

3. Un bois (G) de *Vinifera* (Gewürztraminer) provenant d'une souche sélectionnée apparemment saine.

On effectue avec ces trois bois les combinaisons suivantes :



Les boutures greffées en mars 1950 ont été stratifiées selon la technique ordinaire, puis plantées en pots dans une serre où elles se sont développées pendant une année. La reprise a été satisfaisante et, grâce à cette technique de greffes multiples, nous avons pu constater très tôt la transmission de la Panachure.

Quelques mois après la soudure des greffes, les premiers symptômes sont apparus non seulement sur le feuillage des pousses des bois issus des souches malades (X), mais également sur plusieurs pousses de bois d'origine saine (G et P) greffés à un bois de Vigne malade ou ayant été en contact avec lui temporairement par le bourrelet de greffe. La maladie a donc bien été communiquée par le bois malade, car les combinaisons témoins des bois sains seulement ont gardé un feuillage normal.

Les symptômes sur les plantes cultivées en serre étaient assez différents de ceux de la souche-mère. Par exemple, chez le Kober 5 BB contaminé

expérimentalement, le feuillage était gaufré et portait seulement des marbrures vert clair qui se nécrosaient rapidement sans avoir jamais la teinte jaune vif de la Panachure; l'observation du résultat des expériences était ainsi plus délicate qu'en plein air. Dans certaines expériences, plusieurs pousses greffées sur des bois malades n'ont même pas extériorisé des symptômes. En 1951, par contre, toutes les plantes des essais ont été cultivées en plein air. Les symptômes de Panachure sont alors apparus avec éclat et, au mois de juillet 1951, soit 15 mois après le début des expériences, la transmission de la Panachure pouvait être observée pour 26 cas différents provenant de localités et de cépages variés, avec les mêmes symptômes que sur le Kober 5 BB et le Gewürtztraminer inoculés expérimentalement. Ils paraissent donc provoqués par une même maladie, transmissible par greffe, du groupe des maladies à virus.

PHYSIOLOGIE. — *La modification des noyaux des cellules nerveuses par suite d'une forte excitation.* Note de Mlle **Paulette Berger**, transmise par M. Robert Courrier.

Dans deux Notes précédentes ([1]) j'ai décrit deux types de réactions histochimiques ([2]) des noyaux des cellules nerveuses, qui semblent être liées à leur différente teneur en caroténoïdes et j'ai signalé que leurs comportements sont en relation avec les différences dans le mode d'activité des neurones.

Il m'a semblé intéressant de vérifier si la différence des colorations des noyaux est due uniquement à leur nature différente ou s'il y a, en plus, modification physicochimique de ces noyaux au cours de l'excitation. Dans ce but, j'ai fait une étude comparative sur les moelles de Grenouille à l'état normal et après crise épileptiforme provoquée, soit par le froid d'après la méthode d'Ozorio de Alméida, soit par la strychnine. D'autre part, pour obtenir des moelles en parfait état de repos, j'ai employé du gardénal injecté dans le sac lymphatique.

Les différentes séries de moelles examinées ont donné un résultat positif, c'est-à-dire un nombre de noyaux verts (riches en caroténoïdes) supérieur dans les moelles après excitation que dans celles à l'état normal. Pour confirmer ces résultats, j'ai fait une première étude statistique portant sur deux couples de moelles.

Dans cette série, les quatre moelles différentes (deux après la crise et

---

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, 144, 1950, p. 606 et 145, 1951, p. 360.

([2]) Cette réaction ne s'obtient d'une manière satisfaisante qu'avec le Vert de méthyle Pyronine Merck ancienne formule.

deux traitées au gardénal) ont été incluses dans le même bloc de paraffine ce qui a permis de les traiter simultanément. Ces moelles ont été coupées en série complète et j'ai compté les noyaux dans chaque 25[e] coupe. En tout 77 coupes ont été comptées dans un champ délimité conventionnellement.

Voici la moyenne des pourcentages des noyaux verts :

Moelle après crise.	*Moelle à l'état normal.*
$M_1 = 23,3$ %	$M_2 = 13,6$ %
$M_3 = 17,4$ %	$M_4 = 9,2$ %

Différences des moyennes.	*Erreur type des différences.*	$\frac{D_{x,y}}{E_{x,y}}$.
$D_{1,2} = 9,7$	$E_{1,2} = 3,35$	2,9
$D_{3,4} = 8,2$	$E_{3,4} = 1,59$	5,16
$D_{1,4} = 14,1$	$E_{1,4} = 2,89$	4,88
$D_{2,3} = 3,8$	$E_{2,3} = 1,90$	2,0

Les rapports des différences aux erreurs types, $D_{x,y}/E_{x,y}$, expriment la signification des différences.

Les trois premières combinaisons présentent une quasi-certitude statistique, la quatrième une certitude statistique passablement assurée (95 %). L'ensemble de ces quatre valeurs présente une vérification très satisfaisante.

Dans une deuxième série de quatre moelles qui ne portait que sur la moitié antérieure de l'organe, on a obtenu :

Noyaux verts après crise.	*Noyaux verts à l'état normal.*
$M_5 = 33,2$ %	$M_6 = 26$ %
$M_7 = 60$ %	$M_8 = 25$ %

Différences des moyennes.	*Erreur type des différences.*	$\frac{D_{x,y}}{E_{x,y}}$.
$D_{5,6} = 7,2$	$E_{5,6} = 4,22$	1,7
$D_{7,8} = 35$	$E_{7,8} = 5,39$	6,5
$D_{5,8} = 8,2$	$E_{5,8} = 3,29$	2,5
$D_{6,7} = 34$	$E_{6,7} = 5,99$	5,7

L'ensemble présente encore une fois une bonne vérification statistique.

Il ressort donc de cette étude que les noyaux de certaines cellules nerveuses se modifient au cours de l'excitation.

Il est encore prématuré de formuler une opinion quant à la signification fonctionnelle de ce phénomène. On peut pourtant signaler que les cellules non excitables, telles que celles du tissu conjonctif, sont caractérisées par une coloration verte, ce qui permet de penser que l'épuisement par une

activité excessive rapproche les cellules nerveuses de l'état d'une cellule inexcitable.

Résumé. — La teneur en caroténoïdes des noyaux des cellules nerveuses varie selon leur mode d'activité. Il est démontré sur les moelles de Grenouilles qu'un épuisement des cellules nerveuses par une crise épileptiforme modifie la réaction des noyaux en les rapprochant du type propre aux cellules inexcitables.

ZOOLOGIE. — *Note sur un Gastéropode pténoglosse : La Janthine,* (Janthina communis *Lamarck.*) Note de Mme **Alice Pruvot-Fol**, présentée par M. Louis Fage.

Dans une relation de voyage (*Astrolabe*, 1832), Quoy raconte que son vaisseau a navigué plusieurs jours et plusieurs nuits dans une mer dont la surface était couverte de Janthines; il peut donc paraître paradoxal de prétendre que ce Mollusque est un des animaux les plus méconnus et au sujet desquels ont cours le plus de notions erronées; et pourtant il en est ainsi.

Sa situation systématique a varié au cours d'un siècle; placée autrefois parmi les Hétéropodes et par Gray parmi ses Ptenoglosses, elle se trouve assez isolée depuis que P. Fischer a réduit, avec raison, ce groupe aux seules familles : *Janthinidæ* et *Scalariidæ*. Le nombre des espèces de Janthines a été certainement exagéré; la présente Note concerne exclusivement l'espèce *J. communis* Lamarck (= *Janthina fragilis* Lamarck).

Dans une précédente Communication, j'ai cherché à montrer que la Janthine est hermaphrodite successive, contrairement à l'opinion courante, qui mentionne des mâles et des femelles, tous deux pourvus de flotteur; cependant, Quoy remarque que des individus ont été trouvés flottant à la surface, bien que dépourvus de leur flotteur. Or, ce flotteur est toujours considéré comme étant, pour le Mollusque, non pas seulement utile, mais vital, la Janthine que l'on prive de cette annexe tombant au fond et ne pouvant la régénérer. Ce flotteur, dit-on, sert non seulement à la maintenir à la surface, mais aussi à porter les coques ovigères fixées à sa face inférieure.

Je pense qu'il y a là une erreur d'interprétation. Il me paraît qu'il s'agit, en réalité, d'un support pour la ponte, qui ne sert que subsidiairement à soutenir l'animal pendant la ponte. Si la plus grande partie de l'existence des Janthines se passe en surface, où se trouve leur nourriture de Siphonophores pélagiques et où elles se reproduisent, le fait de la rencontre de nombreuses pontes sur flotteurs détachés, ainsi que de Janthines n'ayant pas encore leur flotteur, semble bien montrer que celui-ci est produit spécialement en vue de la fonction de reproduction.

Il est un autre point sur lequel je désire attirer l'attention. Le nom de Pténoglosses donné au groupe est basé sur la conformation de la « radula », la terminaison « *glossa* » étant, chez tous les Gastéropodes, celle qui se traduit par « langue » ou radula (*Rachiglossa*, *Toxiglossa*, *Gymnoglossa*, etc.) et, de fait, on décrit ainsi la « radula » de la Janthine : « Radula composée de dents nombreuses, allongées, en forme de crochets ou d'aiguillons, semblables entre elles, disposées en rangées.... Formule $\infty - 0 - \infty$; il n'existe pas de dent centrale.... »

Mais ces éléments diffèrent des dents radulaires par plusieurs caractères. Chacun d'eux coiffe une cellule, dont le gros noyau, dans des préparations fixées, est bien visible à son intérieur, c'est-à-dire dans sa base élargie. Ces « dents » ne prennent pas naissance dans un cul-de-sac (gaine radulaire), mais sur une surface. La membrane sur laquelle elles s'insèrent, mince, transparente et souple, s'enfonce distalement dans une poche latérale du côté externe du bulbe buccal, devient libre antérieurement, à l'entrée de la bouche et là se replie en dehors latéralement, mais contre sa paroi externe; plus bas, les épines font défaut et la mince membrane, qui devient ici pigmentée, rejoint la formation symétrique du côté opposé. C'est ce qui a fait dire que la radula avait de nombreuses dents latérales, mais que sa partie médiane n'était formée que d'une membrane ne portant pas de dents.

Toute cette formation, considérée comme radula, est tout à fait insolite. Il n'en est plus de même si on l'interprète comme une paire de mâchoires et si l'on compare les « dents » aux crochets des sacs à crochets de certains Gymnosomes, en particulier de *Clione limacina*, qui, de même, coiffent leur cellule formatrice. Et si les sacs contenant ces mâchoires ne sont pas ici cylindriques, mais aplatis, nous trouvons, chez les Pleurobranches, les poches latérales de leur bulbe buccal aplaties et les mâchoires qu'elles contiennent, réfléchies de même à l'entrée du bulbe, de chaque côté. Ces deux poches sont, chez la Janthine, très vastes, prolongées en arrière des deux côtés de l'œsophage; mais c'est en vain qu'on chercherait en dessous de celui-ci, à sa place habituelle, une gaine radulaire : il n'y en a pas. Ni gaine, ni odontoblastes, ni dents.

Mais alors, si la formation décrite représente des mâchoires, où se trouvent les « mâchoires » auxquelles il est fait allusion partout comme existant chez la Janthine en sus de la radula ? Ce qui a été pris pour des mâchoires, c'est une autre membrane extérieure à celle-ci et qui, bien que très mince et transparente, pigmentée par places, est formée d'éléments polygonaux, assez régulièrement hexagonaux à la partie antérieure, devenant vers l'arrière plus petits et moins réguliers et que je comparerais pour la forme aux briques à paver appelées « tommettes ». Bien que très plats, ils ont double paroi, externe et interne, ce qui se voit très bien là

où le pigment fait défaut; ils sont optiquement vides. Cela correspond aux éléments de ce que l'on appelle, chez les Gastéropodes, « cartilages de soutien », que l'on trouve dans le bulbe buccal de certains Prosobranches. Bien que cette membrane soit ici trop mince pour servir de soutien, à plus forte raison de mâchoires, elle permet le glissement en avant et en arrière de la mâchoire.

La conclusion est que la *Janthina communis* possède deux mâchoires mobiles et préhensiles, faites de longues et fines épines insérées dans une membrane mince et ne possède pas trace de radula.

BIOLOGIE. — *Influence de l'extrait de thymus sur la créatinurie déterminée par l'œstradiol chez le Cobaye.* Note (*) de M. **J. Comsa**, transmise par M. Robert Courrier.

Les expériences antérieures ont montré que l'augmentation de l'excrétion de créatine, se produisant dans les 24 heures qui suivent une injection d'œstradiol (1), est influencée par le thymus. Ce fait résulte des déterminations de la plus petite quantité d'œstradiol (appelée dans ce qui suit le seuil de l'œstradiol) capable d'élever l'excrétion de créatine. Chez des Cobayes femelles ayant subi l'extirpation du thymus, de la thyroïde et des ovaires, ce seuil était de 0,04 γ de benzoate pour 100 g de poids vif; chez des animaux ayant subi seulement l'extirpation de la thyroïde et des ovaires, il était de 0,5 γ. Le second groupe d'animaux ne différant du premier que par la présence du thymus, la conclusion a pu être tirée que cette différence exprime l'influence du thymus (2).

Il sera rendu compte dans ce qui suit d'une tentative de vérifier cette conclusion à l'aide d'un extrait de thymus hautement purifié. Cet extrait est préparé d'après la méthode de Bezzsonoff, et titré en unités-cobaye d'après la méthode de Comsa (3).

Cet extrait : 1° s'est montré capable de supprimer les conséquences de la thymectomie (4), (5), (6); 2° il reproduit l'action antithyroïdienne du thymus [*voir* la littérature dans (4)]; 3° il reproduit l'action retardatrice du thymus sur le développement génital du Cobaye (7); 4° il exerce une action chimiotactique

(*) Séance du 25 février 1952.
(1) Benzoate.
(2) *R. Canad. biol.*, 7, 1948, p. 615.
(3) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 2061.
(4) *Amer. Journ. of physiol.*, 166, 1951, p. 550.
(5) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1185.
(6) *Ann. d'endocr.*, 12, 1951, p. 562.
(7) *Ann. d'endocr.*, 12, 1951, p. 91.

sur les lymphocytes ([8]), qui peut être rapprochée de celle que Ch. Grégoire a constatée pour le thymus ([9]).

L'augmentation de l'activité des extraits, obtenue par purification progressive, s'est montré sensiblement parallèle dans les épreuves citées plus haut ([4]). Il a pu être conclu que tous ces aspects de la physiologie du thymus semblent bien liées à une seule substance. L'emploi de l'extrait de Bezssonoff et Comsa (BC) se justifie donc dans une tentative de reproduire une autre action de thymus.

Expérience. — Cobayes des deux sexes, castrés et thymithyréoprives. Injection de quantités variables d'extrait de thymus BC; injection de doses variables d'œstradiol 24 heures plus tard ([10]) (quatre animaux pour chaque dose d'œstradiol). Dosage de la créatine (méthode de Folin) dans les urines des 24 h qui suivent l'injection d'œstradiol. Recherche de la plus petite quantité d'œstradiol qui : *a*. élève la créatinurie de chacun des quatre animaux à plus de 1,0 mg pour 100 g; *b*. élève la valeur moyenne de tous les quatre animaux à plus de 1,2 mg. Cette dose d'œstradiol est considérée comme le seuil si *c*. l'injection de 110 % de cette dose détermine une créatinurie d'au moins 1,5 mg chez chacun des quatre animaux et *d*. une injection de 90 % du seuil n'élève pas la créatinurie moyenne des quatre animaux jusqu'à 1,0 mg.

L'emploi de la créatinurie comme épreuve de l'interaction entre le thymus et les gonades a été justifiée ailleurs ([2]).

Cette détermination répétée avec des doses variées d'extrait BC a donné le résultat suivant :

Dose d'extrait (unités-cobaye pour 100 g de poids vif).	Seuil de l'œstradiol (γ pour 100 g de poids vif). Mâles.	Femelles
0	0,05	0,04
1	0,10	0,05
2	0,27	0,12
3	0,55	0,23
4	0,95	0,34
5	1,50	0,50
6	2,10	0,70
8	–	1,20
10	–	1,70

([8]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 2085.

([9]) *Arch. de biol.*, Paris, **46**, 1935, p. 717.

([10]) L'action de l'extrait de thymus a montré un temps de latence de 24 heures environ alors que l'action de l'œstradiol montre son intensité maxima dans les 24 heures qui suivent l'injection. En donnant l'extrait de thymus 24 heures avant l'œstradiol, on se place donc dans les conditions d'action maxima des deux préparations.

L'extrait de thymus BC élève donc le seuil de l'œstradiol chez le Cobaye thymithyréoprive castré. Cette élévation est continue; elle peut être exprimée de la façon suivante :

chez les mâles : $0{,}06x^2 - 0{,}01x + 0{,}05 = y$;

chez les femelles : $0{,}022x^2 - 0{,}02x + 0{,}04 = y$;

où (x) est la quantité d'extrait BC et (y) la dose d'œstradiol. Chez les mâles, les valeurs expérimentales se sont rangées à $97{,}7 \pm 1{,}1$ % des valeurs calculées; chez les femelles, à $100{,}6 \pm 8{,}8$ %.

On peut conclure que, chez le Cobaye thymithyréoprive castré, le seuil de l'œstradiol est une fonction quadratique de la dose d'extrait de thymus injectée 24 h auparavant. Cette observation vérifie l'hypothèse d'une opposition entre le thymus et l'œstradiol.

BIOLOGIE DES INSECTES. — *Contribution à l'étude du déterminisme de l'envol du Doryphore,* Leptinotarsa decemlineata *Say.* Note de M. **Jean-René Le Berre**, présentée par M. Émile Roubaud.

A la suite d'observations effectuées dans la nature, un certain nombre de constatations ont été faites par nous sur les conditions d'envol du Doryphore adulte (1). Il nous était apparu alors que « l'incitation au vol du Doryphore tient plus à l'action directe des radiations solaires, qu'à l'action de la température ambiante.

Nous avons pensé remplacer cette source naturelle d'énergie par l'utilisation au laboratoire de « Lampes à infrarouges » du type Mazda 250 W, dont le spectre d'émission s'étale de 4 000 Å à 40 000 Å, avec un maximum d'énergie transportée à 12 000 Å. Dans nos conditions expérimentales, la lampe est alimentée par un courant de 1,8 A, sous une différence de potentiel de 110 V. Les insectes étudiés peuvent se déplacer dans une zone distante de 15 à 20 cm de la source émettrice d'infrarouges. Les adultes mis en expérience, sortant d'hibernation, correspondent aux Insectes parfaits printaniers.

Deux lots de 50 Imagos sont constitués, l'un A, normalement alimenté par du feuillage de pomme de terre, l'autre B, soumis au jeûne permanent, mais fréquemment approvisionné en eau. Ces lots demeurent à 25° C, en dehors de deux demi-heures consécutives durant lesquelles ils sont exposés aux rayons infrarouges. Pendant ces séances d'irradiation, la température du laboratoire est toujours voisine de 17° C, tandis que celle du sable, sur lequel sont rassemblés les Doryphores, atteint, à la fin de chaque expérience, 30 à 33° C. Précisons immédiatement qu'à cette dernière

(1) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1096.

température, et en l'absence de toute source émettrice de rayons infrarouges, les vols sont peu fréquents. Par ailleurs, une lampe à incandescence du type normal, de 200 W, ne parvient pas plus à déterminer l'envol massif des adultes. *Or, l'envol du Doryphore, dans les conditions expérimentales exposées ci-dessus, peut être considéré maintenant comme un fait établi,* ainsi qu'en témoigne le tableau suivant qui récapitule les proportions d'envols observés dans les lots A et B, au cours de la première demi-heure d'irradiation.

	Envol (%).	
	Lot A (Insectes alimentés).	Lot B (Insectes non alimentés).
1er jour d'expérience	0	0
2e » »	2	0
3e » »	19,5	0
4e » »	24	0
5e » »	38	0
6e » »	68,7	0
7e » »	87,2	0
8e » »	89,1	18,7
9e » »	100	76,4
10e » »	100	100

Nous remarquerons que le Doryphore n'est pas susceptible de s'envoler d'emblée, et que son état physiologique doit influer fortement sur ses possibilités.

Au cours de la seconde demi-heure d'irradiation, le nombre des insectes qui s'envolent est généralement le même que celui relevé au cours de la précédente demi-heure. *Une accélération est cependant notée dans le rythme des envols.* Ainsi dans le lot A, pendant la première demi-heure, au 8e jour, 18 envols pendant les cinq premières minutes et 20 envols pendant les 5 mn suivantes, furent relevés. Au cours de la seconde demi-heure, il était noté, durant les mêmes périodes, respectivement 29 et 9 envols.

Le marquage des insectes nous a permis de constater les faits généraux suivants pour les imagos du lot A :

1° Tout adulte ayant volé une première fois est capable de s'envoler à nouveau et aussi souvent qu'il se retrouvera dans les conditions favorables.

2° Le temps de latence qui sépare le début de l'irradiation, de l'envol, diminue progressivement d'un jour à l'autre dans la majorité des cas observés. Dans nos expériences, ce temps de latence est toujours égal ou supérieur à 2 mn.

3° L'amplitude du vol, et sa durée, augmentent au cours des premiers jours. De plus, les insectes alimentés « tiennent mieux l'air » que les insectes soumis au jeûne.

4° Avant qu'il ne s'envole, le Doryphore exposé aux rayons infrarouges exécute un certain nombre de mouvements réflexes étroitement liés les uns aux autres. Sans entrer dans le détail, nous signalerons particulièement :

— La grande excitation des insectes allant jusqu'à la fébrilité;

— Le piétinement sur place et l'agrippement aux aspérités;

— Le phénomène de l'effort déterminant l'ouverture des élytres, puis l'extension des ailes.

— Quelques vibrations alaires précédent l'envol.

Ces réflexes, qui semblent dus à une élévation de la température de l'Insecte, constituent autant d'étapes qu'il doit franchir successivement avant d'être « apte au vol ». Des expériences en cours ont pour but d'étudier les modifications du milieu intérieur du Doryphore, à sa sortie d'hibernation, et d'évaluer les augmentations de température de la région des muscles alaires, due à l'énergie émise par la source utilisée. Les différents travaux portant sur le vol chez l'Insecte suggèrent, en effet, une évolution physiologique préalable, en dehors de laquelle les conditions externes demeurent insuffisantes pour déterminer l'Envol, puis le Vol.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les formes cristallines et le point de fusion du kitol.* Note (*) de MM. **Henri Chatain** et **Alexandre Fridenson**, présentée par M. Maurice Javillier.

Dans une précédente Note (1) nous avons publié les spectres ultraviolets et les réactions de Carr-Price du kitol et de son diacétate cristallisés, dans le but d'établir une comparaison entre les formes alcool et ester de cette provitamine A.

Nos expériences ont été faites en utilisant le kitol purifié par la cristallisation dans le méthanol (F 98-100° C, au bloc de Kofler). Ces cristaux nous apparaissent identiques à ceux décrits par Clough et ses collaborateurs (2) (F indiqué : 95-97°; même solvant de cristallisation).

Or, en recristallisant ce kitol dans le formiate d'éthyle, nous avons obtenu

(*) Séance du 25 février 1952.

(1) Chatain et Debodard, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 105.

(2) *Science*, 105, 1947, p. 436.

(3) Microanalyses effectuées par le Docteur Peisker-Ritter, à Brugg (Suisse).

des cristaux fondant à 136-137°C. Inversement, les cristaux F 136-137°, repris dans le méthanol conduisent de nouveau aux cristaux F 98-100° C.

Nous avons cru tout d'abord à une nouvelle forme cristalline du kitol, mais les déterminations ([3]) effectuées parallèlement sur les deux espèces de cristaux nous ont donné les résultats suivants (colonnes 1 et 2 du tableau).

	Déterminations analytiques.		Formules calculées.	
	Cristaux (136-137°). 1.	Cristaux (98-100°). 2.	Dimère de l'axérophtol $(C_{20}H_{30}O)_2$. 3.	$(C_{20}H_{30}O)_2$, $2CH_3OH$. 4.
Carbone (%)	83,84	79,25	83,86	79,19
Hydrogène (%)	10,46	10,63	10,56	10,76
Poids moléculaire (micro-Rast)	576	609	572	636
Nombre des doubles liaisons	8,05	7,15	8	7,22
Hydrogène actif % (Zerewitinoff Roth)	0,37	0,70	0,35	0,63

Si l'on admet pour le kitol la formule brute $(C_{20}H_{30}O)_2$ (colonne 3), dimère de l'axérophtol, les résultats obtenus sur les cristaux F 136-137° sont en bon accord avec cette formule. Par contre, ceux obtenus sur les cristaux F 98-100° C en diffèrent notablement.

Les cristaux fondant à 98-100° C contiennent donc vraisemblablement du méthanol de cristallisation. Les résultats de déterminations effectuées sur ces cristaux s'accordent assez bien avec la formule théorique $(C_{20}H_{30}O)_2$, $2\,CH_3OH$ (colonne 4).

Il semble que l'on puisse rapprocher ces faits de ceux observés par Baxter et Robeson ([4]) à propos de la vitamine A cristallisée : cristaux de Baxter et Robeson, obtenus dans le formiate d'éthyle : F 63-64° C; cristaux de Holmes et Corbet ([5]), obtenus dans le méthanol : F 7 à 8° C (renferment du solvant de cristallisation).

Le point de fusion du kitol cristallisé pur paraît donc se situer vers 136-137° C. La formule brute du kitol se trouve par ailleurs confirmée par les analyses effectuées sur son di-acétate et son diphénylazobenzoate cristallisés ([1]).

Déterminations (%).	Diacétate de Kitol. Calculé.	Diacétate de Kitol. Trouvé.	Diphénylazobenzoate. Calculé.	Diphénylazobenzoate. Trouvé.
Carbone	80,44	80,29	80,12	80,07
Hydrogène	9,82	9,69	7,74	7,50
Azote	–	–	5,66	5,71

([4]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 64, 1942, p. 2411.

([5]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 59, 1937, p. 2042.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur des complexes ferrisulfuriques et ferrichlorhydriques de certains constituants biochimiques azotés.* Note de Mme **Marthe Diament** et M. **Ernest Kahane**, présentée par M. Maurice Javillier.

La séparation de certaines bases organiques repose sur leur volatilité; celle des bases lourdes sur leur extraction en milieu alcalin par des solvants organiques ou sur leur précipitation par des anions complexes de métaux lourds. La séparation des ammoniums quaternaires offre des difficultés, car ils sont fixes, insolubles dans les solvants non oxyhydrylés, et ne possèdent pas de réactions spécifiques de précipitation. Le problème est résolu depuis peu pour la choline, mais non pour les autres substances de la même famille; la bétaïne, les esters phosphorique et glycérophosphorique de la choline ont été caractérisés comme constituants biochimiques, mais au terme de séparations laborieuses, peut-être sujettes à des arte fact, applicables comme des cas d'espèce aux extraits riches, et de rendement inconnu. Il n'est donc pas superflu de rechercher de nouvelles méthodes de précipitation de ces bases, dans l'espoir de les identifier et de les doser dans les extraits végétaux et animaux, puis d'aborder l'étude de leur rôle biologique.

La technique de défécation par l'hydroxyde de fer naissant, préconisée par E. Kahane et Jeanne Lévy [1], et inspirée de celle de Luneau, nous a mis sur la voie de réactions de précipitation qui présentent un certain caractère sélectif, et nous paraissent utilisables, en particulier pour l'étude des ammoniums quaternaires biochimiques.

1. Les solutions aqueuses concentrées de sulfate et de chlorure ferrique, dont le caractère complexe est bien connu, donnent des précipités avec les solutions alcooliques ou alcooloacétoniques de diverses substances biochimiques azotées. Les sels complexes précipités sont mal définis, leur composition variant avec les conditions opératoires. L'ion ferrique y est dissimulé à certaines de ses réactions. Ce sont des produits pulvérulents, hydratés, souvent hygroscopiques, ocre clair, solubles dans l'eau, insolubles dans les solvants organiques. Par reprécipitation à l'alcool de leurs solutions aqueuses, leur composition varie progressivement pour aboutir à de véritables sels basiques insolubles dans l'eau. La substance précipitée peut être régénérée par traitement des ferrisulfates ou ferrichlorures redissous dans l'eau par du carbonate de calcium ou de baryum ou par de l'hydroxyde d'argent.

2. *Ferrisulfates.* — La réaction de précipitation est franchement positive avec la diméthylamine, la pyridine, l'aminoéthanol, la choline et ses esters, la

(1) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 21, 1939, p. 223.

bétaïne, l'acide et l'amide nicotiques, le glycocolle, l'alanine, la cystine, les peptones, l'urée, l'asparagine; elle l'est faiblement avec l'aniline et la diméthylaniline; elle est négative avec la tyrosine et l'acétamide. Le type des produits isolés est très variable. Exemple : avec l'amide nicotique $(SO_4)_3 Fe_2$, $2(C_5H_4NCONH_2)$, $4H_2O$; avec le glycocolle : $3(SO_4)_3 Fe_2$, $2(NH_2CH_2CO_2)_3$ Fe, $16 H_2O$.

Nous avons particulièrement étudié la précipitation de l'acide choline-phosphorique synthétique. Opérant dans le méthanol, nous avons reconnu : 1° que la sensibilité de la réaction est médiocre (2 °/₀₀ environ); 2° que la précipitation n'est pas quantitative et passe par un maximum de 75 % pour décroître avec l'excès de réactif ferrique; 3° qu'elle est faiblement sélective, beaucoup de bases voisines de la choline et la choline elle-même précipitant dans les mêmes conditions; 4° que le sel obtenu retient énergiquement de l'eau qui est lentement éliminée à 150°; 5° que l'acide choline-phosphorique agit comme anion; 6° que ce sont des sels neutres, dont la composition, en fonction du réactif ferrique utilisé, varie d'abord rapidement pour se stabiliser au voisinage de $(SO_4)_7[PO_4C_2H_4N(CH_3)_3]_4Fe_6$, $10 H_2O$ lorsqu'on emploie au moins 8 Fe pour 1 N.

3. *Ferrichlorures*. — La réaction est plus spécifique que la précédente, et ne se produit pas avec le glycocolle, la bétaïne, la choline ou son ester sulfurique. Elle a lieu avec les substances amphotères à caractère acide accusé : acides nicotique, glutamique, choline-phosphorique. Avec l'acide choline-phosphorique, dans l'éthanol ou dans le mélange éthanol-acétone, la précipitation est quantitative, même pour un grand excès de réactif; la sensibilité de la réaction est de 1 pour 10 000. La composition du sel complexe précipité, en fonction du chlorure ferrique utilisé, varie d'abord rapidement, puis plus lentement, sans présenter aucun palier. Par rapport au fer, il s'enrichit en chlore et s'appauvrit en acide choline-phosphorique. Le plus souvent, les sels précipités sont basiques, contenant pour 6 Fe, 6 à 8 Cl et 9 à 5 choline-phosphates, et se rapprochant de la formule $Cl_7(\text{Ch-phosph})_7(HO)_4Fe_6$, pour Fe/N = 2,5. En milieu acidifié par ClH, la précipitation n'est plus quantitative, et les sels obtenus sont neutres. L'un des produits isolés correspond à la formule $Cl_3[PO_4C_2H_4N(CH_3)_3]_3Fe_2$, $6 H_2O$.

Conclusion. — En milieu alcoolique, alcoolo-acétonique ou hydro-alcoolique, le sulfate et le chlorure ferriques donnent avec certains composés organiques azotés des précipités, généralement mal définis, que nous considérons comme des complexes ferrisulfuriques et ferrichlorhydriques. Le deuxième de ces réactifs paraît spécifique des substances amphotères à caractère acide fortement accusé, et son emploi peut être envisagé pour la séparation de constituants biochimiques comme les acides nicotique, glutamique et choline-phosphorique.

PHARMACODYNAMIE. — *Contribution à la chimiothérapie rationnelle de la tuberculose. Effet tuberculostatique de la bis-(dihydroxy-2.3 propoxyéthyl)-amine et de son dérivé* N-*laurylé.* Note (*) de MM. **Israël Grundland, Paul Rumpf** et **Roger Galland**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'analyse des conditions requises pour un effet thérapeutique antituberculeux a conduit à réaliser un schéma moléculaire dans lequel, pour un même nombre de groupements polaires hydroxyliques reliés par un pont éther-oxyde à la partie hydrophobe de la molécule, l'activité prévue apparaît lorsque la molécule possède un groupement alcalin et augmente par adjonction d'une chaîne grasse voisine de la fonction basique.

Après étude du mécanisme physicochimique de la lésion provoquée par le bacille de Koch, l'un de nous a montré l'utilité thérapeutique de l'introduction d'un écran polaire entre la substance du bacille et l'organisme contaminé ([1]). Les molécules du produit médicamenteux doivent donc posséder un radical hydrocarboné, dont la possibilité de fixation à la substance du B. K., par effet Van der Waals-London a été envisagée et prouvée ([2]), et en outre, des groupements polaires qui, orientés vers le milieu aqueux extérieur, soient susceptibles de modifier les caractéristiques primitives de la substance du bacille et d'influencer favorablement la réponse de l'organisme.

La validité de ce schéma moléculaire et l'importance d'une liaison stable entre les parties hydrophile et hydrophobe de la molécule sont soulignées par une comparaison entre l'action du Tween 80 (éthers polyoxyéthyléniques du sorbitol *estérifiés* par l'acide oléique) et celle des produits obtenus par Cornforth, d'Arcy Hart, Rees et Stock ([3]), en condensant, par le formaldéhyde, le Triton A 20 (*éthers* polyoxyéthyléniques du para-tertio-octylphénol). Tous ces émulsionnants dispersent le B. K. en culture homogène dans une phase aqueuse, et un effet antituberculeux a pu être obtenu seulement avec le produit de condensation du Triton A 20 dans lequel les parties polaire et apolaire de la molécule sont liées par un pont éther-oxyde résistant à l'hydrolyse.

L'étude des substances thérapeutiques existantes, notamment celle de la streptomycine et celle de l'acide *p*-aminosalicylique révèle, en outre, l'utilité de groupements alcalins (aminés ou guanidiques) susceptibles d'être retenus par les carboxyles des acides gras du bacille.

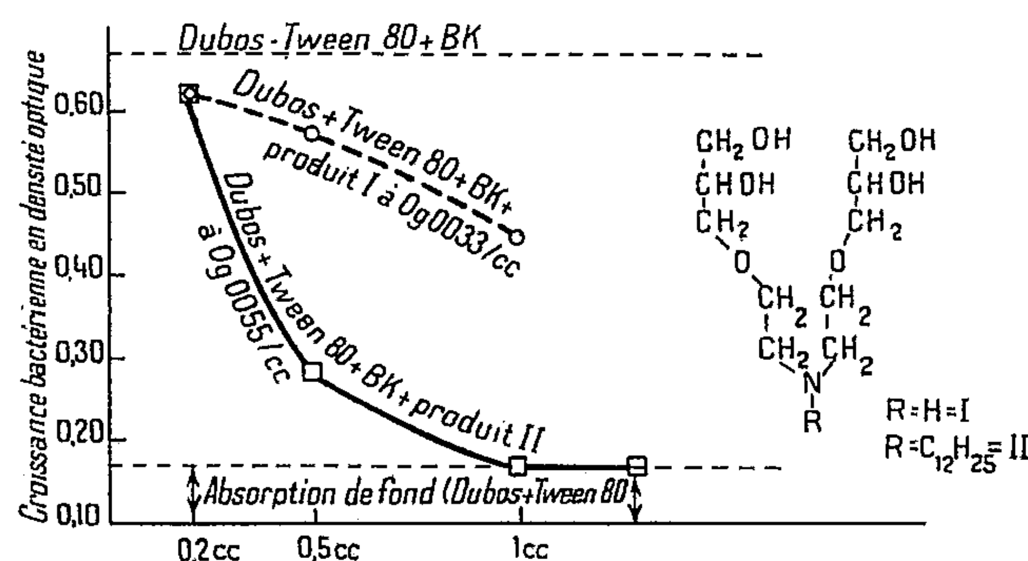
(*) Séance du 25 février 1952.

([1]) I. Grudland et D. Luzzati, *C. R. Soc. Biol.*, **143**, 1949, p. 891.

([2]) I. Grundland, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 74.

([3]) *Nature*, **168**, 1951, p. 150.

Les résultats des travaux d'Erlenmeyer et collaborateurs (⁴) montrent que l'activité antituberculeuse des amines aromatiques substituées en para par un groupement R—O—, R—S— ou R—CO_2— est d'autant plus prononcée que le substituant comprend plus de groupements méthyléniques favorisant la fixation du produit au B. K. par la chaîne grasse et non par la fonction amine. L'aspect extérieur du bacille est, en effet, profondément modifié dans le premier cas par un écran de groupements polaires amine.



Croissance bactérienne en densité optique de la culture de BK après 8 jours dans l'étuve, en fonction de la concentration des produits I et II ajoutés; lectures à l'électrophotomètre à 18° (écran rouge).

Il nous a paru cependant plus utile d'utiliser simultanément comme points d'attache les deux possibilités envisagées, en rapprochant la chaîne grasse et le groupement alcalin dans une molécule comportant d'autres groupements polaires. Nous nous sommes donc proposé de réaliser un schéma moléculaire comportant : *a. la présence d'une chaîne grasse et d'un groupement alcalin voisins* (pour maintenir la molécule thérapeutique sur le bacille); *b. la présence d'un certain nombre de groupements faiblement polaires* (afin de modifier les caractéristiques du bacille et la réponse de l'organisme); *c. une liaison stable entre les deux fractions utiles de la molécule (polaire et apolaire)*, par exemple par un pont éther-oxyde. L'étude de la balance hydrophile-lipophile devait nous orienter sur les possibilités de diffusion de la substance médicamenteuse dans l'organisme. Enfin, nous avons jugé bon de choisir des groupements faiblement polaires, afin d'éviter que le produit médicamenteux ne risque d'être arraché de la surface du B. K.

Deux structures moléculaires simples répondant à ces conditions ont été retenues : d'une part la *bis*-(dihydroxy-2.3 propoxy éthyl)-amine (I) et ses dérivés alcoylés à l'azote (dérivé lauryIé : II), et d'autre part, le lauryloxy-3 diméthylaminoéthoxy-4 tétrabenzoyl-1.2.5.6 mannitol, dont

(⁴) H. Bloch, G. Brubacher, H. Erlenmeyer et E. Suter, *Helvet. Chim. Acta*, 30, 1947, p. 539.

les synthèses seront décrites dans un autre recueil. La présente Note concerne l'activité antituberculeuse des produits (I) et (II). Ce sont des substances tensioactives qui à 5 $^0/_{00}$ abaissent nettement la tension superficielle de l'eau à 18°: produit I : 53 dyn/cm, produit II: 28 dyn/cm alors que le Tween 80 dans les mêmes conditions détermine une tension superficielle de 39 dyn/cm. L'amine secondaire mouille mal et disperse mal l'acide mycolique dans une phase aqueuse, alors que l'amine laurylée le disperse bien dans l'eau et mieux que ne le fait le Tween 80 (dispersion suivie par turbidimétrie à l'électrophotomètre).

Vis-à-vis de la culture de *Mycobacterium tuberculosis* virulent (souche Dupray S en milieu de Dubos-Tween 80, inoculum 0,1 mg B. K. p. b. h.) une réduction de la croissance microbienne de l'ordre de 50 % s'observe, par suite de l'addition de 0,0033 g de la *bis*-(dihydroxy-2.3 propoxy éthyl)-amine et une inhibition complète de la croissance apparaît avec l'amine laurylée à concentration moléculaire équivalente (soit par suite de l'addition de 0,0055 g).

Ces résultats permettent d'entrevoir la possibilité d'atteindre le B. K., et de traiter la maladie qu'il détermine, par toute molécule dont la structure répond aux conditions exigées et décrites.

A 16 h 15 mn l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 h 50 mn.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 MARS 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Le 4 mars à Eastbourne dans le Sussex s'est éteint dans sa 95ᵉ année Sir **Charles Sherrington**, prix Nobel, ancien président de la Société royale de Londres.

Il appartenait à notre Compagnie depuis 1923 comme Correspondant, puis comme Membre associé.

Ce physiologiste éminent a abordé les questions les plus difficiles, et il a pu par une expérimentation rigoureusement conduite, élucider quelques-uns des problèmes les plus complexes de l'action du système nerveux.

Ses travaux d'une importance fondamentale, présentés avec une admirable clarté et une précision qui n'a pu être dépassée, sont aujourd'hui classiques dans la physiologie moderne.

Professeur dans la Chaire de Physiologie de l'Université d'Oxford, Sherrington publiait dès 1906 son célèbre Mémoire sur les actions et réactions réciproques des circuits nerveux.

Il a montré comment l'organisme agissait spontanément pour coordonner les mouvements, et assurer leur stabilité.

En opérant sur un Mammifère d'un niveau élevé, tel que le Chien, il procéda par des vivisections strictement définies à une analyse expérimentale concluante des actions du système nerveux.

C'est ainsi qu'en enlevant exclusivement le cerveau proprement dit, en conservant la partie postérieure avec le cervelet, l'animal inerte peut se tenir debout dès que les pattes touchent le sol, celles-ci se raidissant immédiatement dans l'extension maxima. Ainsi, l'action des muscles maintenant la station verticale est commandée automatiquement par l'ensemble sous-cérébral.

En opérant sur la moelle épinière, Sherrington dans une suite méthodique d'expériences peut isoler certaines zones de l'organisme, tout en le maintenant en vie. Ainsi sont connus les circuits de commande et leur mode d'action.

Il a montré la simultanéité de l'ordre de raccourcissement des muscles fléchisseurs, et de l'ordre de relâchement des muscles antagonistes par l'*innervation réciproque.*

D'autre part la pression de contact déterminée par la fonction musculaire est contrôlée par des éléments nerveux subissant cette pression et réagissant à leur tour pour assurer le réglage de l'action du muscle, et Sherrington fait comprendre par cette action d'*innervation proprioréceptive* le rôle de ces éléments périphériques.

Par ses très nombreuses recherches expérimentales dans maints domaines, il a su définir exactement la fonction de l'organe, et situer dans celui-ci les éléments actifs.

Après la découverte du neurone, dont le mode d'action restait inconnu, Sherrington montra que la fonction propre du système nerveux se situe *aux synapses*, c'est-à-dire aux zones de contact de ces neurones.

Tous ceux qui ont approché ce Savant ont décrit sa personnalité pleine de charme et de modestie.

Il était l'objet d'une grande vénération pour tous ses élèves, et entouré d'une universelle sympathie.

Aussi était-il Membre d'un grand nombre de Sociétés Savantes, et docteur *honoris-causa* de nombreuses Universités, dont celle de Paris.

Nous présentons à sa famille, et à son pays nos condoléances émues.

NOMBRES TRANSFINIS. — *La figuration arithmétique des permutations clivées.* Note (*) de M. **Arnaud Denjoy.**

Fin de l'analyse du Chapitre IV (les permutations spéciales) de l'Ouvrage « l'Énumération transfinie » (Livre II) (¹). Étude des caractères arithmétiques des développements népériens figurant une permutation clivée. Propriétés statistiques de l'ensemble des nombres réels correspondants. Extensions diverses. Début du Chapitre V : Suites régulières et successions régulières de suites. Itérées et nodales de tout ordre jusqu'à Ω.

IV. Une permutation clivée de la suite normale (N) des entiers positifs est définie (281) par une famille progressive G déterminante, c'est-à-dire vérifiant la condition (A) (270). Soit n un entier positif et ses formes spéciales (la

(*) Séance du 3 mars 1952.

(¹) *Voir* les Notes des 18, 25 février et 3 mars 1952. (*Comptes rendus*, 234, 1952, p. 770, 906 et 1001.) Références chiffrées désignant les pages.

fictive exclue) :

$$n = f_i(S_i | j_i) = f_r(S_r | 0) \qquad [S_i = (k_1, \ldots, k_i),\ k_r \geqq 2].$$

Nous posons $r(n) = r$ si $k_r \geqq 3$ et $r(n) = r - 1$ si $k_r = 2$.

Dans l'ensemble $\Phi(G)$ des formes spéciales déduites de G (266) une seule $f_p(S | j)$ ($S = S_p$) représente n, et S est une suite de G.

Si $j \geqq 1$ ($p < r$), S est close et le précédent de n selon la permutation P(G) de (N) est $a_n = f_p(S | j - 1)$ (286). Si $j = 0$ ($p = r$), le précédent de n dans l'ensemble $e'_n(1, 2, \ldots, n)$ ordonné par P(G) et précédé par o est $a_n = f_p(S_{p-1}, k_p - 1 | 0)$ (287).

On en conclut (366) qu'avec la valeur $a_n = n - 1$ [correspondant à la forme spéciale fictive ($n = f_0 | n$) et à G existante, mais vide, P(G) étant la permutation-unité], a_n possède seulement $r(n) + 1$ valeurs possibles (au lieu des n, savoir $0, 1, \ldots, n - 1$ pour les développements quelconques). Or $r(n)$ est inférieur à $\log \log n$ environ, en sorte que les nombres $x = \Sigma\, a_n/(n!)$ figurant les permutations clivées sont très particuliers.

Cette représentation prête à de nombreux problèmes d'arithmétique. On peut étudier l'ensemble des combinaisons possibles de chiffres a_n, d'une part pour la totalité des diverses permutations clivées, d'autre part pour une même permutation.

$a = f_i(\Sigma_i | \theta_i) = f_i(\varkappa_1, \ldots, \varkappa_i | \theta_i)$ ($0 \leqq i \leqq h$, $\varkappa_h \geqq 2$, $\theta_h = 0$) étant un entier non négatif (pour $a = 0 : h = \theta_0 = 0$), les entiers n tels que le chiffre a puisse se rencontrer dans un développement au rang n sont

$$f_i(\Sigma_i | \theta_i + 1) \quad \text{et} \quad f_{h+m}(\Sigma_h, \sigma'_m | 0)\ [\sigma'_m = (\sigma_{m-1}, 2) = (1, \sigma'_{m-1})].$$

Pour une famille G déterminée, la solution n de $a_n = a$ est unique si une des suites Σ_i est close (369-372).

Les problèmes d'ascendance supérieure et inférieure (I, 177-187) d'un entier n dans P(G), questions suggérées par la figuration géométrique, se résolvent arithmétiquement avec aisance par les développements correspondants (372-374).

Les conséquences entraînées par la condition (B) pour le développement népérien figurant P(G), qui est alors spéciale, s'accordent avec le caractère trouvé antérieurement (I, 164) pour les développements des permutations bien ordonnées (375-380).

Soit $S = (k_1, \ldots, k_p)$ une suite de G. Si S est ouverte, $t_k = f_{p+1}(S, k | 0)$ pour $k \geqq 1$ est le chiffre lu au rang t_{k+1} dans le développement E(G). Si S est close, $\theta_j = f_p(S | j)$, même pour $j = 0$, est le chiffre lu au rang θ_{j+1} (381-382).

Pour savoir si la suite S appartient à G, et, dans le cas de l'affirmative, si elle y est ouverte ou close, il suffit (383-385) de chercher le chiffre a_γ pour

$$\gamma = f_p(S | 2) = f_{p+1}(S, 1 | 1) = f_{p+2}(S, 1, 2 | 0).$$

Si S est close dans G, $a_\gamma = f_p(S\,|\,1) = (\gamma)^1$ et $a_{\theta_j} = \theta_{j-1}$ $(j \geqq 1)$.

Si S est ouverte dans G, $a_\gamma = f_p(S\,|\,0) = (\gamma)^0$ et $a_{t_k} = t_{k-1}$ $(k \geqq 2)$.

Si a_γ diffère de $(\gamma)^1$ et de $(\gamma)^0$, S n'est pas dans G. Une suite $S_i(i < p)$ est close; $\gamma_i = f_i(S_i|j_i)$ et $a_\gamma = f_i(S_i|j_j - 1)(j \geqq 3)$; a_γ a été déterminé par la connaissance de $a_{\gamma'} = (\gamma')^1$, pour $\gamma' = f_i(S_i\,|\,2) < \gamma$.

Les rangs $\gamma = f_p(S\,|\,2)$ tels que S soit dans G sont dits *caractéristiques*, parce que, le chiffre a_γ disposant de deux valeurs possibles, son choix détermine une infinité de chiffres a_n ultérieurs (385).

Pour tout nombre n non caractéristique, le chiffre a_n est déterminé par la connaissance des chiffres a_γ de rang caractéristique γ inférieur à n (386).

Il est intéressant d'étudier la rareté des développements népériens figurant les permutations clivées (388). Divers problèmes d'arithmétique statistique se posent et j'ai indiqué comment les aborder.

1° m étant un entier positif croissant et r un nombre positif invariable, le nombre $N_r(m)$ d'entiers n pour lesquels, dans la totalité des permutations clivées, les chiffres distincts possibles a_n sont en nombre égal à r, équivaut à $b_r m(2/m)^{2-r}$, b_r inférieur à 4 croissant avec r (391, 402).

2° Les rangs $\gamma = f_q(S\,|\,2)$ inférieurs à m sont en nombre $p = hm$ $[p = p(m)$, $h = h(m)]$. On trouve $c' < h(m) < c$, c et c' étant deux constantes absolues $(c' > 0)$; $p\,(100) = 0{,}29$; $p\,(230) = 0{,}27$; (400-402).

3° Si $A(m)$ est le nombre des associations possibles des chiffres a_n pour $n \leqq m$, quand le développement $E(a_n)$ figure une permutation clivée, $A(m) = 2^{dm}$ avec $d = d(m) < h(m) < 1$. Une méthode d'évaluation de $A(m)$ est indiquée et appliquée à $m = 100$. On trouve $0{,}21 < d(100) < 0{,}22$ (392-398); $0 < g < d(m)$, g étant une constante absolue (402).

L'ensemble Z_0 des points x dont les développements népériens figurent les permutations clivées est parfait et, si le segment $(0, 1)$ est divisé en m segments égaux, Z est situé sur $A(m) < 2^{g'm}$ de ces segments, Z_0 est de mesure nulle à un haut degré (410-411).

Cette quatrième section du Chapitre se termine par diverses études : modes de représentation géométrique les plus commodes des permutations (411-416); légitimité d'insérer de nouveaux éléments entre les permutations que l'on additionne (416-418); mode d'énumération ascendante ou descendante préférable pour les lignes naissant à une même abscisse (418-420); nouvelle interprétation ordinale (la quatrième convention) d'un développement népérien et figuration numérique remarquablement simple des permutations clivées (420-421); examen des sommations possibles d'une infinité dénombrable de permutations P_k si on les range entre elles non point au type τ_ω, mais selon une permutation bien ordonnée quelconque Π des indices k (422-428), particulièrement si Π est clivée. Nous dirigeons le calcul quand Π est du type $\tau(\omega^2)$ (429-431).

Les résultats du Chapitre IV permettent l'utilisation immédiate des solutions données dans le Chapitre V au problème des suites canoniques. Les permutations canoniques, leur figuration arithmétique en résulteront aussitôt (431-432).

Les notions suivantes sont essentielles pour la recherche des suites canoniques.

Suites et successions régulières. — Une *suite* indénombrable et bien ordonnée Σ formée *de nombres* ordinaux de la classe II :

$$\varphi(1),\quad \varphi(2),\quad \ldots,\quad \varphi(\gamma),\quad \ldots \qquad [1 \leqq \gamma < \Omega,\ \omega \leqq \varphi(\gamma) < \Omega]$$

(Ω est le premier nombre de la classe III) est dite *régulière*, si elle est croissante et topologiquement fermée [pour γ de seconde espèce $\varphi(\gamma) = \lim_{\gamma' < \gamma} \varphi(\gamma')$].

Une infinité dénombrable de suites régulières Σ_k ou $\varphi_k(\gamma)$ ont en commun une suite régulière.

Soit $n = f_1(k|j)$ (première forme spéciale), $\psi_n(\gamma) = \varphi_k(\gamma)$, α_1 quelconque, α_{n+1} le plus petit nombre tel que $\psi_{n+1}(\alpha_{n+1}) \geqq \psi_n(\alpha_n)$ et $\alpha_{n+1} \geqq \alpha_n$; $\alpha \leqq \lim_{n<\omega} \alpha_n = \alpha$; $\varphi_k(\alpha)$ est indépendant de k.

Une *succession* indénombrable de *suites* Σ_δ où $\psi_\delta(\gamma)$ $(1 \leqq \delta, \gamma, \psi < \Omega)$ est dite *régulière* si : 1° toute suite Σ_δ est régulière; 2° $\Sigma_{\delta+1}$ est contenu dans Σ_δ, mais ne contient pas $\psi_\delta(1)$; 3° si δ est de seconde espèce Σ_δ est la suite commune aux $\Sigma_{\delta'}$ pour $\delta' < \delta$.

Les *itérées d'une suite régulière* S où $\varphi(\gamma)$ $(1 \leqq \gamma < \Omega)$ forment une succession régulière $S^{(\delta)}$ ou $\varphi^{(\delta)}(\gamma)$ $(1 \leqq \delta < \Omega)$ définie par : $\varphi^{(1)}(\gamma) = \varphi(\gamma)$; $\varphi^{(\delta+1)}(\gamma) = \varphi^{(\delta)}[\varphi(\gamma)]$.

J'appelle *itérée d'ordre* Ω la suite $\varphi^{(\Omega)}(\gamma) = \varphi^{(\gamma)}(1)$.

Si $s(1)$ est la suite des nombres de la classe II, son itérée d'ordre δ, notée $s(1+\delta)$ [soit $s(\delta)$ si $\delta \geqq \omega$] est $\omega \times \delta + \gamma$ $(0 \leqq \gamma < \Omega)$; $s(\Omega)$ est la suite $\omega \times \gamma$ $(1 \leqq \gamma < \Omega)$ des nombres de seconde espèce.

J'appelle *nœud* d'une suite régulière $\varphi(\gamma)$ tout nombre $\varphi(\gamma)$ égal à son rang γ. La suite des nœuds de S, notée S_2 ou $\varphi_2(\gamma)$ est la *nodale* de S. Elle est régulière. La *nodale d'ordre* δ $(1 \leqq \delta < \Omega)$, soit $\varphi_{1+\delta}(\gamma)$ est ainsi définie : $\varphi_1(\gamma) = \varphi(\gamma)$; $\varphi_{\delta+1}(\gamma)$ est la nodale de $\varphi_\delta(\gamma)$; et la succession des nodales est régulière. La suite $\varphi_\delta(1)$ $(1 \leqq \gamma < \Omega)$ sera la *nodale d'ordre* Ω de la suite $\varphi(\gamma)$.

Si $S(1)$ est la suite des nombres de la classe II, $S(\delta)$, nodale d'ordre $\delta - 1$ (δ fini) ou $\delta (\geqq \omega)$ est $\omega^\delta + \gamma$ $(0 \leqq \gamma < \Omega)$; $S(\Omega)$ est la suite ω^γ $(1 \leqq \gamma < \Omega)$.

La nodale d'ordre $\theta < \Omega$ *d'une suite régulière coïncide avec son itérée d'ordre* ω^θ.

ÉCONOMIE RURALE. — *La lutte contre la fièvre aphteuse. Données pratiques.* Note (*) de M. **Gaston Ramon**.

Nous avons fait connaître antérieurement ([1]) que l'Europe est aux prises depuis plus d'un an avec une épizootie très sévère de fièvre aphteuse. Actuellement, le bétail de France paie un lourd tribut à cette maladie puisque, au 15 février dernier, 82 de nos départements étaient infectés. Partie, semble-t-il, du Centre de l'Europe, la vague épizootique après avoir atteint et submergé l'Ouest, se retourne et se dirige maintenant vers l'Est. D'autre part, il y a quelques jours, il a été annoncé que le même fléau qui désole également l'Amérique du Sud a pénétré au Canada, lequel était depuis très longtemps indemne ([2]), et menace d'envahir les États-Unis; certaines régions d'Afrique du Nord et d'Asie ont également maille à partir avec lui. C'est donc un véritable cataclysme qui s'abat sur le cheptel mondial et ce n'est plus seulement à quelques centaines de milliards que l'on peut estimer les pertes qu'a entraînées et entraînera, au total, ce cataclysme universel ou presque, mais à des milliers de milliards de francs. Ainsi l'économie rurale du monde entier, déjà durement éprouvée, risque fort de l'être davantage dans le proche avenir.

Comme nous l'avons montré antérieurement ([3]), l'apparition de variantes ou de types différents de virus aphteux, au cours de l'épizootie régnante, complique la prophylaxie de la fièvre aphteuse et tout spécialement celle qui repose sur la vaccination spécifique. Aussi convient-il de réviser nos moyens de lutte et de les adapter aux problèmes de l'heure.

En nous appuyant sur les principes que nous avons rappelés et qui ont abouti aux résultats que l'on sait, dans la prophylaxie par les anatoxines, de la diphtérie épidémique, du tétanos, etc. ([4]), en tenant compte de l'expérience acquise par d'autres et par nous-même en matière d'immunisation en général et d'immunisation anti-aphteuse ([5]) en particulier, nous sommes conduit au sujet de cette dernière à faire, en premier lieu, les propositions suivantes en vue de l'obtention d'un vaccin et d'une méthode de vaccination possédant le maximum d'efficacité contre les types d'ultravirus aphteux et leurs variantes.

(*) Séance du 3 mars 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 777.

([2]) Ce foyer de fièvre aphteuse a éclaté dans le Saskatchewan, non loin de la frontière des États-Unis.

([3]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1010.

([4]) G. Ramon, *Le principe des anatoxines et ses applications*, Masson, Paris, 1949.

([5]) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 479; *Rev. de Pathol. Comp.*, 49, 1949, p. 384.

Techniques de la préparation du vaccin et de la vaccination. — A partir de souches de virus aphteux soigneusement sélectionnées et choisies spécialement pour leur pouvoir immunigène élevé, on préparera un *vaccin* trivalent correspondant aux trois types de virus O. A. C. Pour cette préparation on s'inspirera de la formule Waldmann-Schmidt. Cependant nous pensons que pour éviter les inconvénients signalés récemment par Michelsen (6), il y aurait lieu de faire agir le formol d'abord sur le virus, de façon à transformer ce dernier en un véritable anavirus avant son adsorption par l'hydroxyde d'aluminium, car, lorsqu'on fait agir le formol sur le mélange virus-hydroxyde, des élements de virus déjà adsorbés et qui ont ainsi échappé à l'action du formol risquent d'être libérés plus tard soit *in vitro* à la chambre froide, soit *in vivo*, lorsque le vaccin a été injecté à l'animal. Pour chaque constituant du vaccin trivalent, la *concentration en anavirus* devra être au moins égale à celle fixée pour le vaccin simple par la « Commission permanente pour l'étude de l'immunisation anti-aphteuse », laquelle fonctionne depuis plusieurs années sous l'égide de l'Office international des Épizooties (7). Pour assurer une plus grande stabilité du vaccin, on pourra faire entrer dans sa composition une certaine proportion de glycérine (8). Le vaccin une fois préparé, il est absolument indispensable, avant de le mettre en circulation, de *l'éprouver* dans chaque cas, dans chaque lot, quant à son innocuité et à son efficacité, à la fois chez le Cobaye et chez les Bovidés, selon les normes établies par la Commission internationale de l'immunisation anti-aphteuse. Il ne saurait être admis aucune dérogation, sous aucun prétexte que ce soit, à l'impérieuse nécessité du contrôle par des laboratoires officiels spécialisés, de chaque lot de vaccin anti-aphteux quel qu'il soit, avant sa mise en application dans la pratique.

La *vaccination* devrait comporter, selon nous, pour provoquer le développement d'une immunité solide et durable, deux injections sous-cutanées de vaccin trivalent à dix jours d'intervalle. Les injections seront faites sous la peau, sous un volume suffisant, par exemple 20 cm³. L'injection unique sous un volume réduit à 2 cm³ (dans le derme) telle qu'elle est souvent employée en Amérique Centrale et du Sud, ne confère qu'une immunité relativement faible et passagère, n'excédant guère, de l'aveu général, trois ou quatre mois, si bien que la vaccination ainsi effectuée doit être renouvelée pour assurer une certaine continuité de l'immunité, trois ou quatre fois par an, ce qui, on en conviendra, est fort peu pratique. Une *injection dite de rappel du vaccin trivalent* sera faite un an après les deux injections sous-cutanées constituant la vaccination initiale ou plus tôt, en cas, par exemple, de menace imminente de l'épizootie aphteuse.

Telle est la formule de *vaccin* et la *technique* de vaccination qui nous paraissent capables d'assurer, au mieux, l'immunisation active contre la fièvre aphteuse. Cependant, on ne doit pas se dissimuler les difficultés de l'application systématique, étendue à tous les animaux d'un même pays, comme la France, dans un but de prévention générale et permanente de la fièvre aphteuse, d'un procédé de vaccination ainsi compris et d'ailleurs de n'importe quel procédé. C'est pourquoi, on doit avoir recours non à une seule méthode mais à un véritable *système de lutte contre la fièvre*

---

(6) *Bull. Off. internat. des Épizooties*, 35, 1951, p. 644.

(7) On trouvera les comptes rendus et les résolutions de ces Conférences dans le *Bull. Off. internat. des Épizooties*, 27, 1947, p. 507; 31, 1949, p. 65 et 202; 35, 1951, p. 535-748.

(8) G. Ramon, J. P. Thiéry, R. Richou et Cl. Gerbeaux, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1678; 230, 1950, p. 1817.

aphteuse dans lequel entre bien entendu pour une part plus ou moins grande, la vaccination. Un tel système a été recommandé depuis longtemps déjà par l'Office International des Épizooties (⁹) à l'instigation, notamment de MM. Leclainche et Flückiger (¹⁰). Il a été appliqué, en Suisse, à différentes reprises et dans la période actuelle encore, avec succès; en effet, ainsi que nous l'avons signalé, la Suisse menacée de toutes parts par l'épizootie à caractère très envahissant qui sévit dangereusement en Europe a réussi, jusqu'ici, à s'en préserver.

Ce système consiste dans ses grandes lignes : 1° *à prendre des mesures sanitaires de précaution;* 2° *à déclarer* sans retard aux autorités qualifiées les cas de fièvre aphteuse confirmés ou soupçonnés; 3° *à abattre* sans délai, dès le diagnostic posé, les animaux des exploitations infectées comprises dans le foyer ou les foyers de fièvre aphteuse décelés. *L'abattage permet d'éteindre le foyer, d'empêcher la multiplication de l'ultravirus, et d'éviter l'apparition des variantes*; 4° *à désinfecter*, et à plusieurs reprises à l'aide de procédés appropriés (¹¹), les exploitations contaminées ou immédiatement menacées; 5° *à vacciner*, selon la formule indiquée, les troupeaux qui ont pu avoir un contact même indirect avec le ou les foyers primaires (vaccination en anneau aussi large que possible); 6° *à user des mesures restrictives* à l'égard du mouvement de personnes et de la circulation des animaux domestiques sensibles ou non à la fièvre aphteuse, du trafic des produits animaux, dans les zones infectées ou présumées telles (contrôle sévère du transport des animaux par chemin de fer, camions, etc.).

Il convient d'envisager spécialement les différentes éventualités qui peuvent se présenter : *a.* Sur un continent comme l'Australie ou dans des pays indemnes de fièvre aphteuse depuis une longue période d'années et n'étant pas directement menacés par le voisinage de contrées où la maladie sévit avec plus ou moins d'intensité, il y a lieu d'appliquer rigoureusement les règlements préventifs d'importation, de quarantaine, en usage et qui ont fait leurs preuves. Il importe de redoubler de vigilance dans des périodes comme celle actuellement traversée. *b.* Un pays étant menacé par l'existence, dans un autre pays limitrophe, de la fièvre aphteuse sous la forme épizootique, endémique ou simplement sporadique, il est expressément recommandé d'établir le long de la frontière commune une zone, un « cordon » *de protection, au moyen de la vaccination* des animaux réceptifs, pratiquée comme il a été indiqué plus haut avec application très stricte des mesures sanitaires. *c.* Un foyer ou plusieurs foyers apparaissent-ils dans un pays, alors le système décrit sera tout de suite mis complètement en œuvre, avec vigueur et rigueur : abattage, vaccination « en anneau » à l'aide du vaccin trivalent, mesures sanitaires, etc. (¹²). *d.* Cependant si le diagnostic de fièvre aphteuse n'est posé et connu qu'avec retard ou bien si les mesures sanitaires n'ont pas été prises en temps voulu ou ont été mal observées, de nombreux foyers peuvent s'installer et se propager de proche en proche à une vitesse

(⁹) Consulter à ce sujet les Recommandations faites par le Comité de l'Office international dans ses sessions annuelles depuis 1939 *in Bull. Off. internat. des Épizooties* 1939 à 1952.

(¹⁰) *Voir* notamment G. Flückiger, *Bull. Off. internat. des Épizooties*, 35, 1951, p. 719.

(¹¹) G. Ramon, *Bull. Off. internat. des Épizooties*, 36, 1952 (sous presse).

(¹²) Dans un pays comme l'Angleterre dont la situation insulaire est privilégiée, seuls l'abattage et les mesures sanitaires sont en usage à l'exclusion de la vaccination, lorsque de loin en loin apparaissent quelques foyers isolés et limités dans leur étendue.

accélérée. Dans ces conditions, l'abattage systématique de tous les animaux vivant dans ces foyers multiples devient difficile sinon impossible. Il reste la ressource de la vaccination autour de chaque foyer, ce qui suppose la constitution au préalable d'une réserve suffisante de vaccin dûment contrôlé. Ce n'est là toutefois qu'un pis aller dont le succès est aléatoire, nous en avons la preuve en ce moment en France et ailleurs.

Pour éviter le pire il est, avant tout, indispensable que chaque pays soit, en tout temps, organisé de telle façon qu'un diagnostic précoce de fièvre aphteuse puisse être posé dans le plus bref délai et porté rapidement à la connaissance des autorités vétérinaires nationales chargées de prendre toutes mesures adéquates et de les faire respecter. Il est également indispensable que chaque pays possède des laboratoires de recherches spécialement consacrés à l'étude des moyens de lutte contre cette calamité qu'est la fièvre aphteuse et à leur perfectionnement. Sur le plan international enfin, il est très important que l'éclosion et l'évolution de l'épizootie dans un pays déterminé soient signalées à tous les autres pays ([13]), afin que ceux-ci puissent prendre les précautions nécessaires pour s'en préserver.

Telles sont, accompagnées de certaines précisions et remarques, les *régles fondamentales* qui, dans l'état actuel de nos connaissances, paraissent les plus aptes à assurer dans la plupart des éventualités qui peuvent se présenter, la prophylaxie de la fièvre aphteuse. Elles doivent être observées et appliquées avec célérité, judicieusement et très énergiquement afin d'empêcher, dans le présent, l'extension et, dans l'avenir, le retour du fléau qui décime le bétail et qui en provoquant des pertes considérables, atteint et désorganise fâcheusement l'économie rurale mondiale.

PSYCHOPHYSIOLOGIE. — *Hypothèse cellulaire pour l'origine de la conscience psychologique.* Note de M. **Louis Lapicque**.

En janvier de l'année dernière, sous la présidence de notre Confrère Joseph Perez, s'est tenu à Paris un Colloque international sur le sujet suivant : « Les machines à calculer et la pensée humaine ». Le programme hardi indiqué par son titre a suscité des communications diverses qui ont donné lieu parfois à des discussions fort intéressantes; les comptes rendus de ces discussions malheureusement ne sont pas encore au point et seront publiés après un délai qu'on espère bref, mais qui, néanmoins, nous renvoie à un avenir un peu incertain pour un homme de mon âge. Je demande à l'Académie la permission de lui présenter *hic et nunc* quelques considé-

([13]) Tel est l'objet principal de l'Office international des Épizooties créé à cet effet en 1924, à Paris, sur l'initiative de M. E. Leclainche et qui, par nos soins, transmet à l'heure actuelle aussi souvent qu'il est nécessaire à plus de 100 pays les informations concernant l'apparition et la marche des maladies épizootiques et spécialement de la fièvre aphteuse.

rations qui me sont venues à l'esprit à la suite d'une de ces discussions, et qui me paraissent avoir un intérêt général.

Le colloque avait, tout au long de son déroulement, constaté qu'il y a réellement des analogies entre les dispositifs des circuits par lesquels les ingénieurs confèrent aux machines la possibilité de remplir leurs fonctions et les dispositifs des neurones dans les centres nerveux. Déjà dans la littérature étiquetée *cybernétique* qui, depuis quelques années, cultive cette comparaison, on parle de *cerveaux artificiels* (1). Mais ici doit se poser une question d'un autre ordre : est-ce que ces cerveaux artificiels possèdent la conscience ? ou, sous une forme plus large et plus intéressante, peut-on concevoir qu'une organisation suffisamment complexe pourrait faire naître la conscience dans un assemblage de pièces dépourvues de conscience ? Cette question ayant été explicitement jetée dans le débat par le Docteur Paul Chauchard, il y eut là-dessus une discussion animée, un peu confuse, sur laquelle, malheureusement, il ne subsiste que des notes lacunaires. L'impression laissée dans mon souvenir est que les biologistes, comme Chauchard lui-même, estimaient que la conscience est inséparable de la vie. Je m'étais sommairement déclaré d'accord avec cette façon de voir; c'était un sentiment plutôt qu'une opinion rationnelle. Au cours de l'année qui vient de s'écouler, mes réflexions se sont étendues et précisées dans le même sens.

Il me paraît nécessaire de distinguer complètement les machines et les cerveaux par la nature des éléments qui les constituent. Dans le second cas, il s'agit de neurones, ramifiés et s'articulant entre eux de manière à dessiner des circuits qui se révèlent, sous le microscope, après certains traitements; nous savons d'autre part que ces circuits, à l'état physiologique, sont capables d'engendrer et de conduire un principe d'activité suivant les directions et les contacts que nous apercevons. Le raisonnement analogique entre centres nerveux et machines fondé sur les connexions géométriques ainsi constatées est donc légitime. Mais les neurones sont des *cellules vivantes*. Il faut rappeler ce que comporte cette qualification.

Une cellule est une petite masse de protoplasma possédant des frontières déterminées. Pour les neurones précisément, il y a un peu plus d'un demi-siècle, et après un vif débat auquel ont pris part de nombreux anatomistes, en tête desquels Ramon y Cajal, la question a été tranchée en ce sens; malgré leurs ramifications compliquées qui s'entrecroisent, les éléments nerveux ne se fusionnent pas, mais sont contigus. Chacun de ces domaines protoplasmiques distincts est sous la dépendance d'un centre discernable au sein du protoplasma, le noyau cellulaire. L'importance du noyau avait été établie 10 ou 15 ans plus tôt (Nussbaum, Balbiani),

(1) M. L. Couffignal vient juste de publier un livre intitulé : *La Machine à penser*, Éditions de Minuit.

sur des organismes unicellulaires; en les coupant de manière à obtenir une partie sans noyau, on voit celle-ci, en un jour ou deux, se désagréger et disparaître, tandis que la partie ayant un noyau non seulement continue à vivre, à se nourrir, mais régénère ce qui lui avait été enlevé. Il en va de même pour chaque cellule, partie d'un organisme pluricellulaire, notamment pour les neurones (Waller, le père, 1852).

D'autre part, un tissu vivant est *irritable*, a dit Glisson dès le XVII[e] siècle. Après avoir été par Haller confondue avec la contractilité, l'irritabilité a été par Virchow généralisée en la définition suivante : processus *actif* qui apparaît à la suite d'une altération passive.

Waller le fils, au début de ce siècle, a trouvé sur toute espèce de tissu végétal ou animal, à la suite de n'importe quel traumatisme, une réaction électrique qu'il appelle *blaze-current*; avec M[me] Lapicque, en précisant les conditions requises pour son observation, j'ai reconnu qu'il s'agit d'une diminution du potentiel positif dont est chargée la surface de toute cellule vivante. Pour un nerf, cette réaction électrique devient l'influx nerveux et se communique à d'autres cellules.

Dans la plupart des tissus, l'irritation d'une cellule reste localisée; elle se révèle au microscope, mieux à l'ultramicroscope, par une diminution de transparence de son protoplasma; l'observation est facile, par exemple, sur une pelure d'oignon arrachée avec précaution, préservée de la dessiccation et touchée en un de ses points avec une aiguille. Cette perturbation colloïdale est l'apparence morphologique du *blaze-current* de Waller; elle est donc générale. Elle peut être le premier stade d'une fonction propre du tissu, telle que la contraction du muscle. Sur le tissu végétal où elle n'a pas des conséquences aussi violentes, on peut la voir, suivant l'intensité du traumatisme, soit évoluer vers la coagulation totale, c'est-à-dire la mort, soit rétrocéder, le protoplasma récupérant son homogénéité sous l'influence du noyau.

En conclusion, nous voyons que la cellule est un organisme en soi, avec une étendue définie, un centre qui lui est propre et une vie distincte de celle des cellules voisines. C'est *un individu*, et cet individu réagit d'une façon systématique quand il est l'objet d'une intervention de l'ambiance.

Dès lors, on peut demander : est-il doué de conscience ? Dans ce que nous venons de voir, rien ne l'indique. Mais jamais la conscience d'un autre être ne nous apparaît directement; même chez nos semblables, nous ne pouvons l'affirmer que par induction. A tout le moins, les constatations expérimentales que nous avons relevées, tendant à faire de la cellule une personne, laissent place à l'hypothèse d'une conscience cellulaire. Toutefois l'imagination résiste à une conception aussi éloignée de notre expérience ordinaire.

Je vais donc évoquer certaines manifestations cellulaires qui, observées dans des conditions favorables, donnent au contraire une impression

saisissante de vie psychique. Un globule blanc est capable de s'en aller, même en sortant des vaisseaux à travers leur paroi (diapédèse), à la recherche d'un microbe ou d'un fragment d'organe altéré qu'il doit détruire en l'absorbant et le digérant (phagocytose). Le laboratoire de Physiologie générale de la Sorbonne a dans ses collections un beau film que le Docteur Comandon, spécialiste bien connu de la cinématographie microscopique, a pris avec un certain ralenti, afin que le mouvement s'accélère à la projection. Plusieurs globules blancs ont été saisis en action. Je n'ai jamais projeté ce film, soit à mon cours, soit dans une conférence, sans que l'auditoire manifestât qu'il était profondément impressionné par la vue de ces monstres tumultueux, se heurtant, et bousculant les globules rouges pour se frayer passage dans la direction qu'ils semblaient avoir choisie.

Il serait aussi injustifié, sur la seule foi de cette impression, de leur attribuer une volonté, que de nier toute sensation à la cellule de parenchyme incapable de réagir autrement que par un changement de polarisation. Ce que nous savons des tropismes et des tactismes, théories largement fondées expérimentalement, permet de rapporter d'une façon satisfaisante ces mouvements à des mécanismes physicochimiques; on peut en reproduire certains traits sur une goutte d'huile rance. Il est raisonnable d'admettre que cette vie cellulaire, comme notre propre vie, comporte une face matérielle et une face psychologique. Ici, comme là, suivant l'expression d'un psychologue français prématurément disparu, Abel Rey, on mutile les faits si l'on néglige un de ces deux aspects essentiels.

Mais une goutte d'eau n'est pas l'image d'un fleuve; une conscience cellulaire ne peut pas être l'image de notre conscience. Celle-ci doit, conformément d'ailleurs à notre hypothèse de départ, résulter de l'intégration d'un grand nombre de tels éléments. Le principe de cette intégration soulève une difficulté théorique. Je reprendrai la question dans une prochaine Note.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les solutions élémentaires d'une équation aux dérivées partielles, à coefficients constants.* Note de M. **Jean Leray.**

Après avoir précisé la définition des solutions élémentaires, on donne [1] l'expression de celles d'entre elles qui résolvent un problème de Cauchy : ce sont des distributions [2], que Herglotz, Petrowsky, Gårding [3] avaient déterminées là où

---

[1] *Voir* pour plus de détails : J. Leray, *Symbolic calculus with several variables, projections and boundary value problems for differential equations* (*Institute for advanced Study*, Princeton).

[2] L. Schwartz, *Théorie des distributions*, 1 et 2, Hermann, Paris, 1951; les dérivées en $x_1, \ldots, x_l$ sont celles que définit cette théorie.

[3] I. Petrowsky, *Mat. Sbornik*, 2, 59, 1945, p. 289-370; L. Gårding, *Acta math.*, 85, 1951, p. 1-62.

elles sont des fonctions. On examine spécialement le cas homogène, où l'étude des solutions élémentaires est celle des périodes des intégrales abéliennes des sections hyperplanes d'une variété algébrique.

1. Soient X et Ξ deux espaces vectoriels duals, de dimension $l > 2$; soit $a(\xi)$ un polynome de degré m; soit $h(\xi)$ sa partie principale; soit $n = m - l$. On note $W(a)$ et $W(a, b)$ les variétés algébriques d'équations

$$a(\zeta) = 0 \quad \text{et} \quad a(\zeta) = b(\zeta) = 0,$$

où

$$\zeta = \xi + i\eta,\ \xi \text{ et } \eta \in \Xi \qquad (\xi = \text{partie réelle de } \zeta).$$

On note $\omega_a(\zeta, d\zeta)$ et $\omega_{a,b}(\zeta, d\zeta)$ des formes différentielles extérieures telles que

$$da(\zeta).\omega_a(\zeta, d\zeta) = da(\zeta).db(\zeta).\omega_{a,b}(\zeta, d\zeta) = d\zeta_1 \ldots d\zeta_l;$$

leurs restrictions respectives à $W(a)$ et $W(a, b)$ sont définies sans ambiguïté. On suppose $W(a)$ et $W(h)$ sans singularité autre que l'origine.

Les composantes connexes du complémentaire de l'adhérence de la projection réelle de $W(a)$ sont des domaines *convexes* Δ_α de Ξ; $\operatorname{Sup}_{\eta \in \Xi} |a^{-1}(\xi + i\eta)|$ est borné dans Δ_α; la transformation de Laplace montre que l'équation

$$a\left(\frac{\partial}{\partial x_1}, \ldots, \frac{\partial}{\partial x_l}\right) u(x) = v(x) \qquad (x \in X)$$

a une seule solution $u(x)$ telle que, pour tout $\xi \in \Delta_1$,

$$\| u(x) \exp(-x.\xi) \|_2 \leq \operatorname{Sup}_{\eta \in \Xi} | a^{-1}(\xi + i\eta) | . \| v(x) \exp(-x.\xi) \|_2,$$

il existe une *distribution* k_x, dite *solution élémentaire* de a relative à Δ_1, telle que

$$u(x) = k_x \star v(x).$$

Soit Γ_α le cône directeur de Δ_α; soit C_α le dual de Γ_α: $x \in C_\alpha$ si $x.\xi \geq 0$ pour tout $\xi \in \Gamma_\alpha$. L'intérieur de $\bigcup_\alpha \Gamma_\alpha$ est le plus grand ensemble ouvert tel que toute droite y pénétrant ne coupe $W(h)$ qu'en des points réels; sa frontière appartient à $W(h)$. Supposons-le *non vide*. Alors *deux* Γ_α *opposés*, soient Γ_1 et $\Gamma_2 = -\Gamma_1$, ont des points intérieurs; hors de C_1, $k_x = 0$, ce qui permet de résoudre un problème de Cauchy; hors de $C_2 = -C_1$ on a

$$(1) \qquad k_x = (2\pi i)^{1-l} f\left(\frac{\partial}{\partial x_1}, \ldots, \frac{\partial}{\partial x_l}\right) \int_\Omega f^{-1}(\zeta) \exp(x.\zeta)\, \omega_a(\zeta, d\zeta);$$

Ω est la partie de $W(a)$ dont la projection réelle appartient à un vecteur ξ^* joignant Δ_2 à Δ_1; l'orientation de Ω est telle que

$$i^{1-l}[\xi_1^* a'_1(\zeta) + \ldots + \xi_l^* a'_l(\zeta)].\omega_a(\zeta, d\zeta) > 0;$$

$f(\zeta)$ est un polynome de degré $> -n$, tel que Ω et ses points frontières à

l'infini soient hors de $W(f)$; le second membre de (1) ne dépend pas des choix de ξ^* et f.

2. *Cas où $a(\xi)$ est homogène.* — Soit $b(\zeta)$ une fonction linéaire, telle que $b(0) = -1$; soit dans $W(a, b)$ une chaîne à l dimensions $\Gamma(x)$ dépendant continûment de x, son bord $\beta\Gamma$ étant indépendant de x sauf au voisinage de $W(x.\zeta)$; soit $k_x(\Gamma)$ la distribution, fonction linéaire de Γ, définie par la formule

$$k_x(\Gamma) = f\left(\frac{\partial}{\partial x_1}, \ldots, \frac{\partial}{\partial x_l}\right) \int_{\Gamma(x)} f^{-1}(\zeta) \frac{(x.\zeta)^{n+q}}{(n+q)!} \omega_{a,b}(\zeta, d\zeta) \tag{2}$$

quand existe un polynome $f(\zeta)$, homogène de degré $q \geqq -n$, tel que $W(f) \cap \Gamma(x)$ soit vide au point x étudié : f existe si Γ est petit; modifier f, remplacer b par c et Γ par sa projection de centre O sur $W(a, c)$ ne change pas $k_x(\Gamma)$. Si $\Gamma(x)$ est un cycle de $W(a, b)$ mod. $W(a, x.\zeta, b)$, alors $k_x(\Gamma)$ ne dépend que de la classe d'homologie $h(x)$ de $\Gamma(x)$ et est noté $k_x(h)$; $k_x(h) = 0$ si h contient un cycle algébrique; *la classe d'homologie βh du cycle $\beta\Gamma$ de $W(a, x.\zeta, b)$ détermine $k_x(h)$ à un polynome près de degré n*; soit g un polynome homogène de degré $\pm(n+1)$ et $B \in \beta h$:

$$g\left(\frac{\partial}{\partial x_1}, \ldots, \frac{\partial}{\partial x_l}\right) k_x(h) = \int_B g(\zeta)\, \omega_{a,x.\zeta,b}(\zeta, d\zeta) \quad \text{si} \quad n+1 \geqq 0; \tag{3}$$

$$k_x(h) = g\left(\frac{\partial}{\partial x_1}, \ldots, \frac{\partial}{\partial x_l}\right) \int_B g^{-1}(\zeta)\, \omega_{a,x.\zeta,b}(\zeta, d\zeta) \tag{4}$$

si $n+1 \leqq 0$ et si $W(g) \cap B(x)$ est vide au point x étudié.

Hors de C_2, la solution élémentaire de a relative à Δ_1 est $(2\pi i)^{2-l} k_x(h)$, *$h(x)$ étant défini comme suit* : Si b est pair, $2h(x)$ contient le cycle que constitue la partie réelle de $W(a, b)$ orientée de façon que

$$(x.\zeta)[\xi_1^* a'_1(\zeta) + \ldots + \xi_l^* a'_l(\zeta)]\, \omega_{a,b}(\zeta, d\zeta) > 0 \quad (\xi^* \in \Delta_1);$$

$\beta h(x)$ contient la partie réelle de $W(a, x.\zeta, b)$ orientée de façon que

$$[\xi_1^* a'_1(\zeta) + \ldots + \xi_l^* a'_l(\zeta)]\, \omega_{a,x.\zeta,b}(\zeta, d\zeta) > 0 \quad (\xi^* \in \Delta_1).$$

Si l est impair, soit ξ^* un point réel de $W(x.\zeta, b)$; les points non réels ζ où les droites réelles issues de ξ^* coupent $W(a, x.\zeta, b)$ constituent un cycle de $\beta h(x)$, si on l'oriente comme suit :

$$\zeta = \xi^* + (i+\tau)\eta \quad (\tau, \text{ nombre réel}; \eta \in \Xi).$$
$$(i+\tau)^{l-2}[\xi_1^* a'_1(\zeta) + \ldots + \xi_l^* a'_l(\zeta)]\, \omega_{a,x.\zeta,b}(\zeta, d\zeta) < 0;$$

la définition de h est trop longue pour être donnée ici.

Nota. — La condition par laquelle Petrowsky exprime que x est dans une *lacune stable* doit être énoncée comme suit : $h(x)$ est l'image d'une classe d'homologie (algébrique si $n \geqq 0$) de $W(a, b)$.

Exemple. — (4) donne la solution élémentaire de $\partial^2/\partial x_1^2 - \partial^2/\partial x_2^2 - \ldots \partial^2/\partial x_l^2$:

$$k_x = \frac{1}{2\pi}\left(\frac{d}{\pi\, dR}\right)^{\frac{l-4}{2}} \delta(R),$$

où $R = x_1^2 - x_2^2 - \ldots x_l^2$, δ = mesure de Dirac; la dérivée est celle du calcul symbolique si l est impair.

M. **Jacques Duclaux** présente un livre qu'il vient d'écrire sous le titre de *Chimie populaire à l'usage des curieux*, dans lequel il essaie de montrer, dans un langage aussi simple que possible, ce que sont les buts, les méthodes et le rôle économique et social de la Chimie.

M. **Paul Lebeau** fait hommage d'un Ouvrage de M. **Henri Guérin** intitulé : *Traité de manipulation et d'analyse des gaz*, dont il a écrit la *Préface*.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Emmanuel de Martonne** : André Guilcher. *Le relief de la Bretagne méridionale de la Baie de Douarnenez à la Vilaine*. Thèse pour le doctorat ès lettres présentée à la Faculté des lettres de l'Université de Paris.

PLIS CACHETÉS.

M. **Etienne Wolff** et M[lle] **Katy Haffen** demandent l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 9 juillet 1951 et enregistré sous le n° 12859.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Sur une technique permettant la culture* in vitro *des gonades embryonnaires des oiseaux*.

(Renvoi à la Section d'Anatomie et Zoologie.)

DESIGNATIONS.

M. **Pierre Chevenard** est adjoint à la délégation précédemment désignée pour représenter l'Académie dans le Comité d'honneur du Centenaire de la naissance d'**Henri Moissan**, qui sera célébré au cours de l'année 1952.

MM. **Charles Jacob**, **Louis Fage**, **Roger Heim** sont désignés pour représenter l'Académie aux Cérémonies qui auront lieu les 19, 20 et 21 mars 1952, en l'honneur de l'**École Française d'Extrême-Orient**.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire des Techniques d'enregistrement, de transmission et de reproduction du son et des images du Conservatoire National des arts et métiers, pour la première ligne, M. *André Didier* obtient 42 suffrages contre 16 à M. *André Fournier*; il y a 1 bulletin blanc.

Pour la seconde ligne, M. *André Fournier* obtient 36 suffrages ; il y a 7 bulletins blancs et 4 bulletins nuls.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne................ M. **André Didier**.
En seconde ligne................ M. **André Fournier**.

CORRESPONDANCE.

M. **Louis Bazy** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de médecine et chirurgie, par le décès de M. *Henri Hartmann*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Royal Observatory, Greenwich. *Observations made with the Cookson floating zenith telescope in the years* 1927-1936 *at the Royal Observatory, Greenwich, and the determination of the variation of latitude and the constant of nutation from Observations in the years* 1911-1936, under the direction of H. Spencer Jones, Astronomer Royal.

2° Université de Belgrade. Faculté de médecine vétérinaire : *Acta veterinaria*, vol. I, fasc. 1.

THÉORIE DES RELATIONS. — *Sur certains systèmes de relations qui généralisent les systèmes de base finie*. Note (*) de M. **Roland Fraïssé**, présentée par M. Gaston Julia.

Automorphismes d'une multirelation [1]. Définition et propriétés des multirelations monotypes (qui comprennent en particulier les ordres et les ordres

(*) Séance du 25 février 1952.

(1) Ce terme est pris ici dans un sens différent de celui de deux Notes précédentes (*Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1793 et **233**, 1951, p. 342) où il était synonyme du terme « *polyrelation* » introduit auparavant (*Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1022).

cycliques infinis) et subfinies. Ces dernières sont liées aux types absolument déterminables précédemment introduits ([2]).

1. Nous considérons des relations à n arguments (fonctions prenant deux valeurs) définies sur un ensemble E appelé base. Soit un ensemble fini d'indices i, et n_i une suite d'entiers positifs; une *multirelation* M ([1]) est obtenue en associant à chaque i une relation A_i à n_i arguments, M peut être formée d'une seule relation. Si l'on restreint à une partie F de la base chacune des A_i, la multirelation M′ obtenue est dite la restriction de M à l'ensemble F. On dit que M est un prolongement de M′.

Soient M et M′ deux multirelations de bases E et E′, φ une application biunivoque de E sur E′. Si M et M′ prennent les mêmes valeurs quand on change chaque x en $\varphi(x)$, on dit que φ est un *isomorphisme* de M sur M′. Si, en outre, E et E′ ont une partie commune F dont φ conserve chaque élément, M et M′ sont dites *isomorphes relativement à* F. Supposons E′ identique à E : si φ est un isomorphisme de M sur elle-même, on dit que φ est un *automorphisme* de M, sinon φ *modifie* M. Les automorphismes de M forment un groupe de permutations de E.

Si une transposition (permutation de deux éléments a, b de la base) modifie M, elle modifie au moins une restriction finie de M, mais pas toujours la restriction aux seuls éléments a et b.

Les multirelations isomorphes entre elles sont dites de même *type*.

On démontre que, si une permutation φ modifie M, il existe au moins deux éléments a et b tels que l'on ait $\varphi(a) \neq a$, $\varphi(b) \neq b$, la transposition (a, b) modifiant M.

Si E est infini, on en déduit que le groupe des permutations de E qui ne modifient qu'un nombre fini d'éléments n'est le groupe d'automorphismes d'aucune multirelation de base E.

2. Soit M une multirelation de base infinie E, et F une partie finie de E. Supposons que pour chaque entier n, les restrictions de M à deux ensembles obtenus chacun en ajoutant à F des éléments quelconques de E en nombre n soient isomorphes relativement à F. Nous dirons que M est *monotype relativement à* F, ou *monotype*-F (F peut être vide). S'il existe un F tel que M soit monotype-F, nous dirons que M est *monotype*.

Citons quelques exemples : soit J un ordre infini qui ait au moins p premiers et q derniers éléments a (p, q éventuellement nuls). J considéré comme une relation à deux arguments est monotype relativement à l'ensemble des a, et ne l'est que relativement à des ensembles ainsi définis. Un ordre cyclique infini K (relation à trois arguments) est monotype relativement à tout ensemble fini (éventuellement vide) d'éléments consécutifs dans K.

([2]) Ces notions ont été introduites (*Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1557) pour des *polyrelations* dont les multirelations de la présente Note sont des cas particuliers.

On démontre ce qui suit :

1° Si une multirelation est monotype relativement à F et à G, elle l'est relativement à l'intersection $F \cap G$.

2° Étant donné une multirelation M de base infinie E et une partie finie F de E, il existe au moins une restriction de M dont la base est dénombrable et contient F, et qui est monotype-F (F peut être vide).

3° Étant donné une multirelation M de base infinie, un entier r et une puissance $\mathfrak{P}$, il existe au moins une multirelation monotype dont la base soit de puissance $\mathfrak{P}$ et qui ait avec M les mêmes types de restrictions à r éléments.

Lorsque deux multirelations ont les mêmes types de restrictions finies et que l'une d'elles est monotype-F, nous ignorons si l'autre est toujours monotype; mais il en est évidemment ainsi lorsque F est vide.

3. Une multirelation M de base infinie E sera dite *subfinie relativement à une partie finie* F de E, ou *subfinie*-F, si toute permutation de E qui conserve chaque élément de F est un automorphisme de M. S'il existe un F tel que M soit subfinie-F, nous dirons que M est *subfinie*. On démontre les propositions suivantes :

1° Soit N une multirelation dont la base est une partie finie F de E; il existe un prolongement de N de base E et subfini-F.

2° Toute multirelation M subfinie-F est monotype-F. En ce cas, si elle est aussi monotype-F′, elle est subfinie F′. Cependant, il existe des multirelations monotypes qui ne sont pas subfinies. C'est le cas des ordres et des ordres cycliques infinis.

3° Si M est subfinie-F, elle est subfinie-F′ pour toute partie finie F′ de la base qui contient F.

4° Pour qu'une multirelation soit subfinie, il faut et suffit que chacune de ses relations soit subfinie.

5° Les types de relations subfinies à n arguments dont la base est de puissance donnée sont au plus en infinité dénombrable.

6° Pour qu'une multirelation dénombrable M soit subfinie, il faut et suffit que les multirelations isomorphes à M et de même base soient au plus en infinité dénombrable.

7° Pour qu'une multirelation M de base infinie E soit subfinie, il faut et suffit qu'il existe un entier r tel que toute multirelation de base E ayant avec M les mêmes types de restrictions à r éléments soit isomorphe à M.

L'énoncé 2, 1° (mais non les 2, 2° et 3°) subsiste si l'on y remplace « monotype » par « subfinie ». Les énoncés 3, 3°, 4°, 5° ne subsistent pas si l'on y remplace « subfinie » par « monotype ».

4. Utilisons les notions de *type absolument déterminable* et de *degré*

absolu définies dans une Note précédente (²). De la proposition 3, 7° ci-dessus, on déduit l'énoncé suivant :

Pour que le type d'une multirelation M *soit absolument déterminable et de degré absolu égal à* 1, *il faut et suffit que* M *soit subfinie ou de base finie.*

THÉORIE DE LA MESURE. — *Mesure et prétopologie. Les théorèmes forts de Vitali établis sous des conditions de limitation locale de la dilatation en halo.* Note (*) de M. **Christian Pauc**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Les notions fondamentales d'ensemble-noyau et d'ensemble-enveloppe de M. Denjoy (¹) sont à la base de la conception d'une prétopologie attachée à une base de dérivation selon de Possel. Ainsi que l'a préconisé M. O. Haupt, celle-ci peut remplacer une topologie absente. Ces idées sont illustrées sur l'exemple des théorèmes forts de Vitali (²) par une synthèse Denjoy-A. P. Morse.

1. Notations et définitions. — μ désigne une mesure numérique finie ou dénombrablement infinie, définie sur une σ-algèbre booléenne $\mathfrak{M}$ de sous-ensembles d'un ensemble **R** dont **R** est l'unité, et complète, $\mathfrak{N}$ le σ-idéal des ensembles N de mesure nulle, μ-ext. la mesure extérieure déduite de μ, $X^{\times}$ l'enveloppe mesurable de l'ensemble X. A tout point x d'un sous-ensemble E de **R** sont attachées des *suites* au sens de Moore-Smith d'ensembles de $\mathfrak{M}$, dits *constituants*, de mesure positive finie envisagées comme *convergeant sur* x, toute sous-suite confinale d'une suite convergeant sur x convergeant elle-même sur x. Le point x est dit *totalement intérieur* à l'ensemble X, si pour toute suite M_ι convergeant sur x, il existe un index ι', tel que $(\iota > \iota') \to (M_\iota \subseteqq X)$. L'ensemble des points totalement intérieurs à X est désigné par I(X). L'ensemble des points x tels qu'il existe au moins une suite convergeant sur x dont tous les constituants rencontrent X est représenté par F(X). Nous définissons les ensembles *ouverts* **D** (*enjoy*) *externes* G et les ensembles *fermés* **D** *externes*. A par les relations $E.G \subseteqq I(G) (\bmod \mathfrak{N})$ et $E.A \supseteqq F(A) (\bmod \mathfrak{N})$ respectivement.

Les ensembles G définissent une pseudotopologie suivant Nikodym (³) dite *pseudotopologie externe*. Les traces des ensembles G (resp. A) sur E sont désignées génériquement par O (resp. C) et appelées ensembles *ouverts* (resp. *fermés*) **D** *internes*; il leur correspond la *pseudotopologie interne*. La base de dérivation définie par les suites ponctuellement convergentes est notée $\mathfrak{B}$, l'ensemble des constituants $\mathfrak{S}$. Un *recouvrement* $\mathfrak{B}$-*fin* d'un ensemble X est une

(*) Séance du 25 février 1952.

(¹) *Amer. J. Math.*, 73, 1951, p. 345.

(²) Bibliographie dans Hahn-Rosenthal, *Set Functions*, Albuquerque, 1948, p. 267-268 et dans Haupt-Pauc, *Sitz. Ber. Bayer. Akad. Wiss.*, 1950, p. 188.

(³) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 16. Cf. *loc. cit.* en (¹), p. 345-349.

famille $\mathcal{V}$ de constituants telle qu'en presque tout point x de X, il existe une suite convergeant sur x dont les constituants appartiennent à $\mathcal{V}$. La *fonction auxiliaire* Δ *de A. P. Morse* ou *fonction de désenchevêtrement* est une fonction (finie) positive définie sur $\mathcal{S}$, par ailleurs indéterminée. α étant un nombre fixé $\geqq 1$, le *halo de A. P. Morse* $H(V_0)$ d'un constituant V_0 dit *noyau* est l'union de tous les constituants V de la base rencontrant V_0 et satisfaisant à $\Delta(V) \leqq \alpha . \Delta(V_0)$.

2. Théorèmes du type Vitali-Banach. — Hypothèse commune à 2.1 et 2.2 : Pour toute suite M convergeant sur x il existe un indice ι^* tel que $(\iota > \iota^*) \rightarrow (x \in M_\iota)$.

2.1. Théorème restreint. — *Hypothèses :* X est un sous-ensemble de E inclus dans un ensemble G de mesure extérieure finie. $\mathcal{V}$ est un recouvrement $\mathfrak{B}$-fin de X dont les constituants sont des ensembles A. (Limitation *uniforme* de Δ et de la dilatation en halo). Il existe une fonction Δ bornée, un $\alpha > 1$ et un $\lambda > 0$ tels que, pour tout V de $\mathcal{V}$, μ-ext. $H(V) < \lambda . \mu(V)$. *Conclusion :* Toute famille finie d'ensembles disjoints de $\mathcal{V}$ peut être prolongée en une famille dénombrable d'ensembles disjoints de $\mathcal{V}$ recouvrant X (mod $\mathfrak{N}$).

2.2. Théorème I. *Hypothèses :* (G) *Tout sous-ensemble de* E *de mesure extérieure finie est inclus dans un ensemble* G *de mesure extérieure finie.* (A) *Les constituants de* $\mathfrak{B}$ *sont des ensembles* A. (H_α) *Il existe un* $\alpha > 1$ *et une fonction* Δ *telle que, en presque tout point* x *de* E, $\limsup[\Delta(V) + (\mu\text{-ext}. H(V)/\mu(V))] < \infty$, *le passage à la limite se rapportant aux suites convergeant sur* x. *Conclusion :* $\mathfrak{B}$ *possède la* propriété forte de Vitali réduite, *c'est-à-dire : Pour tout sous-ensemble* X *de* E *et tout recouvrement* $\mathfrak{B}$*-fin* $\mathcal{V}$ *de* X, *il existe une famille dénombrable d'ensembles disjoints de* $\mathcal{V}$ *recouvrant* X (*mod* $\mathfrak{N}$).

2. Théorèmes du type Vitali-Carathéodory. — 3.1. Théorème restreint. — *Hypothèses* : (A) Les constituants de $\mathfrak{B}$ sont des ensembles A. (L) Si $\mathcal{U}$ est un recouvrement $\mathfrak{B}$-fin d'un sous-ensemble X de E de mesure extérieure finie positive, pour tout $\varepsilon > 0$, il existe une famille dénombrable $\{U_i\}$ d'ensembles de $\mathcal{U}$ recouvrant X (mod $\mathfrak{N}$) avec un excès $\mu(\cup U_i - X^\times) < \varepsilon$. (UH_1). Il existe une fonction Δ bornée et un $\lambda > 0$ tels que pour tout V de $\mathcal{S}$ et $\alpha = 1$, μ-ext. $H(V) < \lambda . \mu(V)$. *Conclusion* : Quels que soient le sous-ensemble X de E de mesure extérieure finie, le recouvrement $\mathfrak{B}$-fin $\mathcal{V}$ de X et $\varepsilon > 0$, toute famille finie $W_1, \ldots, W_p$, d'ensembles disjoints de $\mathcal{V}$ débordant de X de moins de ε [c'est-à-dire $\mu(S - S . X^\times) < \varepsilon$ où $S = W_1 + \ldots + W_p$] peut être prolongée en une famille dénombrable d'ensembles disjoints de $\mathcal{V}$ recouvrant X (mod $\mathfrak{N}$) avec un excès $< \varepsilon$.

3.2. Théorème II. — *Hypothèses* : (A) *et* (L) *comme dans* 3.1. (H_α) *de* 2.2 *pour* $\alpha = 1$. *Conclusion :* $\mathfrak{B}$ *possède la* propriété forte de Vitali, *c'est-à-dire : Pour tout sous-ensemble* X *de* E, *tout recouvrement* $\mathfrak{B}$*-fin* $\mathcal{V}$ *de* X *et tout* $\varepsilon > 0$, *il existe une famille dénombrable d'ensembles disjoints de* $\mathcal{V}$ *recouvrant* X(mod $\mathfrak{N}$) *avec un excès* $< \varepsilon$.

ALGÈBRE. — *Sur la limite inférieure l_0 des valeurs de l pour la validité de la postulation régulière d'une variété algébrique.* Note (*) de M. **Federico Gaeta**, présentée par M. Gaston Julia.

La détermination de la fonction de Hilbert d'un idéal homogène $\mathfrak{A}$ de $K[x_0, x_1, \ldots, x_n]$ (K corps commutatif de caractéristique nulle) est ramenée à celle des bases (*minima*) des modules de syzygies, données par les colonnes des matrices U_{1s_1}, $U_{s_1 s_2}$, ..., U_{s_{k-1}, s_k}, k étant la longueur de la chaîne syzygétique [1].

D'après Ostrowski [2] on peut substituer aux syzygies de classe $i(=1, 2, \ldots, k)$ certaines formes (que nous appellerons *formes d'Ostrowski* de classe i), homogènes *par rapport à l'ensemble des indéterminées* de i nouvelles séries $y_i = (y_{i0}, \ldots, y_{in})$, $[y_1 = x = (x_0, \ldots, x_n)]$ définies de la manière suivante :

a. Les formes de la première classe coïncident avec celles de $\mathfrak{A}$.

b. Les formes $F(y_1; y_2; \ldots; y_i)$ de classe $i(>1)$ s'annulent identiquement lorsqu'on remplace formellement $y_i = y_{i-1}$:

$$F(y_1; y_2; \ldots; y_{i-1}, y_{i-1}) = 0. \tag{1}$$

c. Les formes de classe i constituent un module fini par rapport à $K[y_{i0}, y_{i1}, \ldots, y_{in}]$ ayant s_i formes génératrices :

$$F_{ij}(y_1, y_2, \ldots, y_i) \qquad (j = 1, 2, \ldots, s_i). \tag{2}$$

Par rapport à cette base on définit les formes de classe $i+1$, comme des formes *homogènes par rapport à l'ensemble des indéterminées* des séries $y_1, y_2, \ldots, y_{i+1}$, combinaisons linéaires des formes (2) avec coefficients de $K[y_{i+1,0}, \ldots, y_{i+1,n}]$ satisfaisant la condition (1). Évidemment les composantes de ces combinaisons constituent une syzygie de classe $i+1$.

Nous rangeons les formes bases des formes d'Ostrowski de classe i selon leurs degrés non décroissants : $n_{i1} \leqq n_{i2} \leqq \ldots \leqq n_{is_i} (i = 1, 2, \ldots, k)$.

Dans cette Note nous appliquons ces invariants projectifs n_{ij} de $\mathfrak{A}$ à la détermination d'une limite inférieure l_0 des valeurs de l pour lesquelles la fonction caractéristique $\chi(l)$ de $\mathfrak{A}$ prend sa forme polynomiale régulière. Cette limite est la plus petite possible pour une vaste catégorie d'idéaux de grand intérêt géométrique.

(*) Séance du 3 mars 1952.

(1) Hilbert, *Math. Annalen*, 36, 1890. On trouve une exposition moderne et très simplifiée en Gröbner, *Moderne algebraische Geometrie*, Springer, Wien, 1949.

(2) *Abh. math. Semin.*, Hamburg, Bd. 1, 1922.

2. La fonction caractéristique $\chi(l)$ de $\mathfrak{A}$ est donnée par la formule

$$\chi(l) = \binom{l+n}{n} - \sum_{j=1}^{j=s_1} \overline{\binom{l-n_{1j}+n}{n}} + \sum_{j=1}^{j=s_2} \overline{\binom{l-n_{2j}+n}{n}} - \ldots + (-1)^k \sum_{j=1}^{j=s_k} \overline{\binom{l-n_{kj}+n}{n}} \tag{3}$$

valable pour tous les entiers $l = 1, 2, \ldots$; *lorsque l'on définit les symboles* $\overline{(\quad)}$ *par la convention suivante :*

$$\begin{cases} \overline{\binom{l-n_{ij}+n}{n}} = \binom{l-n_{ij}+n}{n} & \text{pour } l \geqq n_{ij}, \\ \overline{\binom{l-n_{ij}+n}{n}} = 0 & \text{pour } l < n_{ij}. \end{cases} \tag{3}$$

On reconnaît très aisément que

$$\overline{\binom{l-n_{ij}+n}{n}} = 0 = \binom{l-n_{ij}+n}{n}$$

pour $l = n_{ij}-1,\ n_{ij}-2,\ \ldots,\ n_{ij}-n$, mais $\overline{\binom{l-n_{ij}+n}{n}} = 0 \neq \binom{l-n_{ij}+n}{n}$ pour $l = n_{ij}-n-1$ ([3]).

Par conséquent la fonction $\chi(l)$ prend sa valeur régulière pour $l \geqq l_0$ où $l_0 = \max n_{ij} - n$ $(i = 1, 2, \ldots, k;\ j = 1, 2, \ldots, s_i)$.

Supposons maintenant que $k > 1$, et en outre que *étant donné un* n_{ij} $(i < k)$ *il existe toujours quelque* $n_{i+1,h} > n_{ij}$. Cette hypothèse est équivalente à la *non-existence d'une* $U_{s_i s_{i+1}}$ *avec la dernière ligne constituée uniquement des formes nulles*. Elle est toujours remplie par les deux premières matrices U_{1s_1}, $U_{s_1 s_2}$.

Alors l'invariant n_{ij} maximum appartient évidemment à la classe k; il est donc égal à n_{ks_k} et nous avons

$$l_0 = n_{ks_k} - n.$$

([3]) La formule (3) (avec les symboles combinatoires ordinaires) n'était pas écrite explicitement dans le mémoire de Hilbert cité; il la considérait comme provisoire, pour établir ensuite la formule de postulation régulière. La convention du texte a été déjà utilisée par Severi (*Rend. Circ. Mat. Palermo*, **17**, 1903) pour les intersections complètes et récemment par l'auteur pour les variétés parfaites V_{n-2} de S_n (*Annali di Mat.*, 1950). La considération des n_{ij} permet d'établir sa validité générale. *Cf.* avec la *fonction génératrice* d'Ostrowski $H(x) = \sum_{l=0}^{\infty} \chi(l) x^l$, $(\chi(0) = 1)$, dont

$$H(x) = \frac{g(x)}{(1-x)^{n+1}}, \quad \text{où} \quad g(x) = 1 - \sum_{i=1}^{i=k} (-1)^{i-1} \sum_{j=1}^{s_i} x^{n_{ij}} \quad [\textit{loc. cit.} \text{ en } (^2)].$$

D'autre part, on vérifie $l_0 - 1 \geqq n_{ij}$ $(i < k)$, donc il y a une différence non nulle entre $\chi(l_0 - 1)$ et sa valeur régulière.

Pour $k = 2$, on vérifie toujours cette hypothèse, donc l_0 est la limite la plus petite possible de la postulation régulière d'une variété parfaite de dimension $n - 2$ de S_n comme nous l'avons démontré ailleurs ([4]).

Pour une variété V_d $(0 \leqq d \leqq n - 2)$ de S_n, intersection complète de $n - d$ hypersurfaces d'ordre $m_1, m_2, \ldots, m_{n-d}$ $k = n - d$, et l'on vérifie l'hypothèse introduite, s_i étant égal à (k/i); alors nous avons

$$n_{ks_k} = m_1 + m_2 + \ldots + m_k,$$

donc $l_0 = m_1 + m_2 + \ldots + m_k - n$, bien d'accord avec la propriété géométrique bien connue que les hypersurfaces d'ordre $l_0 - 1$, découpent sur la V_d (supposé irréductible, non singulière) le système canonique complet.

ALGÈBRE. — *Sur une méthode de détermination du domaine des zéros de certains polynomes récurrents.* Note de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Henri Villat.

Nous nous proposons de définir le domaine des zéros des polynomes $P_n(x)$ définis par la relation de récurrence

$$(1) \quad f_1(n+1) f_1(n) P_n(x) + f_1(n)[\varphi(n) - x] P_{n-1}(x) + A P_{n-2}(x) = 0, \qquad A = \text{const.} > 0,$$

avec $P_0 = 1$, $P_{-1} = 0$, relation où $\varphi(n)$ est une fonction réelle de l'indice n, $f_1(n)$ une fonction réelle et positive de ce même indice.

Considérons les polynomes $P_n(x)$ définis par la relation plus générale

$$(2) \quad f_1(n+1) P_n(x) + [\varphi(n) - x] P_{n-1}(x) + f_2(n) P_{n-2}(x) = 0$$

avec $P_0 = 1$, $P_{-1} = 0$; $\varphi(n)$, $f_1(n)$ et $f_2(n)$ étant des fonctions réelles de n, $f_1(n)$ et $f_2(n)$ étant de plus positives.

Il est facile de montrer que les zéros des polynomes $P_n(x)$ satisfaisant à la relation (2) sont les valeurs caractéristiques de la matrice

$$M = \begin{pmatrix} \varphi(n) & f_2(n) & 0 & 0 & \ldots & 0 & 0 & 0 \\ f_1(n) & \varphi(n-1) & f_2(n-1) & 0 & \ldots & 0 & 0 & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \ldots & f_1(3) & \varphi(2) & f_2(2) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \ldots & 0 & f_1(2) & \varphi(1) \end{pmatrix}.$$

Cette matrice se présente sous la forme d'un continuant et ses valeurs caractéristiques sont *réelles* car une transformation $H^{-1}MH$ où H est une

---

([4]) Gaeta, *loc. cit.*

matrice diagonale à éléments réels $a_{ii}(i=1, 2, \ldots, n)$ la transpose en une matrice M_1 symétrique; cette matrice M_1 peut s'écrire

$$M_1=\begin{pmatrix} \varphi(n) & \sqrt{f_1(n)f_2(n)} & 0 & \ldots & 0 & 0 \\ \sqrt{f_1(n)f_2(n)} & \varphi(n-1) & \sqrt{f_1(n-1)f_2(n-1)} & \ldots & 0 & 0 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ 0 & 0 & 0 & \ldots & \sqrt{f_1(2)f_2(2)} & \varphi(1) \end{pmatrix}.$$

Les zéros de $P_n(x)$ sont donc réels.

Cette matrice M_1 peut être considérée comme la somme de deux matrices symétriques, l'une M'_1, diagonale, d'éléments $\varphi(k)$, $k=1, 2, \ldots, n$, l'autre M'_2 déduite de M_1 par suppression des éléments diagonaux $\varphi(k)$; nous représenterons par $\lambda_{k'}(k'=1, 2, \ldots, n)$ les valeurs caractéristiques de M'_2.

D'après un théorème de M. Lidskii [1], il apparaît alors que les valeurs caractéristiques de M_1, c'est-à-dire les zéros de $P_n(x)$, sont compris entre les valeurs extrêmes de l'expression

$$\varphi(k)+\lambda_{k'} \qquad (k, k'=1, 2, \ldots, n).$$

Le cas des polynomes définis par l'équation (1) correspond à celui où les fonctions $f_1(n)$ et $f_2(n)$ satisfont à la relation

$$\sqrt{f_1(n)f_2(n)}=\sqrt{A} \qquad (A=\text{const.}>0).$$

Dans ces conditions, les valeurs caractéristiques de M'_2 sont

$$2\sqrt{A}\cos\frac{k'\pi}{n+1} \qquad (k'=1, 2, \ldots, n).$$

Ainsi les zéros des polynomes récurrents définis par (1) sont compris entre les valeurs extrêmes de l'expression

$$\varphi(k)+2\sqrt{A}\cos\frac{k'\pi}{n+1} \qquad (k, k'=1, 2, \ldots, n).$$

Comme application particulière des résultats précédents, il est manifeste que les zéros des polynomes définis par la relation

$$P_n(x)+[\varphi(n)-x]P_{n-1}(x)+P_{n-2}(x)=0$$

sont situés entre les valeurs extrêmes de l'expression

$$\varphi(k)+2\cos\frac{k'\pi}{n+1} \qquad (k, k'=1, 2, \ldots, n).$$

---

(1) *Doklady Akad. Nauk. S. S. S. R.* (N. S.), 75, 1950, p. 769.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Sur l'influence de la longueur dans le phénomène de la déchirure semi-fragile.* Note de M. **Henri de Leiris**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Comme on pouvait le prévoir en considérant l'énergie potentielle élastique, les résultats obtenus dans le domaine de la déchirure semi-fragile de l'acier sur des éprouvettes de traction entaillées accusent une nette influence de la longueur, dont l'accroissement favorise la rupture prématurée par le travers des entailles.

Le rôle de l'énergie potentielle élastique dans le phénomène de la déchirure semi-fragile n'est plus contesté actuellement.

Comme conséquence de ce rôle, j'ai précédemment [1] signalé que, pour que ledit mode de rupture pût être observé dans une éprouvette de traction, il fallait à celle-ci un minimum de longueur; ce résultat vient d'être retrouvé par le calcul [2].

A titre de démonstration directe, l'expérience suivante a été faite.

Dans une bande de tôle en acier doux de 30 mm d'épaisseur, ont été prélevées en long, d'une part sept éprouvettes courtes (longueur calibrée : 273 mm), d'autre part trois éprouvettes longues (longueur calibrée : 4185 mm). Toutes ces éprouvettes ont 38 mm de largeur, leurs deux cans étant à mi-longueur entaillés au profil Izod (entaille à 45°, de 3 mm de profondeur, avec, à fond d'entaille, un arrondi au rayon de 0,25 mm).

Les résultats de l'essai de traction sont donnés dans le tableau ci-dessous (une éprouvette courte a été perdue par suite d'un glissement intempestif dans les mors de la machine, en cours d'essai).

Température (°C).	Repère.	Résistance rapportée à la section initiale à fond d'entaille (kg : mm²).	Allongement rapporté à la longueur calibrée initiale (%).
—17	L 3	42,3	7,65
	C 5	49,6	7,7
0	L 2	42	6,95
	C 1	52,2	10,2
	C 6	49,6	11,6
17	C 7	48,9	11,6
18,5	C 2	51,4	11
30	L 1	46	6,2
	C 3	57	10,2

(1) *Bull. A. T. M. A.*, 48, 1949, Mémoire, n° 919.

(2) G. R. Irwin et J. A. Kies, *Fracturing and Fracture Dynamics* (Article en instance de publication dans le *Welding Journal* de *l'American Welding Society*).

Discussion. — Les deux types d'éprouvettes se différencient : 1° par leur longueur; 2° par le temps que prend la machine pour en produire la rupture, soit environ 4 mn pour l'éprouvette courte et 30 mn pour l'éprouvette longue; 3° par les valeurs plus faibles obtenues sur l'éprouvette longue tant pour la résistance que pour l'allongement (³), c'est-à-dire par la rupture prématurée de cette éprouvette.

En revanche, dans tous les cas, le faciès de cassure est semi-fragile, avec seulement un étroit ménisque à nerf au fond de celle des deux entailles d'où procède la cassure.

La longueur de l'éprouvette ne peut intervenir ici par effet statistique (⁴), la section de rupture étant fixée *a priori* et de même aire dans tous les cas.

La longueur des éprouvettes courtes reste d'ailleurs suffisante pour que la distribution des tensions y soit, dans la section entaillée, exactement la même que sur les éprouvettes longues.

Quant à la vitesse d'essai, elle ne semble pas, dans les limites où elle a varié, avoir pu jouer de rôle majeur : en particulier, un effet de fragilité d'hydrogène n'est pas à retenir, en raison de la date ancienne de la fabrication de la tôle, qui remonte à plus de trois ans.

Dans ces conditions, l'expérience relatée montre bien que l'accroissement de la longueur de l'éprouvette de traction favorise sa rupture prématurée par déchirure semi-fragile. Cependant, dans les conditions où elle a eu lieu, elle n'a pas permis de mettre en évidence la longueur critique, déterminant l'apparition de la déchirure semi-fragile.

HYDRAULIQUE. — *Sur l'étude des vannes de fond à partir des grandeurs réduites.* Note (*) de M. ETIENNE CRAUSSE, transmise par M. Charles Camichel.

Expression réduite de l'énergie spécifique et de l'impulsion totale d'un courant noyé. Extension au problème des vannes de fond. Étude graphique des propriétés de ces vannes à partir de paramètres adimensionnels. Cas d'ouvrages semblables.

Dans un canal uniforme sensiblement horizontal et de section rectangulaire, considérons une vanne de fond de largeur égale à celle du canal, soulevée de A au-dessus du fond (*fig.* 2). Dans le plan S_1 de la section contractée de la veine, l'épaisseur de celle-ci est de la forme $a = mA$ (m, coefficient de contraction) et la hauteur d'eau est posée égale à na. Si l'on admet que dans S_1 la veine est à filets parallèles, que l'énergie globale du courant est localisée dans cette

(³) Précisons que l'écart sur l'allongement est trop important pour s'expliquer seulement par l'incidence de la perturbation locale due à l'entaille.

(⁴) *Cf.* par exemple B. EPSTEIN, *J. Appl. Phys.*, 19, n° 2, 1948.

(*) Séance du 3 mars 1952.

veine, et que la répartition des pressions est hydrostatique sur toute la hauteur na, les expressions de l'énergie spécifique E_1 et de l'impulsion totale F_1 du courant dans S_1 s'écriront, en négligeant l'effet de l'inégale répartition des vitesses dans la veine :

$$E_1 = \frac{q^2}{2ga^2} + na, \qquad F_1 = \frac{q^2}{ga} + \frac{n^2a^2}{2},$$

q étant le débit unitaire. Introduisant les valeurs réduites, ou valeurs rapportées à la profondeur critique $h_c = (q^2/g)^{1/3}$, leurs symboles étant conventionnel-

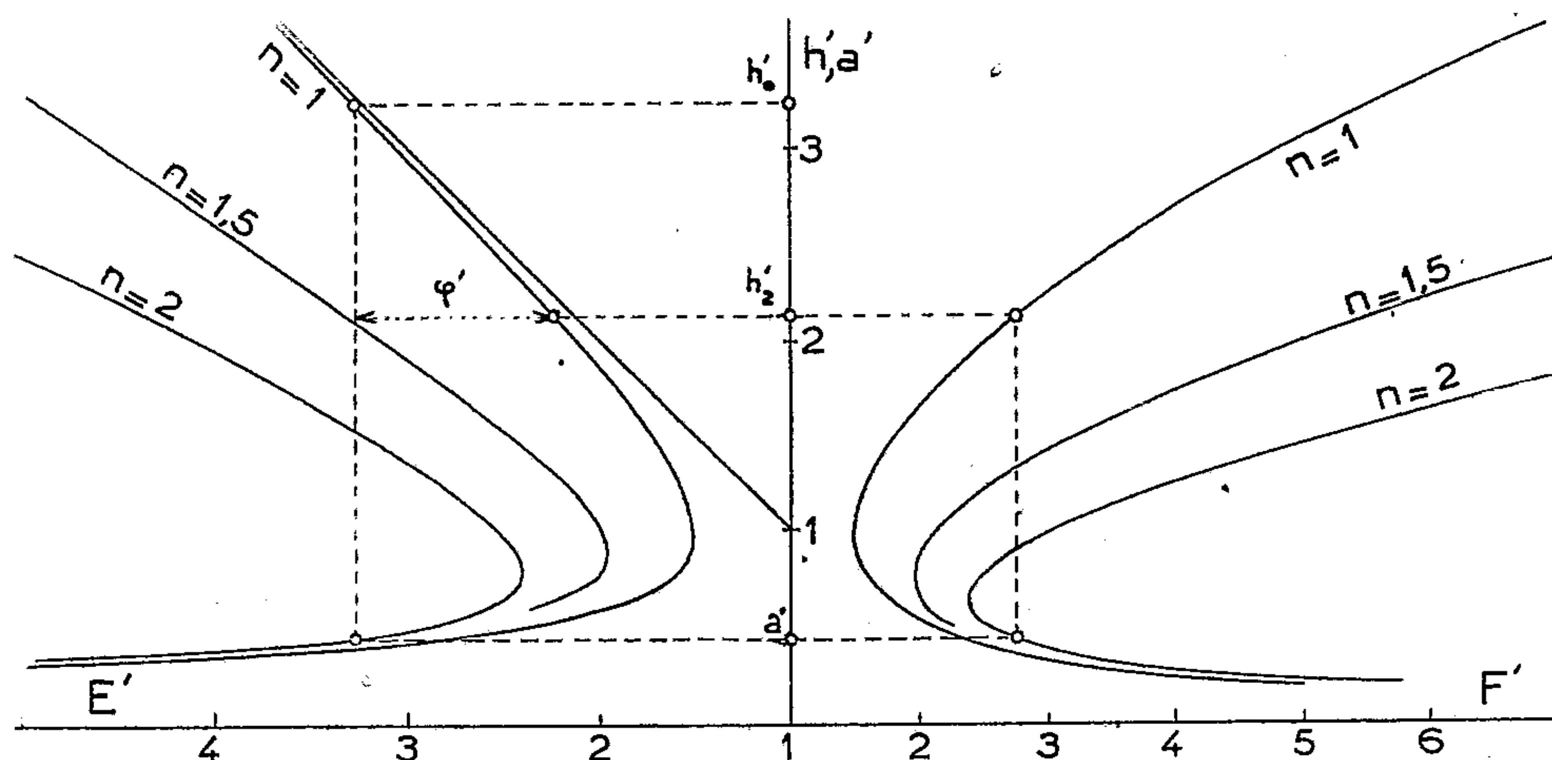


Fig. 1.

lement affectés du signe « prime », il vient les expressions suivantes, dans lesquelles tous les termes sont adimensionnels :

(1) $$E'_1 = \frac{E_1}{h_c} = \frac{1}{2a'^2} + na',$$

(2) $$F'_1 = \frac{F_1}{h_c^2} = \frac{1}{a'} + \frac{n^2a'^2}{2},$$

n étant supérieur ou égal à 1 selon que la veine est noyée ou dénoyée, et $a' = mA'$ étant supérieur ou inférieur à 1 selon qu'elle est tranquille ou torrentielle.

Ces expressions valent également pour les sections S_0 et S_2 (*fig.* 2) en y faisant $n = 1$ et a' égal à h'_0 ou à h'_2. Par hypothèse (canal de pente faible), h'_0 et h'_2 sont ici supérieurs à l'unité.

Ainsi que M. L. Escande l'a déjà établi ([1]), on peut admettre que les pertes d'énergie sont nulles entre S_0 et S_1 et se localisent entièrement entre S_1 et S_2 où le courant est brusquement retardé, ce qui donne $E'_0 = E'_1$ et $F'_1 = F'_2$. Le

([1]) *Publ. Scient. et Techn. du Ministère de l'Air*, n° 163, p. 7.

tracé de la double famille de courbes E', F', établi en fonction des hauteurs réduites h' (ou a') pour diverses valeurs de n, permet ainsi de lier, pour chaque valeur de n, le groupe des trois hauteurs réduites h'_0, a', h'_2 (*fig.* 1) et donne en même temps la perte de charge réduite φ' correspondante. On en déduit ainsi graphiquement le réseau de courbes (h'_0, h'_2) pour diverses valeurs de a' et

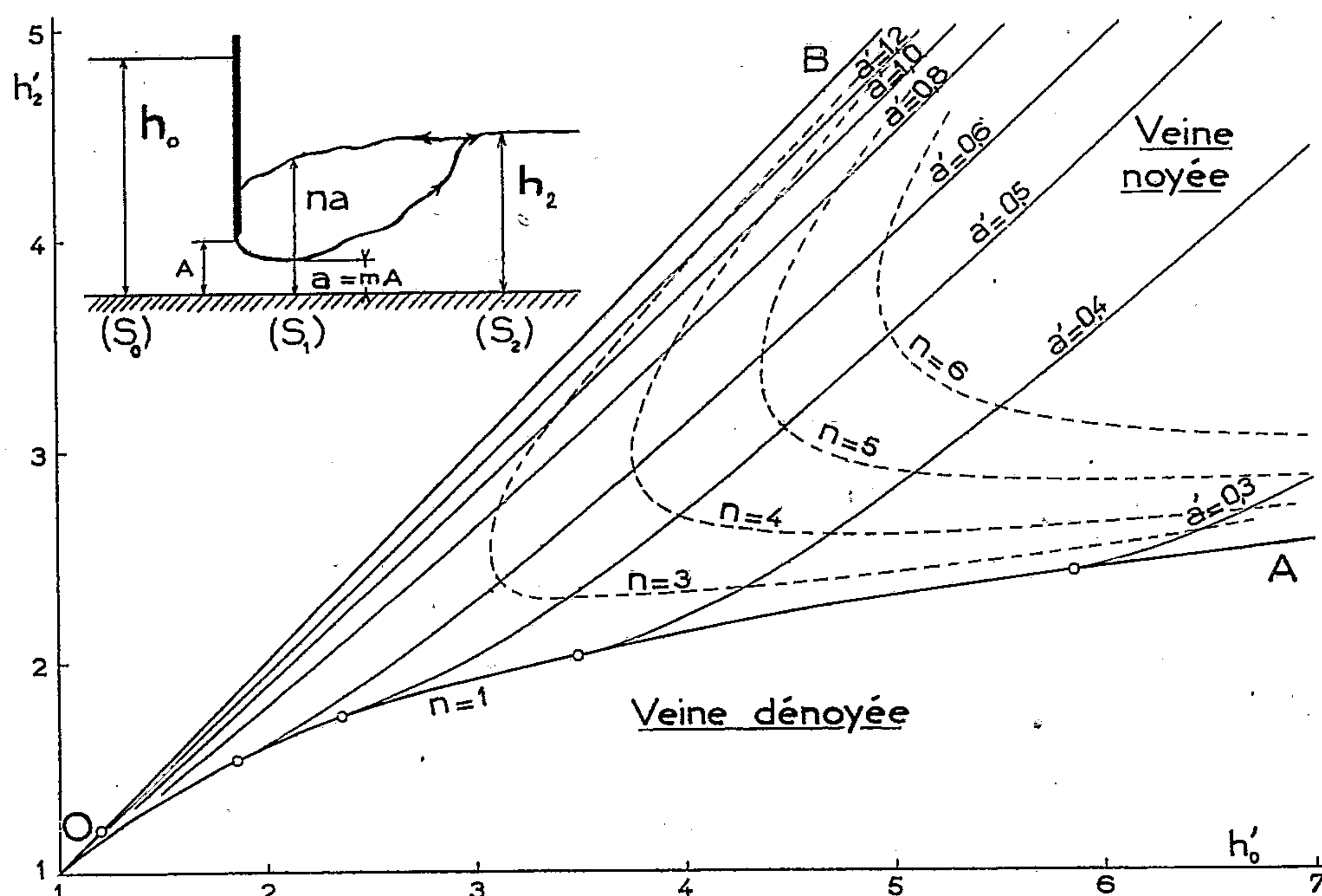


Fig. 2.

de n (*fig.* 2). Pour une vanne à mince paroi ($m = 0,61$), ce réseau donnera par exemple la courbe $q(h_2)$ pour $h_0 = \text{const.}$, ou encore la courbe $h_0(h_2)$ pour $q = \text{const.}$, tant en régime dénoyé que noyé, ainsi que des conclusions sur le caractère (torrentiel ou tranquille) de la veine. Une publication ultérieure reviendra sur ces points.

Il a déjà été vérifié (²) que le phénomène considéré obéit à la loi de similitude de Reech-Froude. Dans ces conditions, l'on peut aisément établir qu'entre deux ouvrages géométriquement semblables fonctionnant sous des charges homologues, les valeurs réduites h'_0, a' et h'_2 prennent respectivement la même valeur dans chacun des ouvrages, ce qui donne un même point figuratif sur le réseau.

Comme nous l'établirons ultérieurement, ce réseau permet également l'étude d'autres problèmes, tels par exemple ceux concernant certains types de barrages déversoirs et de rétrécissements.

(²) *Loc. cit.*, p. 37.

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *Contribution à l'étude de la corrélation période-excentricité pour les étoiles doubles visuelles.* Note de Mlle **Marie-Louise Labeur**, présentée par M. André Danjon.

Les orbites étant non plus considérées dans leur ensemble, mais classées selon leur précision, la corrélation période-excentricité apparaît d'autant plus faible que les orbites sont plus précises; l'effet de la sélection se trouve ainsi confirmé. De plus, en corrigeant les orbites d'une erreur systématique sur la période, que j'ai récemment mise en évidence, on atténue la corrélation.

On a beaucoup discuté sur l'existence d'une corrélation période-excentricité chez les étoiles doubles, sans qu'aucune conclusion nette ait pu s'en dégager. Peut-être y a-t-il lieu, plutôt que de prendre simultanément tout le matériel disponible (binaires visuelles et spectroscopiques), d'établir des distinctions, de séparer diverses classes d'orbites et d'examiner si la corrélation n'est pas différente pour chacune de ces classes. Je me propose d'apporter, de ce point de vue, un certain nombre de résultats nouveaux, en visant au maximum de rigueur.

Posant $x = \log P$ et $y = e$, j'aurai à caractériser l'intensité d'une dépendance entre diverses valeurs de x et de y. Pour cela, j'utiliserai le *coefficient de corrélation* r avec les deux *droites de régression* D_x et D_y, ce qui se justifie ici du fait que la corrélation est linéaire. Mais il importe de souligner que le choix de ces quantités est sans influence sur les conclusions, la présente étude étant conduite de manière à comparer les valeurs d'une même grandeur statistique relatives à différentes familles d'orbites.

I. Afin de mettre en évidence le contraste des résultats selon le matériel considéré, je commence par prendre les orbites visuelles *dans leur ensemble*. Comme il est d'usage, je les distribue suivant certains intervalles en x et en y : j'ai 15 intervalles pour x et 10 pour y.

Le coefficient de corrélation et les deux droites de régression sont alors

$$r = 0{,}62, \qquad \bar{y} = 0{,}098\,x + 0{,}328, \qquad \bar{x} = 3{,}943\,y - 0{,}151.$$

Le fait numérique de la corrélation paraît donc suffisamment vérifié. Toutefois, déjà, plusieurs remarques tempèrent cette conclusion :

1° Pour les deux premiers intervalles en x ($P < 50$ ans), où les orbites sont parmi les plus précises, la dispersion des excentricités est forte; P et e semblent indépendants.

2° Les deux derniers intervalles contiennent les orbites où $P > 500$ ans; si on les supprimait, ainsi que le fait Finsen [1], la corrélation serait notablement moindre, car leur intervention est sensible; au lieu de les écarter, je préfère les utiliser comme je vais l'indiquer aux paragraphes II et III.

---

(1) *Monthly Notices*, 96, 1936, p. 862.

3° La valeur moyenne de e varie relativement peu d'un intervalle à un autre (sauf précisément dans les deux derniers); pour l'ensemble de toutes les orbites, $\bar{e} = 0{,}508$.

II. Je répartis maintenant les orbites en quatre classes *selon un ordre de précision décroissante*, conformément à la méthode de Finsen dans son Catalogue ([2]). Pour chacune de ces classes, formées d'un nombre égal d'orbites, je calcule les mêmes quantités que plus haut. Voici les résultats pour les quatre classes :

(1)	$r = 0{,}19$,	$\bar{y} = 0{,}079x + 0{,}338$,	$\bar{x} = 0{,}460y + 1{,}237$,
(2)	$r = 0{,}22$,	$\bar{y} = 0{,}085x + 0{,}398$,	$\bar{x} = 0{,}572y + 1{,}391$,
(3)	$r = 0{,}34$,	$\bar{y} = 0{,}158x + 0{,}244$,	$\bar{x} = 0{,}731y + 1{,}591$,
(4)	$r = 0{,}55$,	$\bar{y} = 0{,}179x + 0{,}074$,	$\bar{x} = 1{,}688y + 1{,}369$.

On voit que *la corrélation période-excentricité est d'autant plus faible que les orbites sont plus précises*. L'effet de la *sélection* se trouve établi. Cette conclusion rejoint celle de M. D. Barbier obtenue par une autre voie ([3]).

Une remarque intéressante concerne la valeur moyenne de e : elle est sensiblement la même pour chacune des quatre classes et égale à 0,5. Jointe à la remarque 3° (§ I), cette constatation est encore à rapprocher de la suggestion de M. D. Barbier selon laquelle l'excentricité moyenne de tous les couples pourrait être voisine de 0,5.

On peut enfin noter que les quatre valeurs de r ci-dessus sont nettement inférieures à celle du paragraphe I. Cela provient de ce que je n'ai fait aucun groupement pour les orbites des quatre classes, tandis que le groupement des orbites suivant des intervalles en x et en y peut influencer la valeur du coefficient de corrélation ([4]). Ce point est capital et je me réserve d'y revenir ultérieurement. Il explique la différence des résultats obtenus dans des publications où l'on opère à peu près sur le même matériel. La raison de cette différence avait été cherchée en vain par plusieurs auteurs.

III. Les résultats précédents font apparaître que la corrélation période-excentricité s'observe surtout pour les orbites à longue période; cela résulte des remarques 1° et 2° du paragraphe I et aussi du fait que la valeur moyenne de P dans chacune des classes du paragraphe II augmente de la 1re à la 4e. Or, à partir des parallaxes dynamiques, j'ai mis en évidence que les orbites à longue période présentent dans l'ensemble une erreur *par défaut* sur cette période ([5]). Revenant aux orbites du paragraphe I, je leur applique une cor-

---

([2]) *Union Observatory, Circular* n° 100, 1938, p. 466.

([3]) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 930.

([4]) Le *coefficient de contingence* C donne lieu à la même observation.

([5]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 183.

rection sur la période, issue de la comparaison entre parallaxes dynamiques et parallaxes observées. Cela fait, je reprends l'étude de la corrélation, avec les mêmes intervalles en x et en y, et je trouve :

$$r = 0,51, \qquad \bar{y} = 0,059x + 0,394, \qquad \bar{x} = 4,412y - 0,305.$$

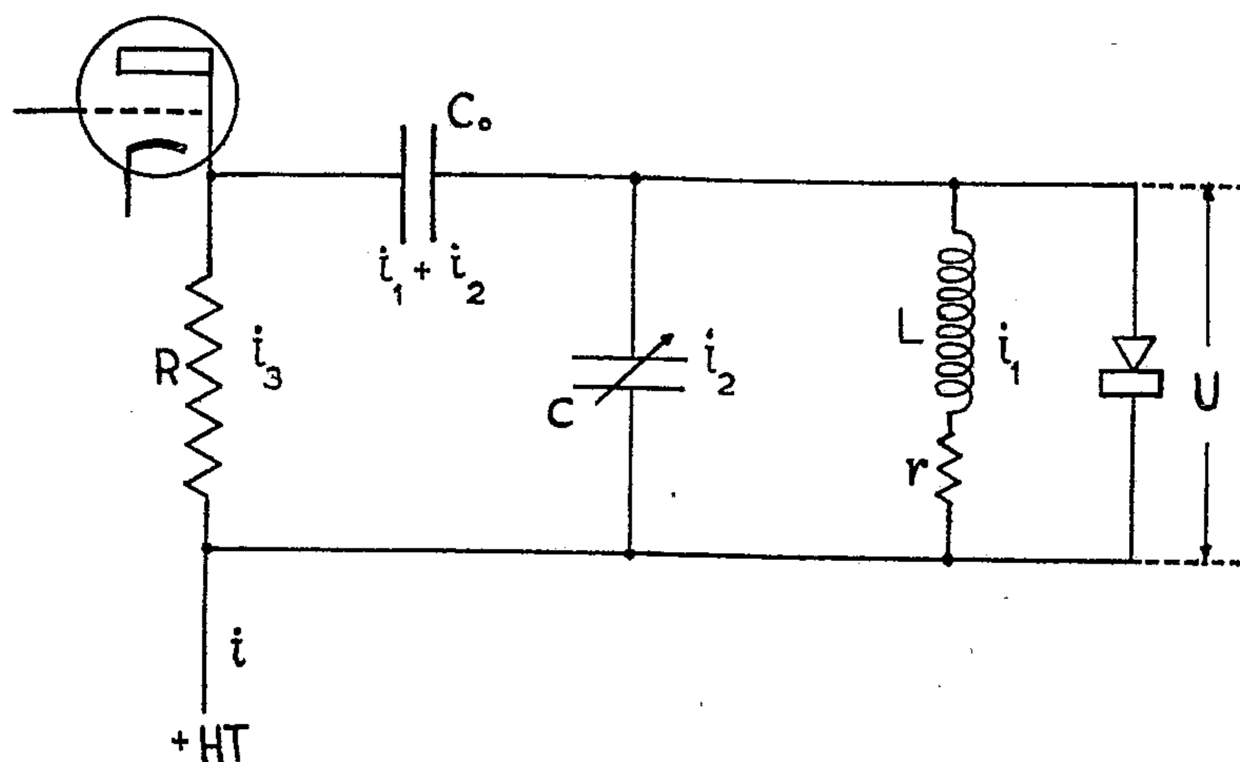
Ainsi, *la correction d'une erreur systématique atténue la corrélation période-excentricité.* C'est une confirmation de mes conclusions.

ÉLECTRICITÉ. — *Production d'impulsions de très courte durée grâce à un circuit oscillant excité par choc et shunté par un cristal de germanium.* Note de M. **Hermann Mayer**, présentée par M. Jean Cabannes.

Des impulsions de courte durée sont produites à l'aide d'un circuit oscillant excité par un multivibrateur et shunté par une diode au germanium. A l'aide du calcul symbolique on précise les conditions optima du fonctionnement, puis on compare aux résultats expérimentaux.

Reiffel [1] a substitué aux impulsions provenant d'un compteur de Geiger-Müller des impulsions plus courtes en excitant par choc avec les premières un circuit oscillant shunté par un cristal de germanium.

Nous avons utilisé cette méthode pour produire, non plus des impulsions réparties au hasard, mais des impulsions se suivant à intervalles réguliers (*fig*). Le cristal de germanium laisse subsister la première alternance des oscillations mais supprime la seconde par court-circuit et par suite les suivantes.



En admettant que le multivibrateur détermine le courant anodique i en fonction du temps, nous allons préciser par le calcul symbolique la tension U

(1) *Rev. Scient. Instr.*, **22**, 1951, p. 214.

de l'impulsion obtenue aux bornes du circuit oscillant. Nous avons

$$i_1 + i_2 + i_3 = i, \qquad i_1(r + Lp) - \frac{i_2}{Cp} = 0,$$

$$\frac{i_1}{C_0 p} + \frac{i_2(C + C_0)}{CC_0 p} = 0, \qquad \frac{i_2}{Cp} = U.$$

En tenant compte de ce que $r \ll Lp$ et $rRC_0 \ll L(C + C_0)/C$, on a

$$\mathcal{L}U = \frac{1}{C}\frac{p^2 \mathcal{L}i}{(p - p_1)[(p + a)^2 + \omega^2]},$$

avec

$$p_1 \# -\frac{1}{RC_0}, \qquad a = \frac{1}{2RC}, \qquad \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}, \qquad T = \frac{2\pi}{\omega}.$$

L'examen à l'oscillographe cathodique montre que conformément au calcul, la montée de i de durée τ est linéaire jusqu'au palier i_0.

$$i = \frac{i_0 t}{\tau} = \frac{V_0 t}{R\tau}.$$

Deux cas schématiques peuvent être considérés :

1° $\tau < t_m$ (t_m, instant du maximum de U). — On peut admettre que le multivibrateur existe par un choc instantané et représenter i par l'échelon unité d'Heaviside dont la transformée de Laplace est $\mathcal{L}i = i_0/p$. On en tire

$$\frac{C}{i_0}\mathcal{L}U = \frac{p}{(p - p_1)[(p + a)^2 + \omega^2]} - \frac{1}{(p + a)^2 + \omega^2} + \frac{p}{(p - p_1)[(p + a)^2 + \omega^2]}$$

et en revenant aux fonctions originales :

$$\frac{RCU}{V_0}[(p + a)^2 + \omega^2] = p_1 e^{p_1 t} + e^{-at}\left[-p_1 \cos\omega t + \frac{\sin\omega t}{\omega}(\omega^2 + a^2 + ap_1)\right].$$

2° $\tau > t_m$. — De zéro à t_m l'équation (1) devient en remplaçant i par la transformée de Laplace de la fonction rampe $\mathcal{L}i = i_0/\tau p^2$:

$$\frac{\tau C}{i_0}\mathcal{L}U = \frac{1}{(p_1 + a)^2 + \omega^2}\left[\frac{1}{p - p_1} - \frac{p_1 + a}{(p + a)^2 + \omega^2} - \frac{p + a}{(p + a)^2 + \omega^2}\right].$$

En revenant aux fonctions originales on obtient

$$\frac{C\tau}{i_0}[(p_1 + a)^2 + \omega^2]\,U = e^{p_1 t} - \frac{p_1 + a}{\omega}e^{-at}\sin\omega t - e^{-at}\cos\omega t,$$

U est proportionnel à i_0 qui est sensiblement le courant anodique quand $V_{grille} = V_{cathode}$. On a donc intérêt à choisir une lampe de puissance.

Le premier maximum de U, seul respecté par la diode au germanium, a sensiblement comme valeur

$$U_{max} = \frac{V_0}{RC\tau(p_1^2 + \omega^2)}\left[e^{p_1 t_m} + \frac{e^{-at_m}}{\sin\varphi}\right],$$

avec

$$t_m = \frac{\tau}{4} + \frac{1}{\omega}\,\text{arc tg}\,\frac{-\omega}{p_1} \qquad \text{et} \qquad \varphi = \text{arc tg}\,\frac{a^2 + a p_1 + \omega^2}{-\omega p_1}.$$

Le rapport de ce maximum à celui que l'on obtient lorsque la variation de i est instantanée est voisin de 1. Il est donc inutile que le courant i croisse à i_0 en moins de t_m.

On maintient constante la tension V_0 aux bornes de R, R et C_0. On varie L et C et l'on mesure chaque fois la tension U que l'on compare à sa valeur calculée. On obtient avec

$V_0 = 100$ V, $C_0 = 20$ pF, $R = 10\,000\,\Omega$, $\tau = 0,28\,\mu$s.

L (μH).	C (pF).	t_m (μs).	U (mesuré) (volts).	U (calculé) (volts).
312	150	0,54	5,1	5,0
312	75	0,37	9,8	12,7
97	75	0,24	4,2	3,6

ÉLECTRICITÉ. — *Propriétés électriques de lames très minces d'argent, d'aluminium et de silicium.* Note de MM. **André Blanc-Lapierre, Marcel Perrot** et **Jean-Pierre David**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Ce travail est relatif à la conductibilité, à la température ordinaire, de lames minces d'aluminium, de silicium et d'argent obtenues par évaporation sous vide [10^{-6} mm de Hg]. On observe de très grands écarts par rapport à la loi d'Ohm. On donne un certain nombre de résultats sur l'évolution des lames étudiées.

1. *Introduction.* — A la température ordinaire, les lames très minces d'argent (épaisseur équivalente < 10 m μ) présentent sous une pression de 10^{-5} mm de Hg, des écarts importants par rapport à la loi d'Ohm lorsqu'on fait varier le champ électrique dans un large domaine ([1]), ([2]).

Nous indiquons ici quelques résultats sur la conductibilité de couches minces, probablement lacunaires, préparées et étudiées sous 10^{-6} mm de Hg (pompes à diffusion-air liquide), obtenues en vaporisant de l'argent (lames I), de l'aluminium (lames II) et du silicium à 68 % (29 % d'Al et 3 % de Fe) (lames III).

2. *Technique expérimentale.* — On a déposé la couche mince sur verre entre deux plages d'argent distantes de λ cm ($\lambda < 0,1$) servant d'électrodes ([1]), ([2]). Dans les cas extrêmes, le champ électrique a atteint 8 000 V : cm. Au début de l'évolution, la résistance des lames croissait très rapidement, puis son augmentation devenait beaucoup plus lente. Pour les lames II et III, cette lente évolution s'est poursuivie pen-

---

([1]) A. Blanc-Lapierre et M. Perrot, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1641.

([2]) A. Blanc-Lapierre et M. Perrot, *J. Phys. Rad.*, **11**, 1950, p. 563.

dant toute la durée de l'étude (60 h dans certains cas). Ce type d'évolution se distingue de celui des lames I plus rapidement stabilisées. La différence s'explique peut-être par une action chimique des gaz résiduels, les substances utilisées pour II et III étant plus oxydables. Nous avons tracé des caractéristiques courant-tension au bout d'un temps suffisant pour que la résistance sous faibles champs ne soit pas modifiée de façon appréciable.

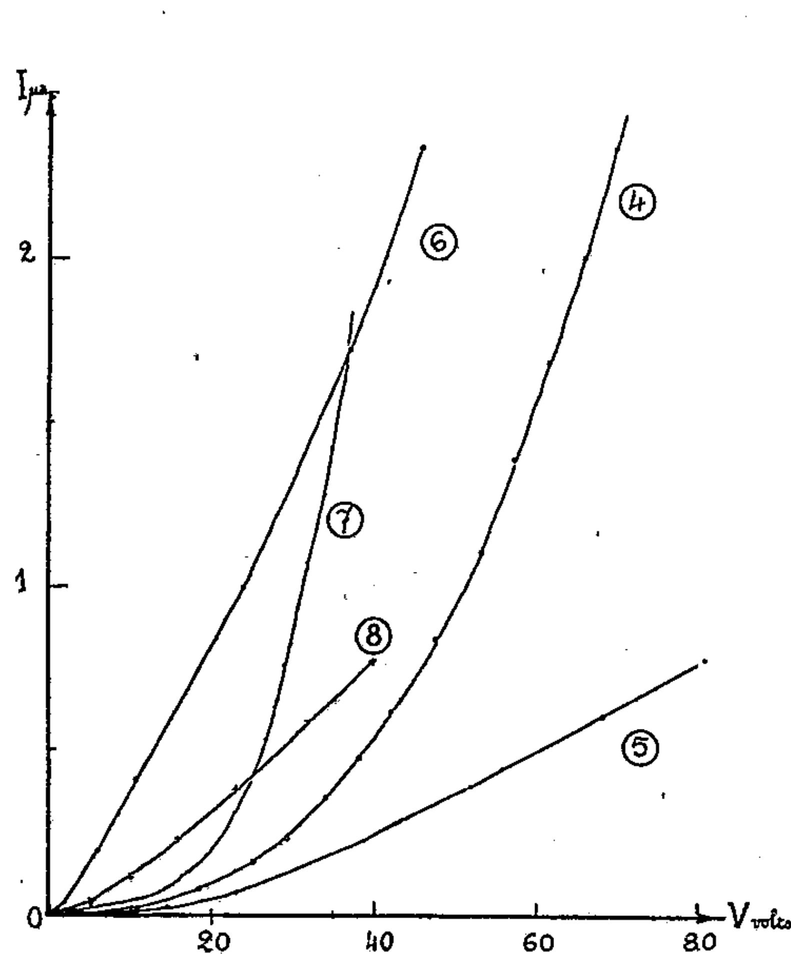


Fig. 1.

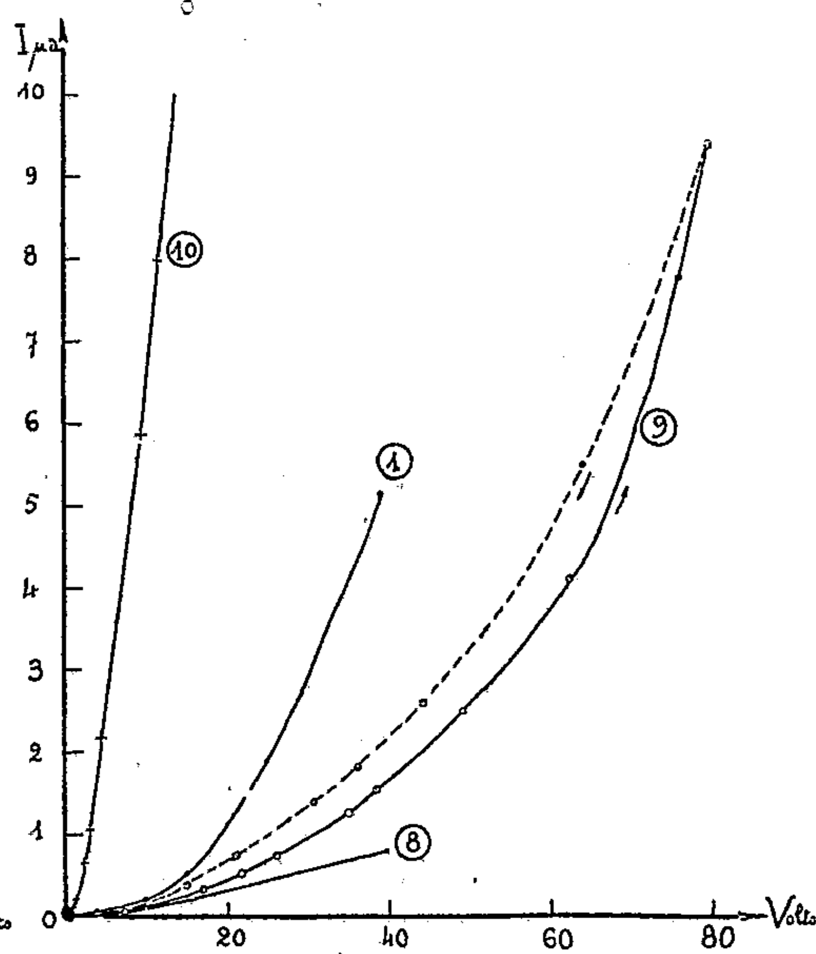


Fig. 2.

3. *Résultats.* — Dans un même domaine du champ électrique, les caractéristiques courant-tension des lames II et III révèlent des écarts à la loi d'Ohm plus importants que ceux présentés par les lames I. On constate de plus, pour les lames II et III, un phénomène de « trainage » plus ou moins important, qui rend distinctes les caractéristiques à tension croissante et à tension décroissante (*voir* lame 9 de la figure 2). Naturellement les lames étudiées, convenablement polarisées, présentent des propriétés détectrices. Le tableau donne pour quelques-unes des lames étudiées : λ, V_0 (tension appliquée pendant la vaporisation et l'évolution), les résistances moyennes en MΩ, R_0, R_{20}, R_{40} et R_{80} (pour des tensions respectivement très faibles, ou égales à 20, 40 et 80 V), le temps t au bout duquel on a tracé la caractéristique. Les lames 5 et 6 sont identiques et ont évolué dans des champs électriques différents; la lame soumise au plus grand champ s'est révélée la plus résistante. La même remarque s'applique aux lames 9 et 10.

Les figures 1 et 2 donnent les caractéristiques courant-tension de certaines de ces lames.

Lames.	Nature.	V_0.	λ(cm).	R_0.	R_{20}.	R_{40}.	R_{60}(MΩ).	Temps.
1......	Si	0,5	0,03	60	16,6	7,4	–	3h 20m
2......	Si	0,2	0,09	3,7	0,27	–	–	49 30
3......	Si	0,05	0,01	375	265	–	–	4
4......	Si	0,05	0,02	500	210	74	25	52
5......	Si	0,75	0,04	1150	480	162	104	16
6......	Si	<0,02	0,04	78	22,5	19,8	17,7	16
7......	Al	2,7	0,01	700	75	20	–	3
8......	Ag	1	0,07	350	56	52	–	1 20
9......	Al	0,48	0,01	210	50	25	–	24 30
10......	Al	0,002	0,01	5	1	0,5	–	24 30

MAGNÉTISME. — *Sur un nouveau dispositif pour la mesure de l'intensité d'un champ magnétique.* Note de M. **Raymond Birebent**, transmise par M. Charles Camichel.

L'auteur a réalisé une sonde, de dimensions transversales réduites, permettant l'étude de la répartition d'un champ magnétique et la mesure de son intensité, les intensités ainsi mesurables couvrant un intervalle très étendu.

Un conducteur rectiligne, parcouru par un courant alternatif, est disposé normalement aux lignes de force du champ magnétique à mesurer. La force qui s'exerce sur lui est transmise à un cristal piézoélectrique. On obtient ainsi une tension alternative qui, amplifiée pour être facilement mesurable, permet de connaître l'intensité du champ.

A cet effet, deux méthodes peuvent être employées :

1° On règle l'intensité du courant alternatif de manière à obtenir, dans tous les cas, la même tension V à la sortie de l'amplificateur. La force qui s'exerce sur le conducteur étant proportionnelle au produit de l'intensité H du champ par le courant I on a, puisque V est constant :

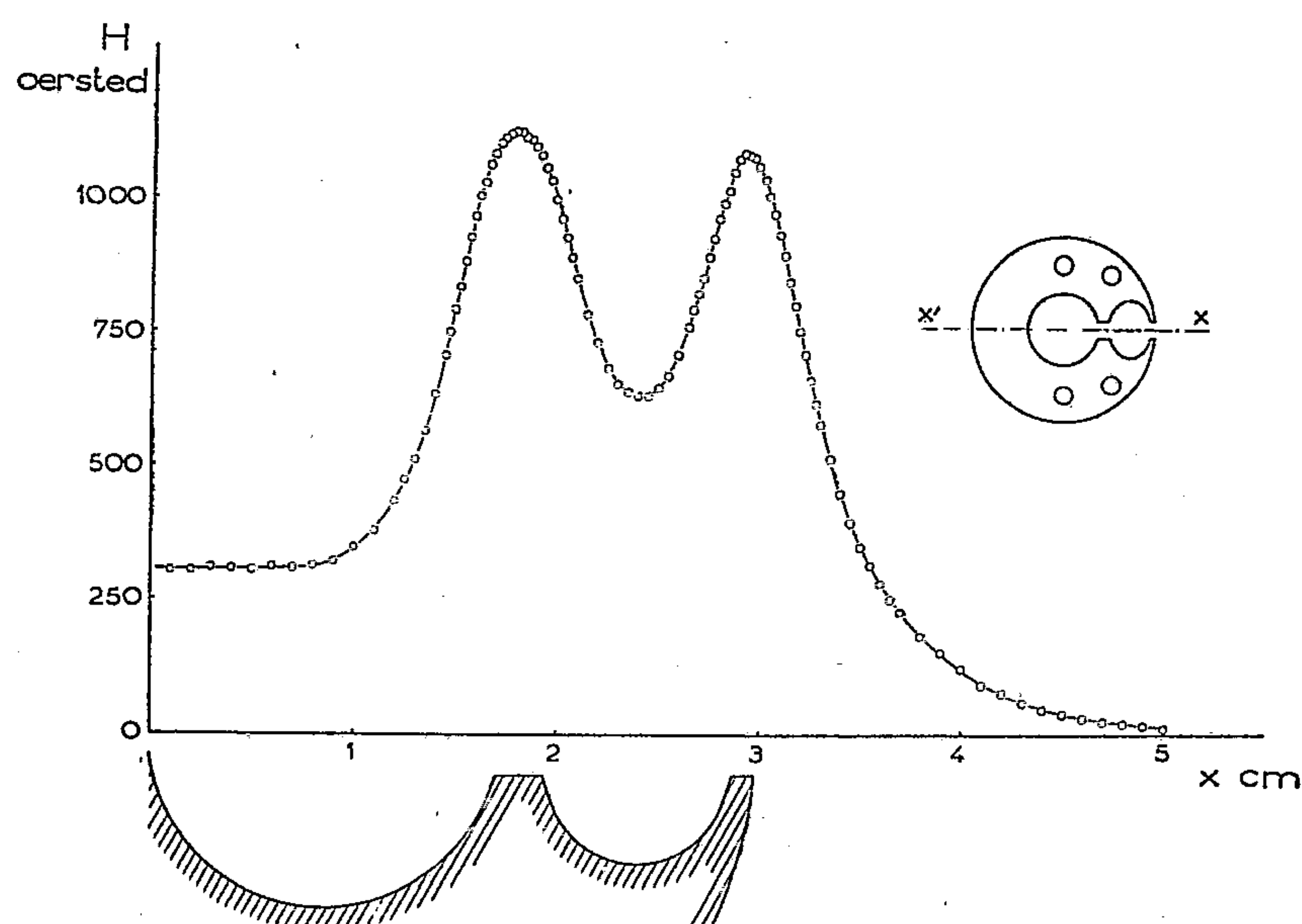
$$HI = \text{const.}$$

Un champ connu permet de déterminer cette constante et, dès lors, la mesure d'un champ magnétique se ramène à celle d'un courant sans qu'il soit nécessaire de connaître la courbe de réponse de l'ensemble cristal-amplificateur.

2° L'expérience ayant montré que cette courbe est linéaire, on peut maintenir I constant et déduire la valeur du champ de la mesure de V. Cette méthode, plus rapide que la précédente pour l'exploration d'un champ, permet également d'opérer par enregistrement. En agissant sur le courant

et sur le gain de l'amplificateur on peut toujours avoir la tension de sortie maximum pour le point où le champ est le plus intense et l'on dispose ainsi, dans tous les cas, de la totalité de l'étendue de mesure du voltmètre.

Dans l'appareil actuellement réalisé, la sonde, formée par un conducteur replié en U, a une longueur de 205 mm, l'élément actif, base de l'U, mesurant 2,5 mm. Le système mécanique qui transmet les vibrations de la sonde est réglé de manière que la fréquence propre de l'ensemble soit la même que celle du courant alternatif, la résonance augmentant beaucoup la sensibilité. On utilise un amplificateur dont le coefficient d'amplification peut varier de 20 à 460.



La figure montre, déterminée au moyen de cet appareil, la répartition du champ sur l'axe d'un petit aimant d'appareil à cadre. Pour ces mesures, on opérait avec un coefficient d'amplification de 36 et un courant dans la sonde de 1 A. La tension de sortie pour la région où le champ était le plus intense (1120 Oe) atteignait 7,4 V, l'amplitude de vibration de la sonde étant alors de l'ordre de 0,03 mm.

La possibilité d'agir à la fois sur le courant et sur l'amplification confère à l'appareil une étendue de mesure considérable. C'est ainsi qu'à une tension de sortie de 7,5 V, correspondent des champs de l'ordre de 20 000 Oe ou de 30 Oe suivant que l'on utilise l'amplification minimum et un courant de 0,1 A ou, au contraire, l'amplification maximum et un courant de 3 A.

Toutefois, les mesures avec une forte amplification ne sont possibles qu'à condition de protéger l'appareil contre toutes vibrations extérieures.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Disparition des diagrammes électroniques au cours du temps.* Note (*) de M. **Henri Frisby**, présentée par M. Louis de Broglie.

Tous les expérimentateurs qui ont pratiqué la diffraction électronique par réflexion savent qu'une surface métallique perd toujours, en peu de temps, la propriété de donner des diagrammes. On a, en général, attribué ce phénomène à la souillure de la surface par un film de graisse ou d'une autre matière amorphe et peu volatile.

Par polissage électrolytique, nous avons préparé des surfaces de cuivre pour l'analyse électronique et nous avons cherché au bout de combien de temps ces échantillons ne fournissaient plus de diagramme [1]. La définition précise de cette durée est malaisée; nous avons pu, cependant, déterminer qu'elle variait en fonction de la température comme l'indiquent les inégalités

$$-0,0055\theta + 2,1 < \log t < -0,0055\theta + 2,3,$$

$\log t$, logarithme base 10 du temps en jours;

θ, température en degrés absolus.

Cette formule, purement empirique, n'est valable que dans le domaine étudié : de 0 à 600° C. A température ambiante, le diagramme disparaît en 4 jours environ; à 420° C, il disparaît en moins de 40 mn.

Pour éviter toute souillure extérieure, l'échantillon était suspendu par un fil de tungstène de 1 m de long à l'intérieur d'un flacon bouché et isolé de tout contact. Le fil de tungstène avait été porté au rouge et le flacon nettoyé au mélange sulfo-chromique juste avant leur utilisation. Le diagramme a, néanmoins, disparu dans le délai indiqué. Aucun solvant n'attaquant pas le cuivre n'a pu le rétablir. Par contre, un décapage très léger du métal avec un acide dilué suffit. Ce n'est pas un voile de graisse qui fait disparaître les diagrammes.

Il ne se forme pas non plus un film d'oxyde amorphe, car le diagramme disparaît aussi dans le vide, dans l'azote ou dans l'hydrogène.

Si des couches de gaz adsorbés par la surface diffusaient les électrons et atténuaient la diffraction cohérente, le refroidissement favoriserait ce phénomène. En réalité, en conservant un échantillon une semaine à la température de — 190°, nous avons constaté que le diagramme restait parfaitement inaltéré.

On ne peut non plus admettre une décristallisation superficielle, un retour à l'état amorphe. En effet, un film de cuivre d'une épaisseur inférieure

(*) Séance du 3 mars 1952.

[1] La longueur d'onde des électrons utilisés est 0,071 Å.

à 0,1 μ, déposé sur collodion et examiné par transparence, donne encore le même diagramme électronique plusieurs mois après sa préparation. Il n'y a donc pas retour spontané à l'état amorphe, même en couche mince.

Nous proposons une hypothèse qui fait intervenir une évolution des cristallites du métal à l'état solide. On sait que les diagrammes électroniques dits par réflexion, obtenus en balayant une surface par un pinceau d'électrons sous faible incidence, ont les caractères de diagrammes par transmission. On admet que les électrons traversent de fines aspérités dressées sur la surface. L'épaisseur optimum, donnant le maximum d'intensité aux taches de diffraction par rapport au fond continu est de l'ordre de 5.10^{-6} cm pour le cuivre. Mais les électrons peuvent traverser des épaisseurs bien plus grandes, en donnant une proportion de plus en plus forte de diffusion incohérente, qui se traduit sur les diagrammes par un fond continu.

Une surface de cuivre fraîchement préparée dans des conditions convenables, présente un grand nombre d'aspérités inférieures à 10^{-5} cm (par exemple 10^8 au centimètre carré). L'affaiblissement progressif du diagramme pourrait être dû à la diminution du nombre d'aspérités, accompagnée d'une augmentation de leurs dimensions moyennes. Il y aurait ainsi « rétrécissement » de la surface vraie, phénomène qui pourrait se produire spontanément sous l'action de la tension superficielle. Ce n'est d'ailleurs là qu'une hypothèse provisoire, qui devra être confirmée par des méthodes plus directes.

PIÉZOÉLECTRICITÉ. — *Tracé de la courbe de résonance d'un quartz piézoélectrique à partir d'un diagramme circulaire*. Note (*) de M. **Jean Coulon**, présentée par M. Camille Gutton.

Le tracé expérimental, point par point, de la courbe de résonance d'un quartz est une opération délicate. On peut la définir en s'aidant d'un diagramme circulaire, dont les coordonnées sont deux quantités liées aux éléments électriques du quartz.

Il est bien connu ([1]), ([2]), ([3]) qu'un quartz piézoélectrique intercalé sur un circuit à courants alternatifs est l'équivalent d'un dipôle constitué par une capacité C_0 et un ensemble capacité C_1, self-induction L_1 résistance R_1 en série et mis en dérivation sur la capacité C_0. Cette dernière est la capacité

(*) Séance du 3 mars 1952.

([1]) Cady, *Piézoélectricity*, Mc Graw Hill, 1946.

([2]) G. Dumesnil, *L'onde électrique*, n° 239, 1947, p. 42.

([3]) R. Sueur, J. Norbert, P. Andrieux et M. Cornebise, *L'onde électrique*, n° 275, 1950, p. 67.

entre armatures du quartz et les capacités parasites introduites par le montage du quartz.

L'impédance imaginaire χ d'un dipôle pour une pulsation ω est définie par

$$\frac{1}{\chi} = j C_1 \omega \left(\frac{1}{1 - L_1 C_1 \omega^2 + j R_1 C_1 \omega} + \frac{C_0}{C_1} \right).$$

Dans toute l'étendue de la courbe de résonance, la pulsation ω reste comprise entre deux valeurs très voisines, celles de la résonance-série pour laquelle $L_1 C_1 \omega^2 = 1$ et celle de l'antirésonance pour laquelle $L_1 \omega^2 C_0 C_1/(C_0 + C_1) = 1$; nous pouvons donc poser :

$$(a) \quad r = \frac{C_0}{C_1}, \qquad (b) \quad Q = \frac{L_1 \omega}{R_1} = \frac{1}{R_1 C_1 \omega}.$$

Nous poserons, en outre

$$(c) \quad 1 - L_1 C_1 \omega^2 = \frac{1}{r}(\sigma_0^2 - 1).$$

σ_0^2 varie entre 1 et 0 lorsque ω varie entre la pulsation de résonance et celle d'antirésonance.

Nous trouvons alors, R et S étant homogènes à deux nombres,

$$\chi C_0 \omega = \frac{Q(\sigma_0^2 - 1) + jr}{-r + jQ\sigma_0^2} = R + jS.$$

En identifiant parties réelle et imaginaire :

$$R = \frac{rQ}{r^2 + Q^2\sigma_0^4},$$

$$S = \frac{Q^2\sigma_0^2(1 - \sigma_0^2) - r^2}{r^2 + Q^2\sigma_0^4};$$

équations (pour l'intervalle $0 < \sigma_0^2 < 1$, qui nous intéresse) du cercle

$$(S + 1)^2 + \left(R - \frac{Q}{2r}\right)^2 = \frac{Q^2}{4r^2}.$$

Le centre a pour coordonnées $(Q/2r)$ et -1; le rayon est $(Q/2r)$.

Lorsque Q/r varie, on obtient une famille de cercles admettant comme axe radical commun, l'axe des S. Pour une valeur donnée de (Q/r), on peut graduer le diagramme circulaire en fonction du paramètre σ_0^2.

Le diagramme circulaire résulte d'une approximation, qui consiste à admettre que le coefficient de surtension $Q = L_1 \omega/R_1$ reste constant pour toutes les valeurs de ω comprises entre la pulsation à la résonance et celle à l'antirésonance.

Ceci étant, nous déduisons la courbe de résonance du diagramme circulaire en écrivant

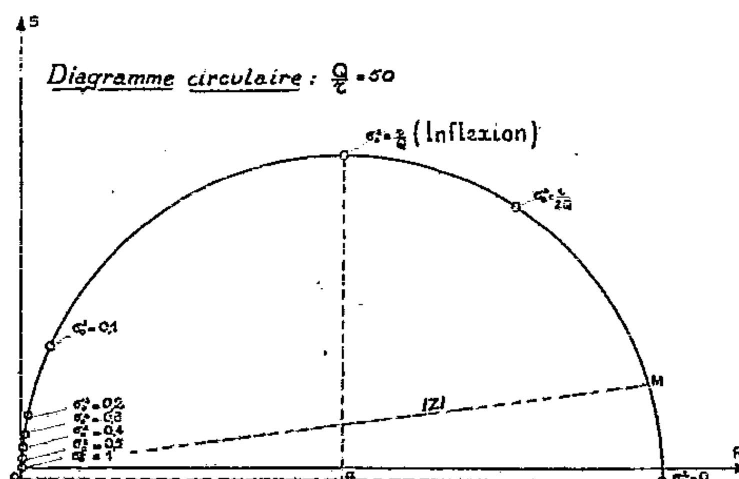
$$\chi = \frac{1}{C_0 \omega}(R + jS).$$

En faisant encore la même approximation, $1/C_0\omega$ reste pratiquement constant le long de la courbe de résonance et nous désignerons cette quantité par k. Soit Z le module de χ,

$$Z = k|\chi| = k\sqrt{R^2 + S^2} = k\,OM.$$

M étant le point correspondant du diagramme circulaire.

Celui-ci étant gradué en valeurs de σ_0^2 (ou, ce qui revient au même, de la fréquence), on peut tracer la courbe de résonance classique.



Les extréma correspondent à : $\sigma_0^2 = 0$ et $\sigma_0^2 = 1$. La courbe Z présente une inflexion en un point dont nous calculons maintenant les coordonnées :

Puisque

$$\chi = R + jS, \qquad \chi'' = R'' + jS'' \qquad \text{et} \qquad Z'' = \sqrt{R''^2 + S''^2}$$

calculant R″ et S″, on trouve : $\sigma_0^2 = r/Q$ et $Z = kQ\sqrt{2}/2r$. Les quartz pour lesquels le rapport Q/r est constant, $C_0\omega$ étant différent, présentent des inflexions sur la même parallèle à l'axe des Z.

Considérons les courbes $Z/k(\sigma_0^2)$, pour k constant et Q/r variable. Toutes ces courbes passent, toutes à un infiniment petit près, par le point ($\sigma_0^2 = 0,5$; $Z/k = 1$).

Le diagramme circulaire, en dehors des points particuliers classiques de la courbe de résonance, met donc en évidence un nouveau point intéressant dans l'étude des oscillateurs à cristal.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Effet du bruit de fond sur la fréquence des auto-oscillateurs à lampes.* Note de M. **Augustin Blaquière**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons montré précédemment (1), (2) que le bruit apporte, au régime d'un auto-oscillateur, des perturbations de deux sortes :

des déphasages que l'on peut représenter par une succession de petites

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 419.
(2) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 710.

translations aléatoires de la sinusoïde des temps parallèlement à l'axe des temps Ot;

des modifications d'amplitude, représentées par de petites dilatations aléatoires de cette sinusoïde perpendiculairement à Ot.

LA DÉPENDANCE FRÉQUENCE-AMPLITUDE. — Si la fréquence de l'oscillateur considéré est indépendante de l'amplitude (et c'est le cas du système idéal pris antérieurement comme exemple), le pas de la sinusoïde des temps n'est pas affecté au premier ordre par un choc naturel, dont l'effet se réduit aux deux transformations élémentaires précédentes, car la fréquence est rigidement liée à la grandeur des paramètres géométriques définissant l'oscillateur. Dans la plupart des oscillateurs réels, la fréquence dépend plus ou moins de l'amplitude. Lorsqu'il existe de telles variations, il faut joindre aux deux transformations élémentaires envisagées plus haut un troisième type de modifications : de petites dilatations locales parallèlement à Ot, exprimant les fluctuations aléatoires du pas de la sinusoïde tangente au phénomène.

La liaison fréquence-amplitude peut tenir à la non-linéarité de l'organe oscillant (c'est le cas du pendule grave), ou à la nature de la réaction qui assure l'entretien; elle entraîne alors une nouvelle cause de variation de la fréquence.

Par suite de l'action des chocs naturels succesifs, l'amplitude de l'oscillation pourra prendre une valeur notablement différente de celle qui correspond au régime théorique, et il est possible de définir une profondeur de modulation moyenne. Cette profondeur de modulation est déduite immédiatement de la puissance de bruit, et la dépendance fréquence-amplitude relie ainsi la fluctuation de fréquence à la puissance de bruit.

Si l'on suppose que l'organe oscillant est régi par une loi linéaire, l'indépendance entre fréquence et amplitude caractérise la qualité de la réaction. Elle apparaît ainsi comme le meilleur critère d'une bonne horloge radioélectrique. C'est d'ailleurs cette dépendance qui limite déjà la précision des horloges à pendules graves, l'erreur dans la mesure du temps qu'elle entraîne étant très supérieure à celle qu'apportent les déphasages envisagés d'abord [1].

RETOUR AU CRITÈRE DE NYQUIST GÉNÉRALISÉ. — Pour classer les oscillateurs, il est donc nécessaire de déterminer la dépendance fréquence-amplitude. Le résultat peut être obtenu rapidement grâce à l'extension de la théorie de Nyquist exposée dans une précédante Note [3]. Cette méthode permet de décrire aussi l'évolution de l'oscillateur entre l'amorçage et la stabilisation si l'on fait les remarques suivantes :

Le lieu des points $\omega_{\text{réel}} = \text{const.}$ du plan des H_i est une famille de segments de droites, et le segment passant par l'origine indique la pulsation à la stabili-

---

([3]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 345.

sation. Si l'on marque sur chaque courbe équiamplitude le point correspondant à la valeur réelle de la pulsation effective de l'oscillateur, on obtient un lieu qui décrit l'évolution de l'oscillateur entre amorçage et stabilisation. La divergence entre ce tronçon de courbe et le tronçon $\omega = \omega_{\text{stab}} = \text{const.}$ indique donc l'ampleur de la dérive de fréquence.

Il est facile de montrer que cette courbe, réellement suivie par l'oscillateur, est, au voisinage de l'origine, *trajectoire orthogonale de la famille des courbes équiamplitudes.*

Classification des auto-oscillateurs. — Par ce moyen on peut classer de nombreux cas pratiques comme suit :

A. *Systèmes du deuxième ordre.* — *a. Réaction en quadrature avec le potentiel de grille* V. — Le type en est l'oscillateur choisi comme premier exemple [1]. Les notations restant les mêmes, la dépendance fréquence-amplitude est

$$f = f_0\left[1 - \frac{\varepsilon^2}{2}\left(1 - \frac{a^2\beta}{4}\right)^2\right] \qquad (f_0,\ \text{fréquence d'amorçage})$$

pour l'application envisagée [2], on a $\varepsilon = 4,1 \cdot 10^{-6}$.

b. La réaction n'est pas rigoureusement en quadrature avec V. — L'équation d'oscillation se complique d'un terme supplémentaire λV^2 au moyen duquel on décrit nombre d'oscillateurs réels dépourvus d'harmoniques pairs :

$$V'' - 2\varepsilon\omega_0(1 - \beta V^2)V' + \omega_0^2(1 + \lambda V^2)V = 0,$$

$$f = f_0\left[1 + \frac{3a^2}{8}\lambda - \frac{\varepsilon^2}{2}\left(1 - \frac{a^2\beta}{4}\right)^2\right],$$

on peut souvent se contenter de la loi

$$f = f_0\left[1 + \frac{3a^2}{8}\lambda\right].$$

B. *Systèmes d'ordre supérieur à deux.* — Nous choisirons pour type l'oscillateur à quartz de Pierce. Il est facile de ramener ce cas à un problème du troisième ordre et l'on trouve

$$f = f_0\left[1 - \frac{3a^2}{8}\frac{C_0}{C}bR\right],$$

C_0, capacité de couplage ; C, capacité du C. O. équivalant au quartz ; *b*. coefficient de courbure de la caractéristique ; R, résistance du réseau vu des bornes plaque et cathode.

De la loi type $f = f_0[1 + (3/8)a^2\lambda]$ on peut déduire la fluctuation de fréquence $\Delta f = f_0(3a/4)\lambda\,\Delta a$, entraînée par la fluctuation d'amplitude Δa due au bruit.

OPTIQUE. — *Interféromètre autocompensé pour la mesure des déphasages introduits par la réflexion sous incidence quelconque sur une couche mince.* Note (*) de M. **Michel Cagnet**, présentée par M. Jean Cabannes.

La couche étudiée recouvre partiellement un miroir sur lequel se réfléchit un faisceau après traversée de la première lame et avant traversée de la seconde lame d'un interféromètre Fabry-Perot. Les franges de superposition obtenues par double traversée de ce système sont exactement compensées. Leur examen permet de déterminer le déphasage introduit par la couche mince. L'angle d'incidence sur cette couche est quelconque. La lumière employée peut être blanche ou grossièrement monochromatique.

Lorsqu'un faisceau de lumière blanche traverse normalement aux surfaces successivement deux étalons Fabry-Perot de même épaisseur optique et parallèles entre eux, on obtient un phénomène d'interférence de franges de superposition. La différence de marche présentée par le phénomène est nulle dans l'ensemble du champ : une teinte uniforme y est observée. Une légère différence de phase créée à l'intérieur de l'un des deux étalons se traduit par l'apparition de franges qui permettent de détecter et de mesurer le phénomène envisagé.

Cette propriété, utilisée par A. Arnulf et M. Cagnet dans la réalisation d'un interféromètre autocompensé ([1]), trouve une application dans le montage suivant :

Une source S, placée au foyer d'un collimateur O_1 éclaire en faisceaux parallèles l'étalon formé par les deux miroirs semi-métallisés m et m' et le miroir M. L'objectif O_2 focalise ces rayons sur le miroir plan N orienté perpendiculairement à la direction des rayons incidents sur l'objectif O_2. Après réflexion sur le miroir N et réfraction par l'objectif O_2 les rayons lumineux traversent à nouveau l'étalon mMm'. On obtient un phénomène de franges de superposition à différence de marche nulle que l'on peut observer à l'aide de l'objectif O_3 après réflexion sur le miroir P. L'angle d'incidence i sur le miroir M peut être quelconque. Il est égal au demi-angle des miroirs m et m', mesurable au goniomètre; ce qui permet de connaître i avec grande précision.

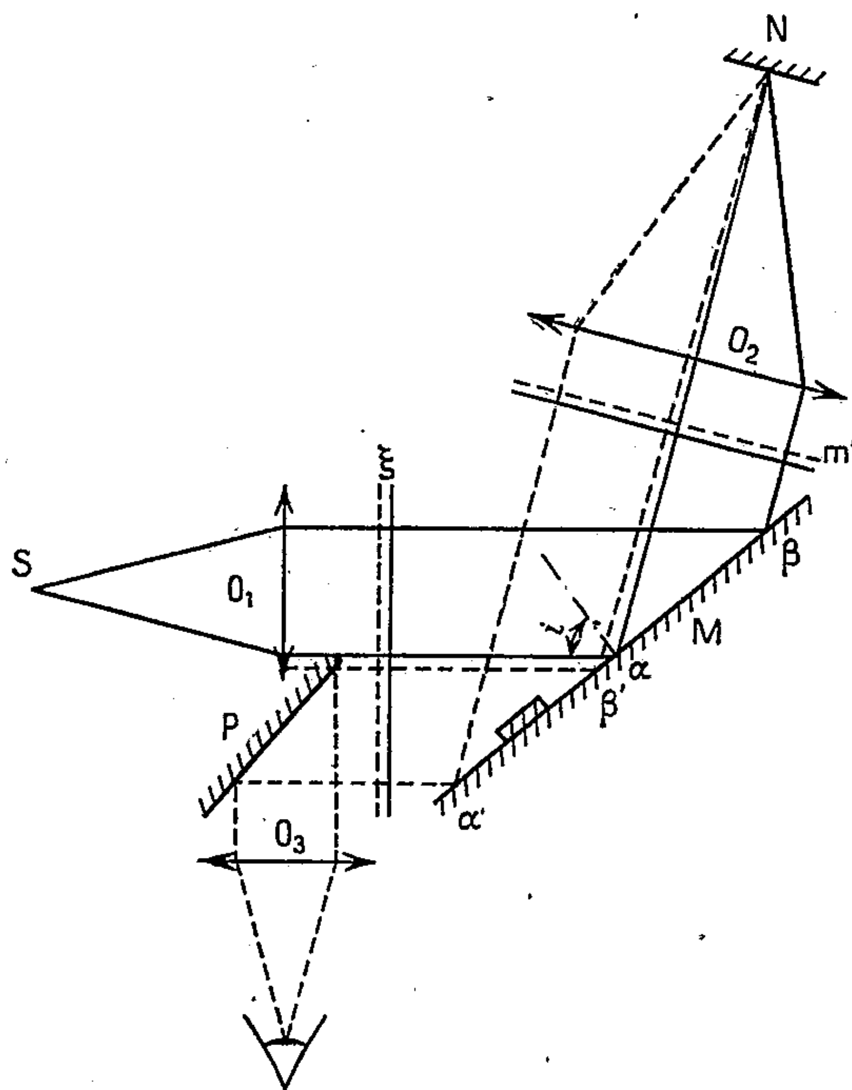
Le miroir M peut être considéré comme divisé par les rayons lumineux en deux moitiés $\alpha\,\beta$, $\alpha'\,\beta'$ appartenant chacune à un étalon. Une couche mince déposée sous forme d'une bande sur l'une des parties de M présente par réflexion sous l'angle d'incidence i une différence de phase φ.

Elle se traduit dans le champ par l'apparition de franges. Il suffit de les compter pour évaluer φ. Pour connaître la partie fractionnaire de φ,

(*) Séance du 3 mars 1952.

([1]) *J. Phys. Rad.*, 11, 1950.

il faut donner à l'étalon mMm' un léger angle (par déplacement du miroir M) afin d'obtenir dans le champ des franges approximativement perpendiculaires à la bande. La mesure du décalage produit au niveau de la bande permet de mesurer le déphasage φ avec une excellente précision : le phé-



nomène d'interférence obtenu étant à franges fines. La mesure peut se faire visuellement ou par enregistrement photographique. La précision obtenue dans notre montage expérimental, $\lambda/50$ à $\lambda/100$ environ, serait très améliorée par l'emploi d'un appareil définitif.

Cet interféromètre autocompensé est d'un réglage facile. La visibilité des franges est bonne en lumière blanche; il est donc possible d'effectuer les mesures pour n'importe quelle longueur d'onde, d'employer une source grossièrement monochromatique (filtres interférentiels, monochromateur par exemple).

Seule la transparence des milieux optiques employés pour la construction de l'interféromètre, et la zone de sensibilité du récepteur utilisé, limitent le domaine d'application de l'appareil.

Remarquons que pour observer les franges, il est nécessaire que le facteur de réflexion du miroir M ne varie pas trop aux différents points de sa surface; les facteurs de réflexion des parties traitées et non traitées ne doivent donc pas être trop différents.

Il serait possible d'adapter l'appareil à la mesure du déphasage des couches au cours de leur vaporisation.

OPTIQUE. — *Nouvelle forme de l'expérience d'Abbe.*
Note de M. **Maurice Françon**, présentée par M. Jean Cabannes.

On sait que dans l'expérience classique d'Abbe, on observe au microscope l'image d'un réseau éclairé en lumière cohérente. Dans le plan focal de l'objectif du microscope, on trouve l'image directe de la source entourée de chaque côté des spectres de différents ordres. L'image du réseau donnée par l'objectif peut être considérée comme résultant des interférences des vibrations envoyées par les spectres précédents. Si les traits du réseau sont très serrés, les spectres sont très écartés de l'image directe de la source et peuvent ne pas pénétrer dans le microscope. Supposons un objectif d'ouverture numérique telle que seule l'image directe de la source soit admise. Le plan image est uniformément éclairé, on n'observe pas d'image du réseau. On dit que le pas du réseau est inférieur au pouvoir séparateur du microscope. Augmentons l'ouverture numérique de façon que l'image directe, plus un spectre de chaque côté soient admis par l'instrument. On voit alors dans le plan image toute une série de franges rectilignes et équidistantes dont la période est égale à celle du réseau objet : c'est l'image du réseau qui apparaît. Ces franges se raccordent l'une à l'autre par des dégradés plus ou moins flous qui donnent à l'image un aspect encore très différent de l'objet lui-même. Si l'on admet maintenant un plus grand nombre de spectres, l'image s'améliore rapidement et devient de plus en plus conforme au réseau objet. A la limite, en supposant l'ouverture de l'objectif infinie, tous les spectres sont admis et l'image est identique à l'objet. Considérons le cas où la période du réseau est assez petite pour que l'objectif du microscope ne laisse passer que l'image directe sans aucun spectre ni d'un côté, ni de l'autre. Il n'y a évidemment pas d'image du réseau et le champ image apparaît uniformément éclairé. Opérons alors de la façon suivante : plaçons contre le réseau une fente fine de largeur plus petite que celle d'un trait du réseau et orientons-la parallèlement aux traits. La fente étant moins large qu'un trait du réseau est très en dessous du pouvoir séparateur du microscope et apparaît dans le plan image sous forme d'une figure de diffraction très large qui peut déborder complètement le champ. Déplaçons la fente fine parallèlement à elle-même. Chaque fois qu'elle passe devant un trait opaque, le champ s'éteint et chaque fois qu'elle se trouve devant un trait transparent, le champ s'illumine. Le déplacement de la fente qui est plus petit ou de l'ordre du pouvoir séparateur du microscope ne produit pratiquement pas de déplacement de la figure de diffraction dans le plan image. Il produit simplement des variations d'intensité lumineuse qui suivent celle du réseau objet. En recevant la lumière sur une cellule, on peut suivre, au galvanomètre, la struc-

ture détaillée du réseau quoique celui-ci ait une période beaucoup plus petite que le pouvoir séparateur du microscope. Un système de balayage permet même de percevoir l'image en son entier comme à l'observation habituelle. L'expérience réussit également en employant non plus une fente mais un petit trou qui permet alors d'analyser un objet quelconque très au-dessous du pouvoir séparateur du microscope. On recueille simplement les informations de la lumière non plus dans l'espace mais dans le temps. Notons que sur des lames de verre aluminiées, il est possible d'avoir des rayures très fines et des trous très petits convenant pour l'expérience précédente.

OPTIQUE. — *Sur les propriétés optiques des couches multiples alternées en nombre limité.* Note de M. **Nicolas Cabrera**, présentée par M. Albert Pérard.

L'on montre comment l'étude de la propagation de la lumière dans un milieu indéfini, présentée dans une Note précédente (1), peut faciliter le calcul des propriétés d'un nombre limité de couches.

1. Dans une Note précédente (1) nous avons étudié les modes de propagation dans un nombre indéfini de couches transparentes alternées d'indices n_1 et n_2 et d'épaisseurs d_1 et d_2. Pour caractériser ces ondes, le plus simple est de définir un vecteur $F_1(E_1, H_1)$ dont les composantes sont les composantes tangentielles des champs électrique E_1 et magnétique H_1, sur le plan, pris comme origine, limitant à gauche la couche 1 d'indice n_1. Dans un milieu indéfini à structure périodique, le vecteur F_{2p+1} correspondant à la couche $2p+1$, toujours d'indice n_1, doit s'écrire :

$$F_{2p+1} = t^p F_1,$$

où le facteur t est donné par

$$(1)\quad \begin{cases} t = e^{\pm\psi}, \qquad \operatorname{ch}\psi = \dfrac{\cos 2\delta_+ - r^2 \cos 2\delta_-}{1-r^2}, \\ 2\delta_\pm = \varphi_1 \cos\theta_1 \pm \varphi_2 \cos\theta_2, \qquad \varphi_1 = \dfrac{2\pi}{\lambda} n_1 d_1 \qquad \varphi_2 = \dfrac{2\pi}{\lambda} n_2 d_2, \end{cases}$$

r est le facteur de réflexion de Fresnel au passage entre les indices n_1 et n_2, et θ_1 et θ_2 les angles d'incidence. D'autre part, le rapport E_1/H_1 s'écrit

$$\frac{E_1}{H_1} = Z_1 \frac{1+r_1}{1-r_1},$$

où $Z_1 = c/(n_1 \cos\theta_1)$ ou $(c/n_1)\cos\theta_1$ est l'impédance caractéristique du milieu n_1 selon que la polarisation est normale ou parallèle au plan d'incidence, et le

(1) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1045.

coefficient r_1, facteur de réflexion dans les couches d'indice n_1, est donné par

$$(2) \qquad r_1 = \exp(\pm\psi_1 - i\varphi_1\cos\theta_1), \qquad \text{ch}\,\psi_1 = \frac{\sin 2\delta_+ - r^2 \sin 2\delta_-}{2r\sin(\varphi_2\cos\theta_2)}.$$

Les facteurs t et r_1 (ou le vecteur F_1) caractérisent complètement la propagation. L'on remarquera qu'il y a deux solutions, l'une correspondant à la propagation dans la direction $+z$ [signe — dans les formules (1) et (2)] qui sera représentée par $t(<1)$ et F_1^+ (ou r_1^+), et l'autre correspondant à la direction de propagation $-z$ (signe $+$) représentée par t^{-1} et F_1^-(ou r_1^-).

2. Si l'on a un nombre limité $s-1$ de couches, placées entre deux milieux d'indice n_0 et n_s, la propagation à l'intérieur du système de couches n'est plus représentable par l'une des deux solutions ci-dessus, mais par une combinaison linéaire des deux. Soient, par exemple, $2k$ couches alternées placées entre les plans $z=0$ et $z=k(d_1+d_2)$. Soit F_0 le vecteur représentant, sur le plan $z=0$, les ondes incidente et réfléchie dans le milieu d'indice n_0, et F_s celui représentant, sur le plan $z=k(d_1+d_2)$, l'onde transmise dans le milieu n_s. Les conditions aux limites s'écrivent alors :

$$F_0 = aF_1^+ + bF_1^-, \qquad F_s = at^kF_1^+ + bt^{-k}F_1^-;$$

d'où l'on peut tirer a, b et l'amplitude des ondes réfléchie R et transmise T par l'ensemble des couches. Nous donnons ci-dessous les formules pour le cas plus intéressant du point de vue pratique, d'un nombre $k+1$ de couches d'indice n_1 et k d'indice n_2

$$(3) \quad \begin{cases} T = \Delta^{-1}(1+r_0)(1+r_s)(r_1^+ - r_1^-), \\ R = \Delta^{-1}[t^{-k}(r_0+r_1^+)(r_se^{-i\zeta_1} - r_1^-e^{i\zeta_1}) - t^k(r_0+r_1^-)(r_se^{-i\zeta_1} - r_1^+e^{i\zeta_1})], \\ \Delta = t^{-k}(1+r_0r_1^+)(r_se^{-i\zeta_1} - r_1^-e^{i\zeta_1}) - t^k(1+r_0r_1^-)(r_se^{-i\zeta_1} - r_1^+e^{i\zeta_1})], \end{cases}$$

avec $\zeta_1 = \varphi_1\cos\theta_1$, et où r_0 et r_s sont les facteurs de réflexion de Fresnel entre les milieux n_0 et n_1, et n_1 et n_s respectivement.

3. Sur les formules (1) et (2) l'on voit que $\text{ch}^2\psi > 1$ entraîne $\text{ch}^2\psi_1 < 1$ et vice versa. On peut donc distinguer, dans le comportement optique d'un système de couches, limité ou non, des bandes de réflexion et des bandes de transmission.

a. Bandes de réflexion. — Alors $\text{ch}^2\psi > 1$, $\text{ch}^2\psi_1 < 1$, d'où $|t| < 1$, $|r_1| = 1$. Nous aurons donc dans chaque couche élémentaire des ondes stationnaires, dont l'amplitude diminue lorsqu'on passe d'une couche à la suivante. Si le système de couches est indéfini, il n'y a pas de transport d'énergie. Pour un nombre $2k+1$ de couches, la valeur du facteur de transmission est essentiellement déterminée par celle de t^{-2k}. Lorsque k est suffisamment élevé, le facteur de réflexion (3) devient

$$(4) \qquad R = \frac{r_0 + r_1^+}{1 + r_0r_1^+},$$

d'où l'on peut tirer le changement de phase à la réflexion; on retrouve ainsi des résultats discutés récemment par Ch. Dufour [2].

b. Bandes de transmission. — Alors $\mathrm{ch}^2\psi < 1$, $\mathrm{ch}^2\psi_1 > 1$, $|t| = 1$, $|r_1^+| < 1$. Il s'agit donc d'ondes progressives, avec un transport d'énergie dans tous les cas, et une certaine proportion de réflexion. La présence de termes tels que

$$t^{-k} - t^k = 2\sin(k\psi') \quad \text{où} \quad \psi = i\psi',$$

dans les expressions (3), fait que les facteurs T et R varient d'une façon oscillante. Le nombre d'oscillations augmente avec le nombre de couches, mais leur amplitude reste la même. Ce n'est que lorsqu'on passe à la limite théorique d'un nombre infini de couches que le facteur de réflexion est donné par (4), où les oscillations ont disparu.

SPECTROSCOPIE. — *Sur les spectres d'absorption infrarouges (région de* 10 *à* 15 μ) *de semicarbazones, thiosemicarbazones et dinitro*-2.4 *phénylhydrazones d'ionones, d'irones (méthyl*-6 *ionones) et de substances apparentées.* Note de MM. **Yves-René Naves** et **Jean Lecomte**, présentée par M. Jean Cabannes.

La méthode des poudres permet : *a.* d'obtenir facilement les spectres d'absorption infrarouges (région de 10 à 15 μ) de semicarbazones, thiosemicarbazones et dinitro-2.4 phénylhydrazones d'ionones, d'irones (méthyl-6 ionones) et de substances apparentées; *b* : de confirmer, sur ces produits cristallisés, utilisés pour la définition analytique, les résultats antérieurs concernant les cétones liquides qui en dérivent.

Au lieu d'examiner comme précédemment [1] les ionones, les irones [2] (méthyl-6 ionones) et leurs produits d'hydrogénation, qui sont liquides dans les conditions ordinaires, nous avons étudié *directement* des dérivés cristallisés dont on tire parti pour leur définition analytique. Les spectres d'absorption, entre 10 et 15 μ environ, des semicarbazones, thiosemicarbazones et dinitro-2.4 phénylhydrazones s'obtiennent facilement par la méthode des poudres, dont les possibilités ont été rappelées récemment [3]. Elle donne, dans notre cas, avec une précision suffisante, les positions et les intensités relatives des bandes d'absorption.

Il est prudent, en toute manière, et en constante pratique, d'examiner parallèlement plusieurs séries de dérivés. Les radicaux introduits par le

(2) *Rev. d'Optique*, 31, 1952, p. 1.

(1) Naves et Lecomte, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 924.

(2) Nomenclatures : Naves, *Helv. chim. Acta*, 32, 1949, p. 969; *Bull. Soc. chim., Fr.*, 1950, p. D. 100.

(3) Lecomte, *J. Phys. Rad.*, 12, 1951, p. 827.

réactif d'identification, principalement par le groupement phényl, conduisent, en effet, à un spectre plus ou moins compliqué, qui risque de masquer certaines régions d'absorption propre aux ionones, aux irones et à leurs dérivés. La distinction entre les bandes d'absorption des deux origines est facilitée par la comparaison avec les spectres infrarouges de nombreux dérivés monosubstitués du benzène ou trisubstitués 1.2.4 (en particulier avec des groupements nitro en 2.4), qui ont été mesurés par l'un de nous.

Comme précédemment, nous avons recherché : 1° les bandes caractéristiques de la liaison éthylénique dans la chaîne latérale et de la liaison semi-cyclique, en comparant entre eux les spectres des dérivés des cétones isomères et des cétones résultant de leur hydrogénation; 2° les maxima d'absorption qui permettraient de distinguer entre eux les isomères α et β, ainsi que les stéréo-isomères.

1. La vibration gauche, bien connue, du groupement —CH=CH— de la chaîne latérale des ionones, des irones et de la *cis*-dihydro ionone donne une absorption aisément caractérisable dans les spectres des *phényl-semicarbazones* et des *dinitro-phénylhydrazones* dans la région de 965 à 980 cm^{-1}, c'est-à-dire un peu déplacée par rapport aux cétones elles-mêmes [1], tandis que les spectres des semicarbazones et des thiosemicarbazones montrent dans cette région des absorptions d'origines différentes et parfois intenses.

Avec les irones γ et la dihydro-γ-irone, le groupement $>C=CH_2$ donne lieu à son absorption forte et caractéristique vers 885 cm^{-1} dans les spectres des *semicarbazones* et des *dinitro-phénylhydrazones*, tandis que plusieurs des thiosemicarbazones et surtout les phénylsemicarbazones possèdent, dans cette zone ou dans des zones proches, des maxima attribuables à d'autres fonctions.

L'influence de la stéréoisomérie éthylénique (irones α et β) est particulièrement nette chez les dinitro-phénylhydrazones (973 cm^{-1} chez les dérivés de l'α-irone (*cis*) F 125-126°; 978 cm^{-1} chez celui de la néo-α-irone (*trans*) F 153,5-154°; 973 cm^{-1} chez la dinitro-phénylhydrazone de la γ-irone (*cis*) F 126-127° et 980 cm^{-1} chez celle de la néo-γ-irone (*trans*) F 146-146,5° [5]). Elle reste semblable chez les phénylsemicarbazones des irones α [973 cm^{-1} pour celle de l'α-irone (*cis*) et 976 cm^{-1} pour celle de la néo-α-irone (*trans*)].

2. Comme pour les cétones, la position α de la double liaison cyclénique se traduit par des absorptions entre 798 et 810 cm^{-1} (818 à 825 cm^{-1} chez les dérivés de la dihydro-α-ionone), qui possèdent des intensités moyennes dans les spectres des *semicarbazones*, des *thiosemicarbazones* et des *phényl-semicarbazones*, tandis que les dinitro-phénylhydrazones ne présentent aucune bande notable aux environs de 800 cm^{-1}.

L'influence de la stéréoisomérie cyclanique (irones α et iso-α-irone) et les dihydro-irones correspondantes) semble, en tout état de cause et dans le domaine étudié, assez subtile.

En conclusion, la méthode des poudres permet d'examiner facilement les produits d'identification, solides dans les conditions normales, des ionones, des irones ou des cétones di-ou tétrahydrogénées, sans nécessiter plus de 1 mg, et parfois moins, de substance. Si les substances sont bien choisies, on peut déduire des spectres d'absorption infrarouges des conclusions importantes concernant les structures moléculaires. Nous avons pu, de cette manière, reconnaître déjà que des dinitro-phénylhydrazones, dans lesquelles d'autres auteurs n'ont voulu voir que des polymorphies ([4]), correspondent en réalité à des spectres différents, donc à des irones isomères : il en est ainsi, par exemple, pour les dinitro-phényl-hydrazones des irones γ décrites par l'un de nous ([5]).

SPECTROSCOPIE. — *Une solution simple du problème de la fonction potentielle et des coordonnées normales pour les molécules polyatomiques.* Note de M. **Marcel Larnaudie**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les données spectrales infrarouges et Raman fournissent des indications précieuses sur les champs de forces intervenant dans les molécules. Nous rappellerons la forme des relations fondamentales obtenues par E. B. Wilson ([1]).

Soient Q_i les coordonnées normales du système mécanique constitué par les noyaux atomiques, rangées de telle manière qu'elles correspondent à des fréquences de vibration décroissantes, et $\mathcal{R}_i$ un autre système, par exemple les coordonnées internes de vibration de valences et de déformation angulaire, ou mieux, si la molécule le permet, des coordonnées symétriques supposées choisies telles qu'il n'y ait pas de coordonnées surabondantes. Les deux systèmes sont liés par

$$\mathcal{R} = WQ \quad \text{ou} \quad Q = X\mathcal{R} \quad (Q \text{ et } \mathcal{R}, \text{ matrices colonnes}).$$

Par définition des coordonnées normales, les énergies cinétique et potentielle valent

$$2T = \sum_i \dot{Q}_i^2 = \dot{Q}'Q, \quad 2V = Q'\Lambda Q,$$

Λ étant la matrice diagonale des termes spectraux.

([4]) Cité par Naves, *Helv. chim., Acta,* 32, 1949, p. 2192.

([5]) Naves, *Bull. Soc. chim. Fr.,* 1950, D 101.

([1]) *J. Chem. Phys.,* 9, 1941, p. 76.

Dans le système $\mathcal{R}$, les énergies ont pour expressions :

$$2T = \dot{\mathcal{R}}'\mathcal{G}^{-1}\dot{\mathcal{R}}, \qquad 2V = \mathcal{R}'\mathcal{F}\mathcal{R},$$

$\mathcal{G}$ étant la matrice « énergie cinétique inverse » de Wilson et $\mathcal{F}$ la matrice des constantes de force et d'interaction.

De l'égalité de ces expressions, on tire

$$\mathcal{G} = WW', \qquad (1)$$

$$\mathcal{F} = X'\Lambda X. \qquad (2)$$

Les coordonnées normales ne peuvent donc, pas plus que la fonction potentielle être déterminées avec exactitude à partir de l'expérience, puisque seules Λ et $\mathcal{G}$ doivent être considérées comme connues.

Une solution approximative simple peut pourtant être imaginée. Si les $[p(p-1)/2]$ paramètres sont fixés en annulant un nombre égal d'éléments de W, le problème aura une solution bien déterminée. Le système ainsi obtenu a été résolu par P. Torkington [2] par un procédé qui conduit à des calculs de déterminants longs et fastidieux.

Nous avons utilisé la méthode suivante, beaucoup plus rapide : Soit à déterminer $W = X^{-1}$ de la forme

$$W = \begin{pmatrix} w_{11} & 0 & & 0 \\ w_{21} & w_{22} & & \\ \cdots & \cdots & & \\ w_{i1} & \cdots & w_{ii} & \\ \cdots & \cdots & \cdots & 0 \\ w_{p1} & \cdots & \cdots & w_{pp} \end{pmatrix} \quad \text{et} \quad X = \begin{pmatrix} x_{11} & 0 & & 0 \\ x_{21} & x_{22} & & \\ \cdots & \cdots & & \\ x_{i1} & \cdots & x_{ii} & \\ \cdots & \cdots & \cdots & 0 \\ x_{p1} & \cdots & \cdots & x_{pp} \end{pmatrix}.$$

L'expression (1) permet de calculer facilement W par récurrence,

$$w_{11}^2 = g_{11},$$
$$w_{11}w_{21} = g_{21},$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots,$$
$$w_{21}^2 + w_{22}^2 = g_{22}.$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$

La relation générale étant

$$\sum_{\alpha=1}^{i} w_{i\alpha}w_{j\alpha} = g_{ij} \qquad (i = 1, 2, \ldots, j;\ j = 1, 2, \ldots, p).$$

On détermine tout aussi facilement la matrice inverse X :

$$x_{11}w_{11} = 1,$$
$$x_{21}w_{11} + x_{22}w_{21} = 0,$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots,$$
$$x_{22}w_{22} = 1,$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$

(2) *J. Chem. Phys.*, 17, 1949, p. 1026.

La relation générale étant

$$\sum_{\alpha-i}^{j} x_{i\alpha} w_{\alpha j} = \delta_{ij} \qquad (\delta_{ij}, \text{ symbole de Frobenius}).$$

Les lignes de X donnent les coordonnées normales non normalisées en fonction des coordonnées symétriques $\mathcal{R}$. Pour les normaliser, il suffit de multiplier chaque ligne par le facteur de normalisation N_k :

$$\xi_{ki} = x_{ki} N_k, \qquad \text{avec} \quad N_k = \left[\sum_i x_{ki}^2 \right]^{-\frac{1}{2}}.$$

Les éléments de la fonction potentielle sont donnés par

$$\mathcal{F}_{ij} = \sum_{\alpha} x_{\alpha i} x_{\alpha j} \lambda_{\alpha}.$$

Pour l'exprimer, suivant l'habitude, en fonction des coordonnées de déplacement de valence R [notations d'une précédente Note (3)], il suffit d'appliquer :

$$F_{ij} = \sum_{\beta, \gamma} U_{\beta i} U_{\gamma j} \mathcal{F}_{\beta\gamma}.$$

On peut voir que l'approximation de cette solution consiste à supposer que toute coordonnée normale Q_k correspondant sensiblement à une oscillation de valence $\mathcal{R}_k$ s'exprime, en dehors du terme prépondérant $x_{kk}\mathcal{R}_k$, en fonction des oscillations $\mathcal{R}_j$ plus rapides ($j < k$), mais non en fonction des mouvements plus lents. Bien qu'il soit impossible de comparer à une solution rigoureuse, celle-ci apparaît vraiment proche de la réalité, surtout lorsque les fréquences envisagées sont assez éloignées les unes des autres. La méthode nous a donné, pour le champ moléculaire, des résultats en général satifaisants, dans les applications que nous en avons faites.

DÉCHARGE DANS LES GAZ. — *Caractéristiques en débit continu d'une décharge en haute fréquence*. Note (*) de Mlle **Madeleine Chenot**, présentée par M. Camille Gutton

Une décharge excitée en haute fréquence à travers un gaz à faible pression peut être, dans certaines conditions, le siège d'une f. é. m. constante. Si on l'insère dans un circuit résistant relié à deux électrodes convenablement placées

(3) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 316.

(*) Séance du 25 février 1952.

dans le tube à décharge, un courant continu prend naissance aux dépens de l'énergie de la décharge H. F. ([1]), ([2]).

Les essais ont porté sur 14 tubes différents. Les caractéristiques qui représentent la variation du courant débité i en fonction de la différence de potentiel entre électrodes internes V peuvent affecter des allures très diverses selon les formes de tubes et d'électrodes utilisées. Dans cette Note, j'en décris quelques-unes qui donnent des renseignements particulièrement intéressants pour l'interprétation des phénomènes. Les conventions de signes pour les f. é. m. et les courants sont les conventions habituelles relatives aux générateurs.

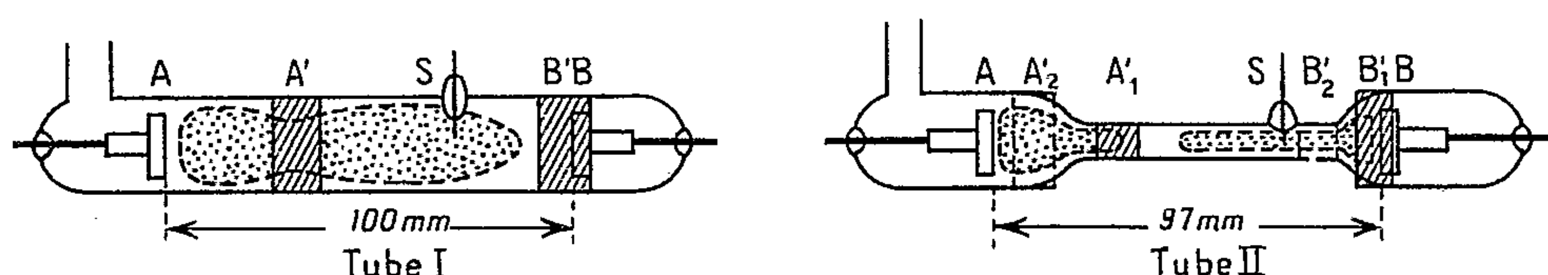


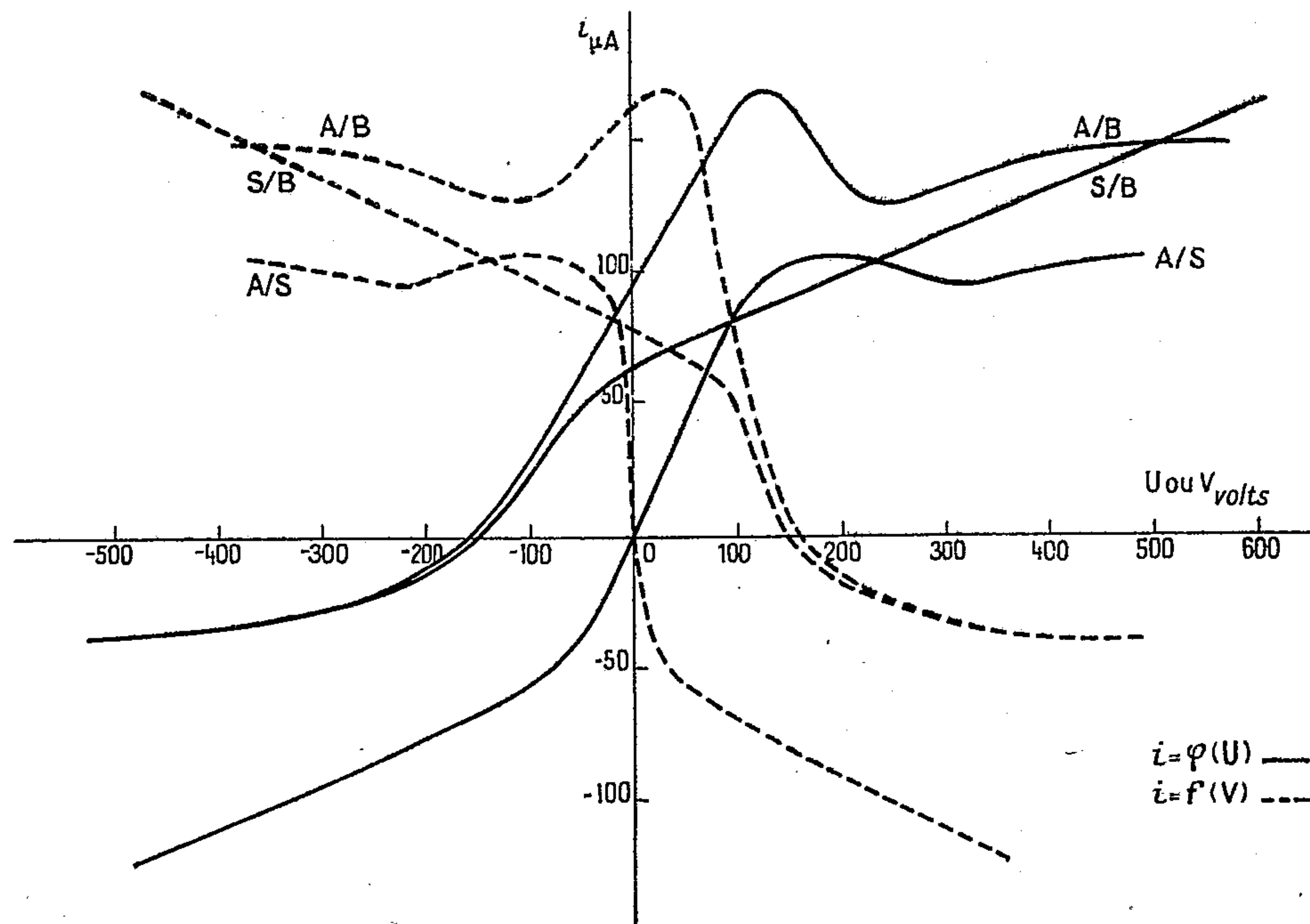
Fig. 1.

Un tube I alimenté à 49 Mc : s (*fig.* 1; les dimensions respectives des différentes parties correspondent à l'échelle indiquée) muni de deux électrodes circulaires en aluminium A et B, portait en outre latéralement une électrode filiforme de tungstène S. La décharge excitée dans la vapeur saturante de mercure à la température de la salle présentait un espace sombre au niveau de l'électrode externe B'; la sonde S plongeait dans la colonne brillante. La tension d'excitation était voisine de 220 V. Le tube était monté en série avec une résistance $R = 1\,M\Omega$ et un générateur de tension continue qui lui appliquait une différence de potention U variable de -600 à $+600$ V. La tension entre électrodes est alors $V = Ri - U$. La figure 2 donne les courbes $i = \varphi(U)$ pour les trois combinaisons d'électrodes, ainsi que les courbes $i = f(V)$. En dehors de particularités sur lesquelles je ne puis insister ici, il faut surtout remarquer que la f. é. m. propre du tube E égale à la valeur de V pour laquelle le courant s'annule, est presque la même entre A et B qu'entre S et B, alors qu'elle est très faible entre A et S. Ceci souligne l'importance de l'espace sombre dans la genèse du phénomène.

Un tube II, alimenté à 55 Mc : s, présentant une partie étroite dans la région médiane (*fig.* 1), a permis d'obtenir une décharge où l'espace sombre n'était pas au contact d'une électrode interne. En l'excitant entre les électrodes A'_1 et B'_1, la sonde S plongeait dans la région brillante du plasma; une série de mesures a donné : $E(B/A) = 188$ V, $E(S/A) = 188$ V et $E(B/S) = 12$ V, donc un comportement analogue à celui du tube précédent. Au contraire, si la sonde

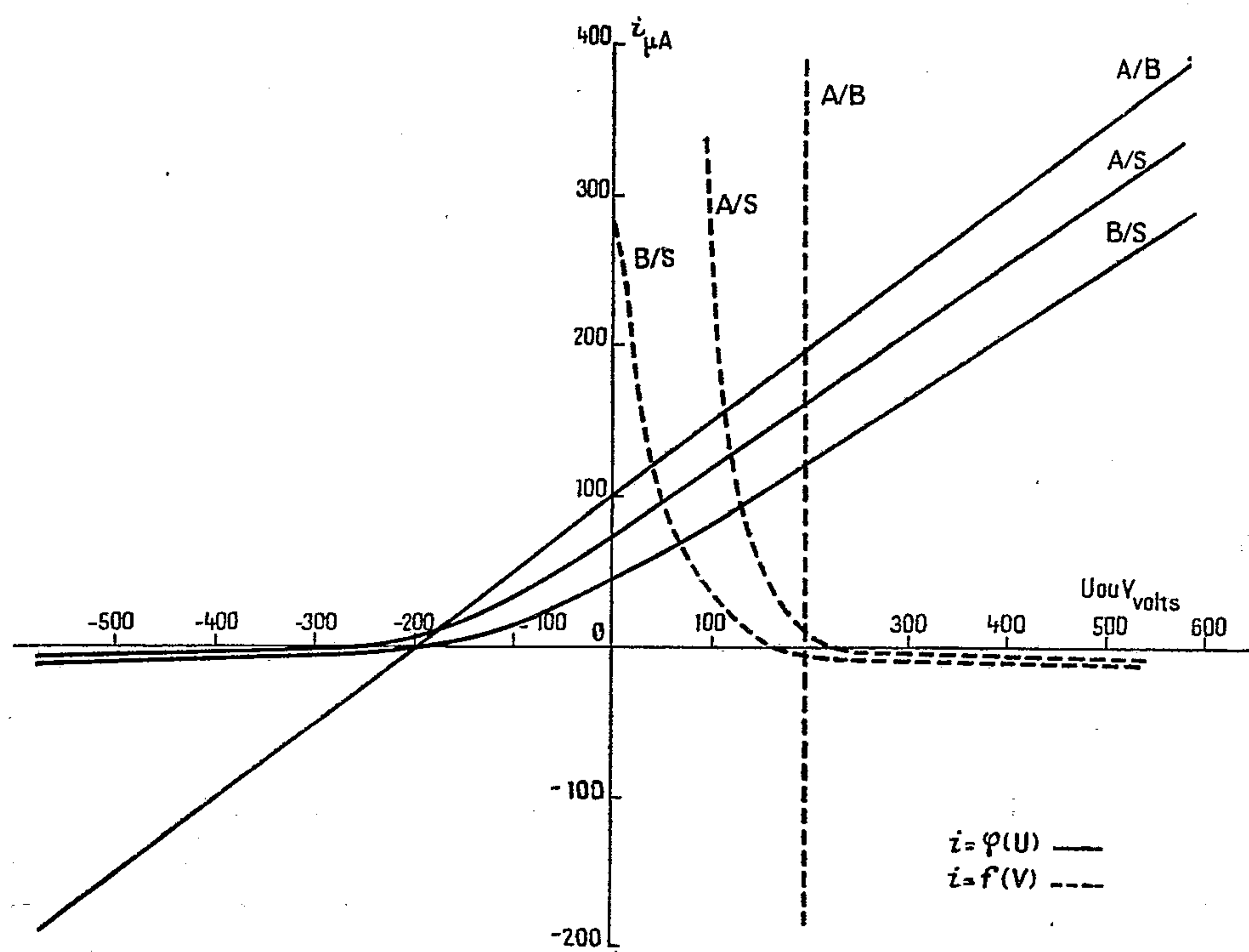
([1]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 45.

([2]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 608.



$i_{\mu A}$
A/B
S/B
A/S
A/B
S/B
A/S
100
50
-50
-100
U ou V volts
-500
-400
-300
-200
-100
0
100
200
300
400
500
600
$i = \varphi(U)$
$i = f(V)$

Fig. 2.



400
$i_{\mu A}$
300
200
100
-100
-200
A/B
A/S
B/S
A/B
A/S
B/S
U ou V volts
-500
-400
-300
-200
-100
0
100
300
400
500
600
$i = \varphi(U)$
$i = f(V)$

Fig. 3.

plongeait dans l'espace sombre, les électrodes externes étant transportées dans les positions A'_2 et B'_2, les trois combinaisons d'électrodes internes donnaient une f. é. m. importante; un essai sous une tension d'excitation voisine de 400 V, avec une résistance $R = 2\,M\Omega$, a fourni les valeurs suivantes : $E(A/B) = 196$ V, $E(A/S) = 244$ V et $E(B/S) = 174$ V. Les courbes $i = \varphi(v)$ et $i = f(V)$ sont représentées sur la figure 3.

L'existence d'une f. é. m. notable dépend donc de la présence d'un espace sombre dans le plasma entre les électrodes utilisées. Si la forme de la caractéristique est influencée par la forme des électrodes, elle dépend surtout de la position de l'espace sombre; lorsque celui-ci n'est pas au voisinage d'une électrode, la courbe est à peu près rectiligne dans la région où le courant s'annule, alors qu'elle présente une courbure marquée si l'espace sombre touche l'électrode.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Étude expérimentale de l'ionisation produite dans les gaz par des mésons de grande énergie.* Note (*) de MM. **Jean Becker**, **Paul Chanson**, **Eugène Nageotte**, Mr **Terence Price**, Miss **Pamela Rothwell** et M. **Pierre Treille**, présentée par M. Leprince-Ringuet.

Description d'une expérience dans laquelle l'impulsion et l'ionisation spécifique de mésons du rayonnement cosmique sont simultanément mesurées : les résultats sont en faveur de l'existence d'un minimum d'ionisation pour une valeur caractéristique de l'impulsion et de l'accroissement logarithmique de l'ionisation au delà de ce minimum.

L'expérience réalisée au cours de l'été 1950 au Laboratoire du Centre National de la Recherche Scientifique à l'Aiguille du Midi de Chamonix (altitude 3 650 m) comporte la mesure de la perte d'énergie d'une particule cosmique au moyen de deux compteurs proportionnels en même temps que celle de son impulsion au moyen d'une chambre de Wilson dans un champ magnétique.

1° Un écran E_1 de 15 cm de plomb arrêtant la composante molle du rayonnement;

2° Trois bancs de compteurs A, B, C, en coïncidence, définissant le télescope;

3° Une chambre de Wilson [décrite ailleurs [1]] dont le volume éclairé a $55 \times 14 \times 6$ cm; le champ magnétique H a varié de 1800 à 2 000 g;

4° Deux compteurs proportionnels superposés P_1 et P_2 dont le volume utile a $25 \times 7{,}2 \times 3{,}2$ cm, remplis de krypton (pression de 40,6 cm de mercure à 18°) et de méthane (pression 4,2 cm). Ces compteurs ont été régulièrement

(*) Séance du 25 février 1952.

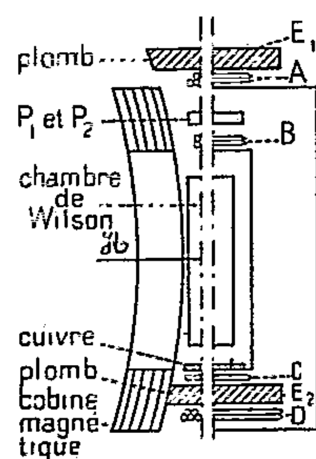
(1) Bastin, Becker, Chanson, Nageotte et Treille, *J. Physique Rad.*, 11, p. 273.

étalonnés, au cours de l'expérience, avec les raies X de zinc, sélénium, palladium radioactifs ([2]). Ils sont reliés à l'oscillographe par des lignes à retard pour que leurs impulsions simultanées soient séparées sur les oscillogrammes;

5° Un quatrième banc de compteurs, D, contrôle l'arrêt de certaines particules dans l'écran E_2 de 8 cm de plomb.

Les indications fournies par les compteurs proportionnels n'ont essentiellement qu'une valeur statistique et doivent être interprétées pour tenir compte des fluctuations de la perte d'énergie de particules de mêmes caractéristiques à la traversée d'un détecteur.

Cette interprétation, traitée théoriquement par Landau ([3]), et Blunck et Leisegang ([4]), a pour base, dans le travail rapporté ici, les résultats expérimentaux obtenus par l'un des auteurs ([5]) avec un compteur proportionnel semblable; la méthode de Behrens ([6]) a été utilisée.



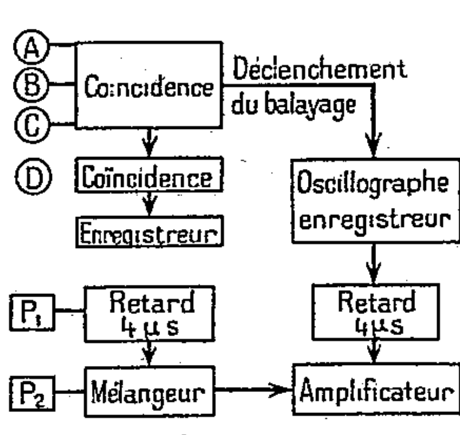


Fig. 1.

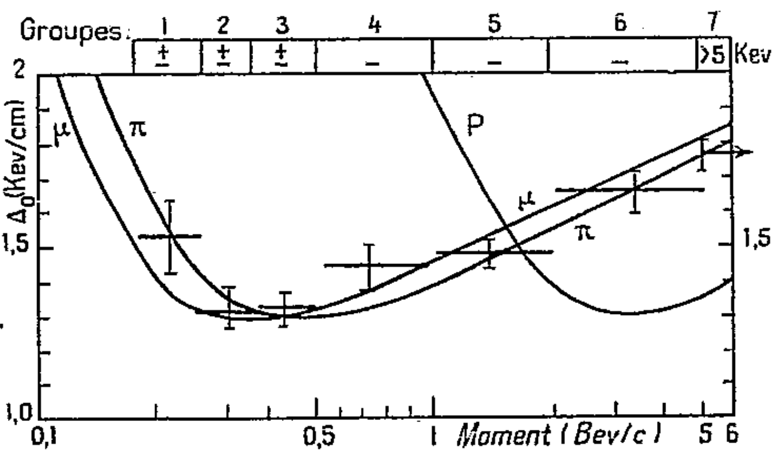


Fig. 2.

On a retenu 800 photographies de la chambre de Wilson, accompagnées chacune des deux enregistrements des compteurs proportionnels. Les particules dont le signe pouvait être précisé ont été réparties en six groupes suivant leurs quantités de mouvement; ces six groupes couvrent au total le domaine de 0,17 à 5 BeV : c. Dans les trois groupes de 0,5 à 5 BeV : c où des protons sont présents on n'a considéré que les particules négatives : les statistiques ne portent donc que sur des mésons μ. (La présence d'environ 10 % de mésons π ne modifie pratiquement pas les résultats). Un septième groupe a été constitué avec les particules dont le signe ne pouvait être déterminé : celles de plus de 5 BeV : c.

La figure 2 montre l'ensemble des résultats obtenus ([7]); l'ionisation y

---

([2]) Rothwell et West, *Proc. Phys. Soc.*, A 63, p. 541.

([3]) *J. Phys.*, *U. R. S. S.*, 8, p. 201.

([4]) *Z. Physik.*, 128, p. 500.

([5]) Rothwell, *Proc. Phys. Soc.*, B 64, p. 911.

([6]) *A. E. R. E.*, Report T/M 50, 1951.

([7]) Une étude détaillée va paraître dans *Proc. Phys. Soc.*

est exprimée par Δ_0, perte d'énergie la plus probable d'un méson par centimètre de parcours dans P_1 et P_2. L'existence d'un minimum d'ionisation au voisinage de 400 MeV : c et d'un accroissement logarithmique pour des impulsions plus grandes est en faveur des théories de Bethe ([8]) et Bloch ([9]). Le dispositif ne permettait pas d'étudier les particules assez rapides pour mettre en évidence le palier prévu par Swann ([10]) et Fermi ([11]).

Ces résultats ont été récemment confirmés par une expérience où l'ionisation d'un gaz par les mésons est déduite du nombre des grains de leurs traces dans une chambre de Wilson ([12]); ils sont en nette contradiction avec ceux d'auteurs qui ont trouvé un accroissement nul, ou trop faible pour être compatible avec les théories en cours ([13]).

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Étude des rayons* γ *et* X *émis par le protactinium* 231. Note de M. **Michel Riou**, présentée par M. Frédéric Joliot.

On montre que ^{231}Pa émet des rayonnements d'énergie égale à 300, 100, 27 et 15 keV avec des intensités respectives de 4 ± 1, $2,5 \pm 0,5$, 9 ± 2 et 36 ± 5 photons par 100 désintégrations. Discussions sur l'origine de ces rayonnements et le schéma de désintégration.

L'étude des électrons de conversion émis au cours de la transmutation par $^{231}Pa \xrightarrow{\alpha} {}^{227}Ac$ ([1]), ([2]) et l'étude de la structure fine des rayons α ([3]) suggèrent l'existence de raies γ de 352, 323, 294, 95, 66 et 40 keV. De plus Scharff-Goldhaber et Mac Known ([4]) ont mis en évidence l'émission d'une raie γ de 27 keV et d'un rayonnement de 15 keV, sans doute un rayonnement L.

Nous avons cherché à étudier l'ensemble du spectre γ et X par la méthode d'absorption, simple et sélective, et en particulier à déterminer les intensités absolues. Les rayonnements sont détectés par un compteur en bout à xénon ou un compteur ordinaire entouré d'une feuille de plomb, suivant une méthode déjà exposée ([5]).

([8]) *Handbüch der Phys.*, 24, p. 522.
([9]) *Ann. Physik.*, 16, p. 285.
([10]) *J. Franklin Inst.*, 226, p. 598.
([11]) *Phys. Rev.*, 57, p. 485.
([12]) Ghosh, Jones et Wilson, *Proc. Phys. Soc.*, A 65, p. 68.
([13]) Goodman, Nicholson et Rathgeber, *Proc. Phys. Soc.*, A 64, p. 96.

([1]) L. Meitner, *Z. Phys.*, 50, 1928, p. 15.
([2]) J. Teillac, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 650.
([3]) S. Rosenblum, E. Cotton et G. Bouissières, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 825.
([4]) *Phys. Rev.*, 82, 1951, p. 123.
([5]) M. Riou, *J. Phys. Rad.*, 11, 1950, p. 185.

Nous avons disposé de deux sources de 0,09 et 0,098 mC, constituées d'oxyde de protactinium presque pur et soigneusement privé des dérivés radioactifs ([6]).

Les courbes d'absorption dans le cuivre et le plomb permettent de séparer quatre composantes d'énergie 300 ± 10, 100 ± 10, 27 et 15 keV. L'absorption sélective dans des écrans composés des éléments 92, 90 et 83 à 80 permet de montrer que la composante de 100 keV est composée de deux groupes d'énergie 100 ± 10 keV et 87,0 ± 1,2 keV avec un rapport d'intensité de 2,5 ± 0,8 : 1. Le premier groupe pourrait comprendre la raie γ de 95 keV et les raies $K\beta$ et $K\alpha_1$ de l'actinium, raies excitées par la conversion interne des raies γ, le deuxième groupe la raie $K\alpha_2$.

Nous n'avons pu isoler les raies γ de 66 et 40 keV sans doute parce que leur intensité est trop faible. L'absorption dans des écrans composés par les éléments 42 à 56 permet de montrer que la composante de 27 keV se compose d'une raie unique de 27,3 ± 0,6 keV. Enfin, l'analyse avec les éléments 29 à 40 permet de séparer la composante de 15 keV en deux groupes de 14,45 ± 1,75 et 12,27 ± 0,42 keV (rapport d'intensité 1,2 ± 0,4 : 1) qui pourraient être composés respectivement des raies $L\beta$ et $L\alpha$ de l'actinium excitées par conversion interne; mais l'un ou l'autre groupe pourrait comprendre également une raie γ de 13 à 10 keV dont l'existence est suggérée par les différentes données expérimentales.

La détermination des intensités des différentes composantes donne les résultats suivants :

Rayonnement (keV)	300.	100.	27.	15.
Nombre de photons par 100 désintégrations...	4 ± 1	2,5 ± 0,5	9 ± 2	36 ± 5

On pourrait baser une méthode de dosage de ^{231}Pa sans séparation de ses dérivés sur la mesure du rayonnement de 27 keV qui est suffisament intense et que l'on peut aisément isoler par absorption sélective.

Prohaska ([7]) admet par l'étude des coïncidences $\alpha - \gamma$ que le rayonnement de 300 keV a une intensité de 23 photons par 100 désintégrations, ce qui est incompatible avec notre valeur et avec les données sur la structure fine; par contre il obtient pour la composante de 100 keV une intensité de 1,9 % compatible avec nos résultats.

Malgré la complexité de la désintégration, la comparaison entre les intensités des rayonnements γ, des électrons de conversion et des raies α de structure fine permet d'arriver aux conclusions suivantes ([8]) :

([6]) M. G. Bouissières a préparé ces sources. La méthode de préparation a été exposée par G. Bouissières et Haïssinsky (*Bull. Sc. Chim.*, 18, 1951, p. 557.)

([7]) *U. C. R. L.* 1395, août 1951.

([8]) Une discussion plus détaillée paraîtra aux *Annales de Physiques*.

1° Les deux raies γ de 323 et 294 keV (composante de 300 keV), pour lesquelles le coefficient de conversion interne dans la couche K a la valeur $0,9 \pm 0,3$ et le rapport K : L la valeur 1,7, seraient un mélange de rayonnements dipolaire magnétique et quadripolaire électrique;

2° la composante de 100 keV est composée presque uniquement par les raies K de l'actinium, la raie γ de 95 keV (coefficient de conversion interne dans la couche L supérieur à 4) devant avoir une intensité beaucoup plus faible, ce serait un rayonnement dipolaire ou quadripolaire magnétique;

3° les rayonnements de 66 et 40 keV qui sont très convertis (les coefficients de conversion interne dans la couche L sont respectivement supérieurs à 6 et 24) sont des multipôles électriques de polarité au moins 2^3 ou des multipôles magnétiques;

4° le rayonnement γ de 27 keV est anormalement peu converti (coefficient de conversion interne dans la couche L inférieur à 4), ce peut être un dipôle électrique ou un rayonnement sans conversion interne, analogue au rayonnement de 50 keV émis par le radioactinium;

5° enfin, les valeurs des moments angulaires des noyaux ^{231}Pa et ^{227}Ac, égales toutes deux à 3/2 ([9]), ([10]), et la théorie de l'émission α conduiraient à admettre que la transition α entre les niveaux fondamentaux est la plus probable alors que les mesures de structure fine α ont montré qu'elle était moins probable que les transitions vers les niveaux excités de ^{227}Ac.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Élimination des coïncidences ayant pour cause la diffusion en arrière des électrons dans un dispositif à compteurs sans paroi. Résultats pour* ^{32}P *et* ^{35}S. Note de M. **Maurice Duquesne**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Dans l'étude du rayonnement des émetteurs ^{32}P et ^{35}S avec des compteurs sans paroi, nous observons l'existence de coïncidences dont l'importance est liée à la géométrie du support de source.

La source est placée entre les compteurs G.-M. I et II (*fig.* 1), les angles solides étant les mêmes ($\omega = 7/100$). Des écrans, commandés magnétiquement de l'extérieur, peuvent être interposés entre la source et le compteur I.

Le support de source est constitué par un disque de cuivre dont le diamètre extérieur est nettement supérieur aux diamètres des compteurs et dont l'épaisseur est calculée de façon à absorber complètement des électrons ayant l'énergie maximum du spectre β du nuclide étudié. Ce disque est percé en son centre d'un trou de surface S; une feuille de L. C. 600

([9]) Schuler et Gollnow, *Naturwiss*, 22, 1934, p. 511.

([10]) Tomkins, Fred et Meggers, *Phys. Rev.*, 84, 1951, p. 168.

d'environ 20 $\mu g : cm^2$ est tendue sur le disque et la source déposée au centre de la surface S.

Nous avons vérifié que les compteurs ne s'entraînaient pas et la comparaison de l'absorption dans le béryllium et l'aluminium montre qu'un

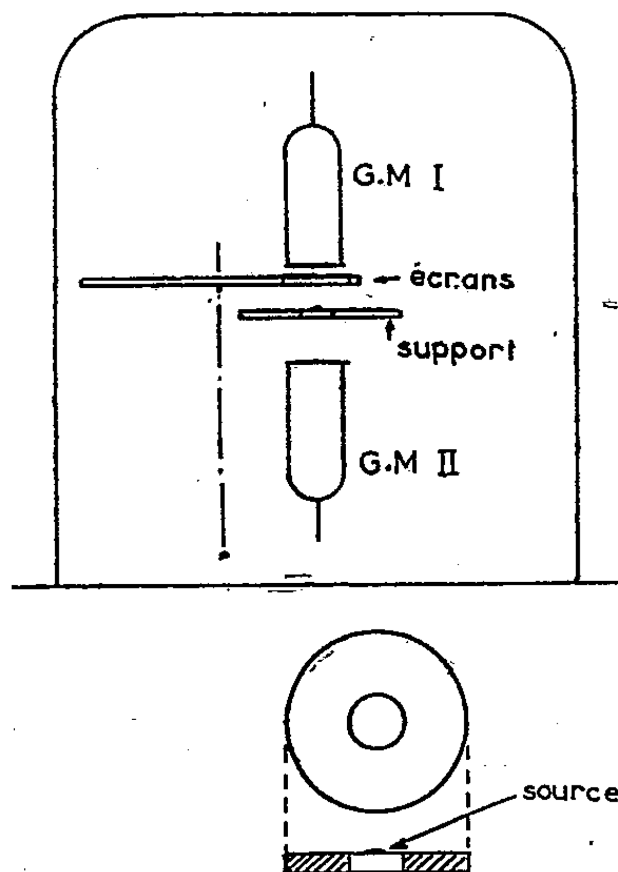


Fig. 1.

rayonnement photonique important ne peut être responsable des coïncidences. Enfin, la masse d'argon interposée entre source et compteur étant de l'ordre de 0,8 mg : cm², nous ne pouvons détecter que les électrons dont l'énergie est supérieure à 20 keV.

Considérons les rapports N_c/N et N_c/NS (N_c = nombre de coïncidences par minute; N = nombre de désintégration par minute dans l'angle ω; S = surface définie plus haut).

Si les rayons en coïncidences sont issus de la source, le rapport N_c/N est indépendant de S ($N_c/N = a$), tandis que le rapport N_c/NS croît quand S diminue.

Si les coïncidences sont dues à la diffusion, le rapport N_c/N n'est plus indépendant de la surface S qui constitue le seul passage possible entre les compteurs I et II. Dans ce cas, N_c/N tend vers zéro en même temps que S, tandis que pour des valeurs relativement faibles de S, N_c/NS est constant et a la valeur $N_c/NS = b$.

Dans le cas où les deux phénomènes ci-dessus se superposent, la courbe $N_c/N = f(S)$ ne passe pas par l'origine pour $S = 0$, mais par la valeur (a) caractérisant les coïncidences vraies. La courbe $N_c/NS = g(S)$ décroît quand S augmente et tend vers l'ordonnée constante (b), caractérisant la diffusion entre les deux compteurs.

Nous avons, pour ^{32}P et ^{35}S, établi les courbes d'absorption de N_c en fonction de la masse d'aluminium traversée en milligrammes par centimètre carré (*fig.* 2), S étant de l'ordre de grandeur de la section des compteurs, soit 2 cm². Nous avons réalisé ensuite un certain nombre

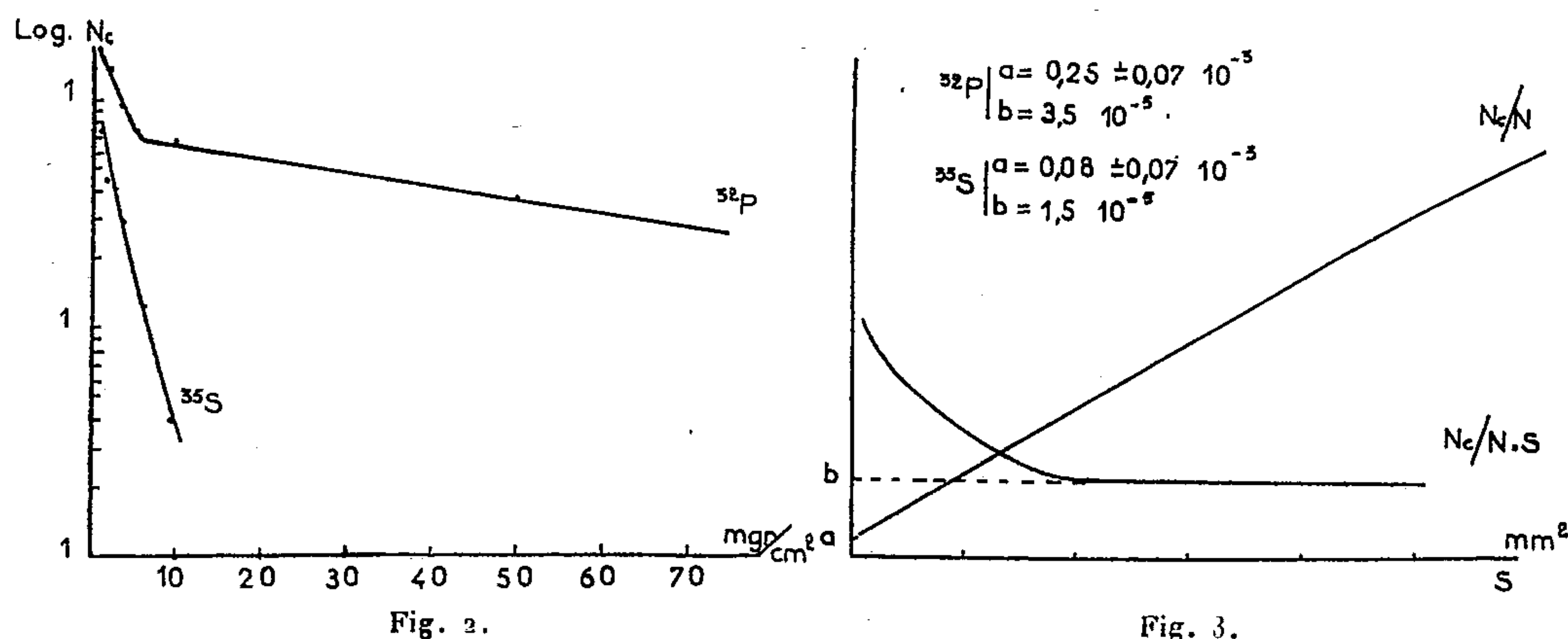


Fig. 2. Fig. 3.

d'expériences avec des S différents, à chaque fois nous avons mesuré le mouvement propre en coïncidences avec la même géométrie du support de source. N_c est corrigé de ce mouvement propre. Les courbes $N_c/N = f(S)$ et $N_c/NS = g(S)$ (*fig.* 3), ont été construites jusque $S = 0{,}8$ mm²; elles montrent que la presque totalité des coïncidences observées étaient dues aux réflexions. En effet, la valeur extrapolée N_c/N est, dans le cas de ^{32}P, $a = 0{,}25 \pm 0{,}07.10^{-3}$ et pour le ^{35}S, $a = 0{,}08 \pm 0{,}07.10^{-3}$.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur l'existence de produits radioactifs artificiels dans les eaux de pluie de la région parisienne.* Note (*) de MM. **Marcel Abribat, Robert Pinoir, Jacques Pouradier** et Mlle **Anne-Marie Venet**, présentée par M. Eugène Darmois.

Dans de récentes communications, M. Garrigue (1) a montré l'existence dans l'atmosphère, de deux corps radioactifs complexes, qu'il désigne par « A » et « A' » et qui, selon lui, proviennent d'explosions de bombes atomiques. D'autre part, à la suite de l'explosion de la première bombe atomique expérimentale, Webb (2) a observé que des produits de fission avaient été entraînés au loin et que leur concentration, à plus de 1600 km du lieu de l'explosion, avait été suffisante pour contaminer

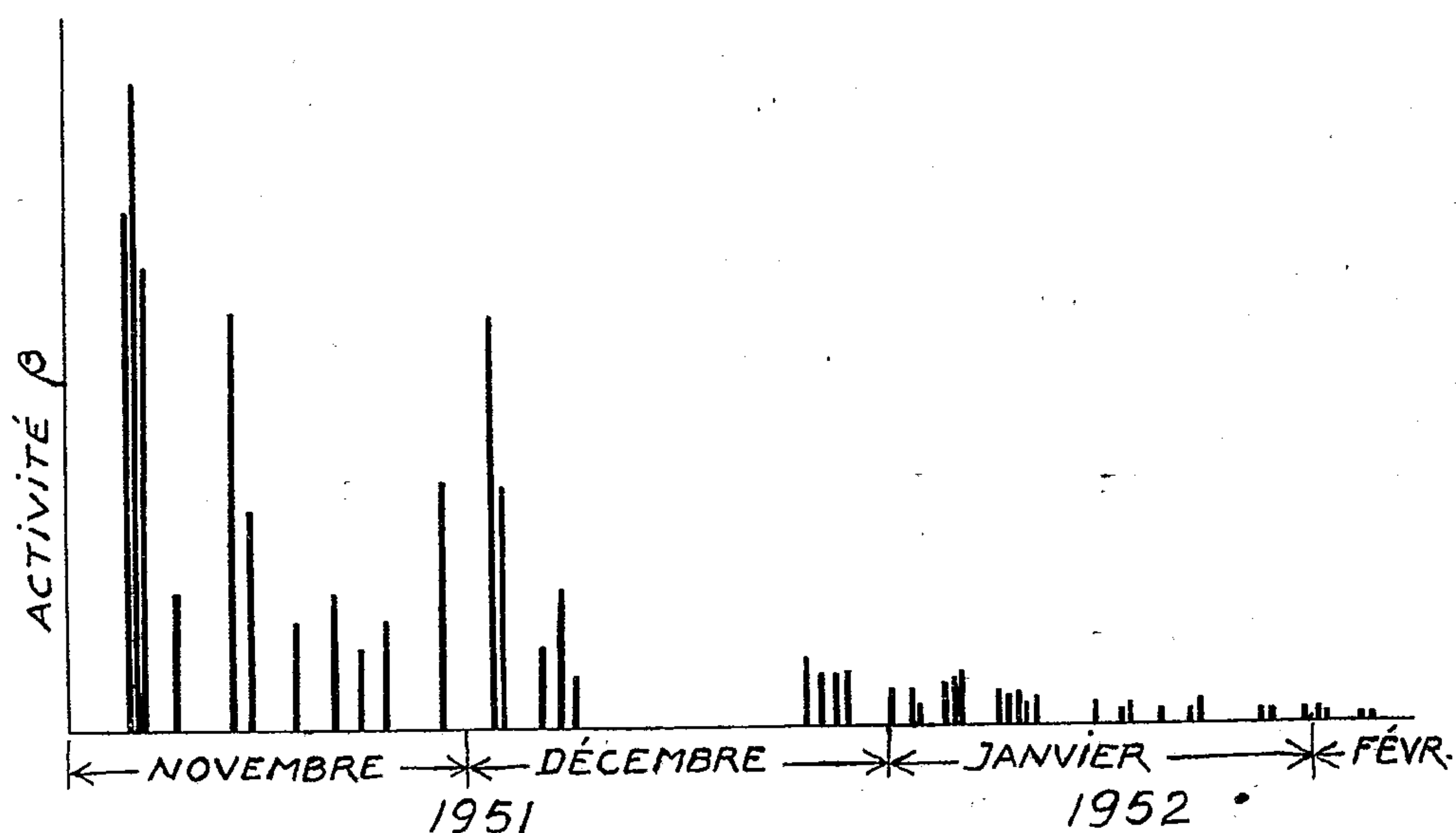
(*) Séance du 11 février 1952.

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 2279, **232**; 1951, p. 1003; **233**, 1951, p. 860 et p. 1447.

(2) *Phys. Rev.*, **76**, 1949, p. 1375-1380.

des cartons et pour les rendre inutilisables à l'emballage de films photographiques. En raison de l'importance considérable que ces problèmes présentent pour l'industrie photographique, nous avons entrepris au Laboratoire de Recherches Kodak-Pathé l'étude de la radioactivité de l'atmosphère dès que la presse eut signalé les explosions du Névada.

Nos mesures ont porté principalement sur les eaux de pluie. Après évaporation, les résidus secs de chacune des précipitations recueillies ont été étudiés au compteur Geiger-Müller. Les résultats obtenus avec un compteur pour rayons β, correspondant à un litre d'eau de pluie, sont rassemblés sur la figure ci-jointe, dans laquelle figurent en abscisses les dates des chutes de pluie examinées et en ordonnées des longueurs proportionnelles aux activités β (mouvement propre déduit) mesurées au compteur 24 h après la précipitation.



On voit, d'après cette figure, que la radioactivité varie considérablement d'une pluie à une autre, les périodes d'activité accrue apparaissant entre 8 et 15 jours après l'explosion d'une bombe (22 octobre, 5 et 19 novembre). Pendant l'intervalle de temps considéré, les précipitations ont été particulièrement nombreuses, ce qui a été très favorable à nos essais. Cependant, pour l'interprétation des résultats, on doit tenir compte de l'absence de précipitations pendant certaines périodes (par exemple du 25 au 29 novembre, et du 9 au 25 décembre.

Il faut remarquer que l'activité observée pendant le mois de janvier 1952, bien que très faible, peut être encore supérieure au niveau normal. Il est

possible qu'un long intervalle de temps soit nécessaire pour que la contamination de l'atmosphère disparaisse complètement.

On a vérifié que les substances radioactives entraînées par les pluies sont bien des éléments artificiels en montrant qu'elles se désintégraient sans émission de particules α. Dans ce but, les résidus secs obtenus ont été placés directement au contact de plaques pour enregistrement de trajectoires de particules α et, après des temps de contact variables, les plaques ont été traitées et observées au microscope. Un échantillon d'uranium ayant la même activité au compteur pour rayonnement β que les résidus secs étudiés servait de témoin. L'observation d'un grand nombre de plaques a montré que l'émission α des résidus secs était inférieure au millième de celle de l'uranium. On peut donc considérer que les quelques traces observées sont probablement dues à la radioactivité d'origine naturelle qui n'est certainement jamais nulle.

En suivant la décroissance de l'activité de tous les extraits secs recueillis, on a constaté qu'ils étaient constitués par un mélange de radioéléments dont les périodes sont comprises entre quelques jours et plusieurs mois. Nous reviendrons sur ce point dans une Note ultérieure.

En conclusion, il apparaît que les éléments radioactifs entraînés par les pluies étudiées sont des éléments artificiels et la correspondance entre les dates des explosions et celles des maxima d'activité semble prouver qu'ils proviennent des bombes d'essais.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude spectroscopique infrarouge et Raman des acides trifluoroacétiques léger et lourd.* Note de Mlle **Marie-Louise Josien**, MM. **Nelson Fuson**, **James R. Lawson** et **Ernest A. Jones**, présentée par M. Paul Pascal.

Pour la première fois, croyons-nous, les spectres des molécules CF_3COOH et CF_3COOD ont été examinés. Les conclusions suivantes dont les détails seront publiés ailleurs sont acquises :

1. Les spectres des acides léger et lourd, à l'état de vapeur, à température ordinaire, correspondent à un mélange de deux sortes de molécules, molécules libres et molécules associées, dont l'existence avait déjà été révélée par diffraction électronique [1].

2. Les principales bandes d'absorption correspondant au groupe COOH [2]

---

(1) J. Karle et L. O. Brockway, *Journal of the American Chemical Society*, 66, 1944, p. 574.

(2) J. Lecomte, « Structure des Molécules », Traité de Chimie Organique, t. II, Masson, Paris, 1936; A. M. Buswell, W. H. Rodebush et M. F. Roy, *Journal of the American Chemical Society*, 60, 1938, p. 2239; M. M. Davies et G. B. B. M. Sutherland, *Journal*

et au groupe COOD ont pu être identifiées grâce à l'étude comparée des deux acides à des pressions de vapeur différentes, et à des concentrations variables en solution dans le tétrachlorure de carbone.

a. Pour l'acide léger, la fréquence de valence libre OH infrarouge est 3 587 cm^{-1} à l'état de vapeur, 3 500 cm^{-1} en solution dans le tétrachlorure de carbone, tandis que les fréquences OH des molécules associées valent respectivement 3 000 cm^{-1} et 3 100 cm^{-1}; ces nombres diffèrent peu des fréquences correspondantes de l'acide trichloroacétique qui est, lui aussi, un acide fort. Par comparaison avec les bandes OH de CF_3COOH, les bandes OD, libre et associée, de la molécule CF_3COOD sont déplacées vers les basses fréquences dans un rapport de 1,3.

b. Deux bandes d'absorption infrarouges correspondant à des vibrations de déformation OH libre ont été observées à 1130 cm^{-1} et à 904 cm^{-1}.

c. La fréquence infrarouge de valence du groupe C=O libre est particulièrement grande : 1820 cm^{-1} à l'état de vapeur et 1810 cm^{-1} en solution dans le tétrachlorure de carbone; elle n'est pas affectée sensiblement par la deutérisation. La bande Raman correspondante est extrêmement intense. Cette élévation de la fréquence de valence C=O sous l'influence du fluor se retrouve dans le trifluoroacétate d'éthyle (1802 cm^{-1}, vapeur), dans l'anhydride trifluoroacétique (1818 et 1884 cm^{-1}, vapeur) et dans l'ion carboxylique du trifluoroacétate de sodium (1687 cm^{-1}, solide). Pour tous ces composés fluorés, les fréquences C=O sont beaucoup plus grandes que les valeurs trouvées pour des composés analogues, y compris les homologues chlorés.

d. Deux bandes d'absorption infrarouges dues aux vibrations de valence et de déformation du groupe C—O dans l'acide trifluoroacétique ont pu être identifiées respectivement à 1300 cm^{-1} et 1465 cm^{-1}.

3. La position des bandes de valence infrarouge du groupe CF_3 ont été déterminées par l'étude comparée des deux acides lourd et léger, de l'anhydride trifluoroacétique et des trifluoroacétates de sodium et d'éthyle. Les fréquences trouvées pour CF_3COOH (1244 et 1182 cm^{-1}, vapeur) et pour CF_3COOD (1243 et 1187 cm^{-1}, vapeur) sont en accord avec celles publiées récemment pour le méthylfluoroforme ([3]). Elles contredisent les nombres 601 cm^{-1} et 439 cm^{-1} annoncés par Fonteyne ([4]) pour le trifluoroacétate de sodium

---

of Chemical Physics, 6, 1938, p. 755; M. St. C. Flett, *Journal of Chemical Society*, London, 1951, p. 962; D. Hadzi et N. Sheppard, *The Assignment of the Infrared Frequencies of the* COOH *Group in Carboxylic Acid Dimers*, (Communication faite à la Réunion Internationale de Spectrocopistes, Bâle, Suisse, 28-30 juin 1951).

([3]) J. R. Nielsen, H. H. Classen et D. C. Smith, *Journal of Chemical Physics*, 18, 1950, p. 1471; R. D. Cowan, G. Herzberg, et S. P. Sinha, *Journal of Chemical Physics*, 18, 1950, p. 1538.

([4]) *Naturw. Tijdschr. Belg.*, 24, 1942, p. 161.

d'après une étude Raman. Il est à noter que ces bandes CF_3 très intenses en infrarouge sont faibles en Raman.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Oxydation d'une houille à l'air étudiée par thermogravimétrie entre* 100 *et* 270°. Note de M. **Jean Chéreau**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Comme on le sait depuis les travaux de H. Fayol et H. Le Châtelier, les houilles grasses et flambantes exposées à l'air aux températures inférieures à celles de la pyrogénation subissent, après départ de l'humidité, un alourdissement par fixation d'oxygène et un allègement par décomposition des produits oxydés. La thermogravimétrie en condition isotherme paraissant propre à conférer une précision nouvelle à l'étude de ces deux *phénomènes simultanés*, j'ai appliqué la méthode à la houille flambante de Decazeville, tenant 34 % de matières volatiles, dans l'espoir d'éclairer les réactions préliminaires à la carbonisation.

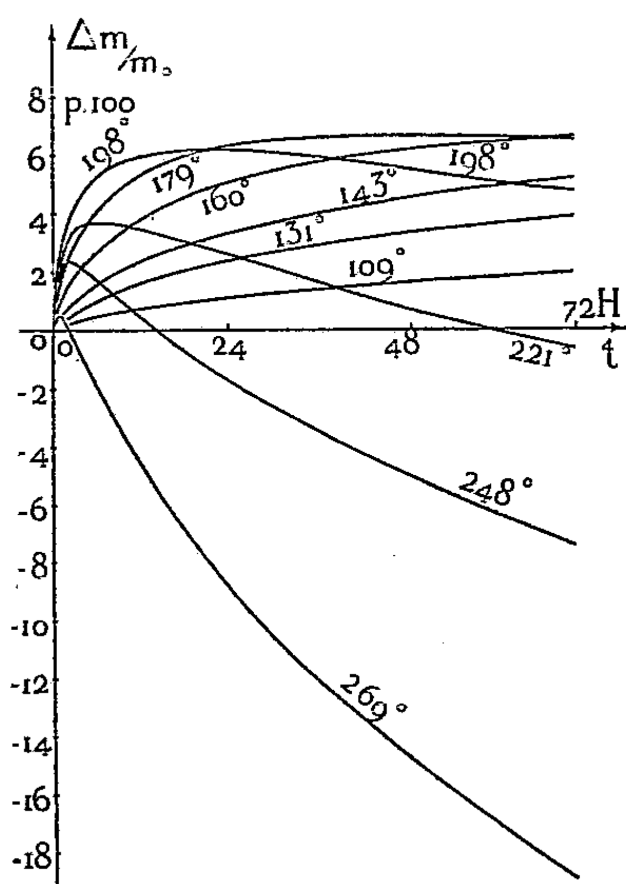


Fig. 1.

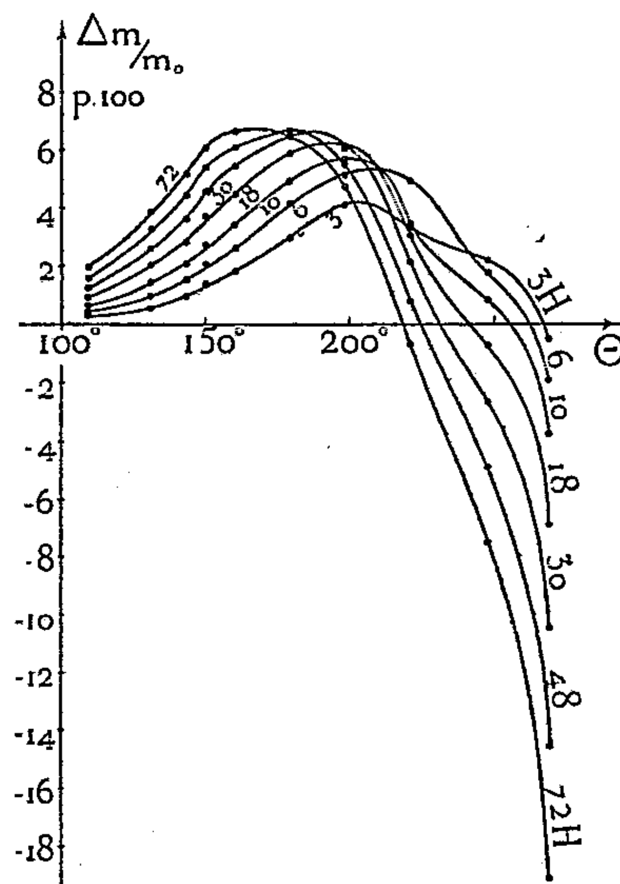


Fig. 2

Les expériences, effectuées au laboratoire des Usines chimiques et métallurgiques de Decazeville avec une thermobalance équipée d'un thermostat (appareils Chevenard-Joumier), ont porté sur une poudre de répartition granulométrique constante, passant entièrement au tamis n° 60 et représentant la moyenne de la houille extraite du fond.

La figure 1 groupe une série de courbes isothermes ($\Delta m/m_0$, t) dessinées à partir des graphiques enregistrés pendant 72 h. Les températures, éche-

lonnées de 109 à 269°, sont demeurées constantes à un demi-degré près et sont connues avec la même précision.

Avec l'échelle des temps adoptée pour les construire, ces courbes n'accusent pas un phénomène rapide qui se manifeste, dès le seuil du tronçon ascendant, par un maximum aigu et de faible amplitude. Cette singularité, que j'appelle « anomalie d'oxydation », fera l'objet d'une Note distincte, alors que j'envisage uniquement ici le gros des phénomènes. Dans leur allure d'ensemble, les isothermes de la figure 1 peuvent s'interpréter par une somme de deux exponentielles en $e^{-\alpha t}$ relatives, l'une à l'oxydation, l'autre à la décomposition des produits oxydés. Selon la température, l'une ou l'autre réaction l'emporte et donne son signe à la variation de masse.

A partir des isothermes, il est avantageux de construire les isochrones (*fig.* 2) qui, pour toute température Θ portée en abscisse, représentent les variations de masse $\Delta m/m_0$ obtenues au bout de 3, 6, 10, ..., 72 h. L'intérêt de cette représentation est de faire apparaître la quasi-constance du maximum, pour les températures inférieures à 190° et d'en suggérer la signification.

L'amplitude de ce maximum, en effet, qui est de 6,7 % sur le diagramme, est sensiblement identique à la proportion d'oxygène équivalent à l'iode combiné dans l'essai de la même houille au réactif de Vijs, proportion trouvée égale à 6,8 %. Cette concordance étaye l'hypothèse selon laquelle l'oxygène est fixé par l'ouverture de doubles liaisons, dans les grosses molécules qui existent dans la houille.

ÉLECTROCHIMIE. — *La théorie de la surtension et le mécanisme de l'attaque des métaux en solution à l'abri de l'oxygène.* Note de M. **René Audubert**, présentée par M. Eugène Darmois.

La théorie de la surtension appliquée à l'attaque d'un métal à l'abri de l'oxygène permet de préciser si la dissolution est ou directe ou le résultat d'une réaction secondaire.

Le passage d'un métal en solution au contact d'un électrolyte peut s'effectuer suivant différents processus :

1° La dissolution directe $M \rightarrow M^+ + \theta$ est possible si

$$E_h = E_0 + \frac{RT}{\mathcal{F}} \mathrm{Log}[M^+] < 0{,}058\,\mathrm{pH};$$

elle correspond à la réaction $M + H^+ \rightarrow M^+ + (1/2)H_2$. Du point de vue de la

surtension on doit considérer les deux intensités partielles :

$$i_1 = k_1 S_M e^{-\frac{W_1+\beta_1\mathcal{F}v}{RT}} - k'_1[M^+]e^{-\frac{W'_1+\alpha_1\mathcal{F}v}{RT}},$$

$$i_2 = k_2[H^+]e^{-\frac{W_2+\alpha_2\mathcal{F}v}{RT}} - k_2[H]e^{-\frac{W'_2-\beta_2\mathcal{F}v}{RT}},$$

dans ces équations α_1, α_2, β_1, β_2 représentent les coefficients de transfert; W_1, W_2, W'_1, W'_2 les énergies d'activation; k_1, k_2, k'_1, k'_2 désignent les constantes de vitesse des divers actes cinétiques, enfin, S_M, le facteur de structure de l'électrode.

L'attaque est caractérisée par $i_1 = i_2$, égalité pour laquelle $\alpha_1 \neq \alpha_2$ et $\beta_1 \neq \beta_2$, ce qui donne

$$v = \frac{RT}{(\alpha_1+\beta_1)\mathcal{F}} \operatorname{Log} \frac{[H^+](a'-b) + b\big[[A^-]+[OH^-]\big]}{a+b'},$$

où

$$a = k_1 S_M e^{-\frac{W_1}{RT}}, \qquad b = k'_1 e^{-\frac{W'_1}{RT}};$$

$$a' = k_2 e^{-\frac{W_2}{RT}}, \qquad b' = k'_2[H]e^{-\frac{W'_2}{RT}}.$$

Si l'on considère que les deux systèmes M/M^+ et H_2/H^+ ont des énergies libres très différentes, on peut négliger les processus de retour, $b' \neq b \neq 0$, on a alors

$$v = \frac{W_1 - W_2}{(\alpha_2+\beta_1)\mathcal{F}} + \frac{RT}{(\alpha_2+\beta_1)\mathcal{F}} \operatorname{Log} \frac{k_1 S_M}{k_2} - \frac{RT}{(\alpha_2+\beta_1)\mathcal{F}} \operatorname{Log}[H^+].$$

Cette relation montre qu'à tout instant le potentiel varie linéairement avec le pH.

2° Si l'on admet maintenant que la dissolution est le résultat d'une réaction secondaire par action de l'anion, il faut envisager les différents processus suivants :

1. $A^- \rightarrow A + \Theta$,
2. $A + M \rightarrow A^- + M^+$,
3. $M^+ + \Theta \rightarrow M$,
4. $H^+ + \Theta \rightarrow \frac{1}{2} H_2$,
5. $\frac{1}{2} H_2 \rightarrow H^+ + \Theta$,
6. $A + \Theta \rightarrow A^-$.
7. $M \rightarrow M^+ + \Theta$.

En négligeant les processus (6) et (7), on a

$$k_1[A^-]e^{-\frac{W_1-\alpha_1 Fv}{RT}} - k'_1[M^+]e^{-\frac{W'_1+\beta Fv}{RT}} = k_2[H^+]e^{-\frac{W_2-\alpha_2 Fv}{RT}} - k'_2[H]e^{-\frac{W'_2+\beta_2 Fv}{RT}}.$$

Par suite en posant

$$a = k_1 e^{-\frac{W_1}{RT}}, \qquad b = k'_1 e^{-\frac{W'_1}{RT}};$$

$$a' = k_2 e^{-\frac{W_2}{RT}}, \qquad b' = k'_2 e^{-\frac{W'_2}{RT}};$$

on obtient lorsque $\alpha_1 \neq \alpha_2$ et $\beta_1 \neq \beta_2$:

$$v = \frac{RT}{(\alpha_1 + \beta_1)} \text{Log} \frac{b[M^+] - b'[H]}{a[A^-] - a'[H^+]}.$$

Enfin dans le cas de systèmes très éloignés de l'équilibre, on peut négliger les processus de retour :

$$v = \frac{W_1 - W_2}{(\alpha_1 + \alpha_2)\mathcal{F}} + \frac{RT}{(\alpha_1 + \alpha_2)\mathcal{F}} \text{Log} \frac{k_1}{k_2} - \frac{RT}{(\alpha_1 + \alpha_2)\mathcal{F}} \text{Log} \frac{[H^+]}{[A^-]}.$$

On voit ainsi que le potentiel dépend à tout instant du pH, mais la droite a une origine qui dépend de l'anion et de son activité.

Ces données permettent en outre de calculer la cinétique de l'attaque, c'est-à-dire la variation de cette dernière en fonction du temps. On a en effet :

$$\frac{d(M^+)}{dt} = i_1, \qquad -\frac{d(H^+)}{dt} = i_2,$$

$$-(M) = \int_0^\infty i_1\,dt, \qquad -(H^+) = \int_0^\infty i_2\,dt.$$

Dans le cas particulier d'une attaque directe pour des conditions loin de l'équilibre, on a ainsi :

$$[M^+]^{\frac{1}{2}} = [M_0^+]^{\frac{1}{2}} + \left[\left(\frac{k_1 k_2}{4}\right) S_M\right]^{\frac{1}{2}} e^{-\frac{(W_1+W_2)}{RT}} t.$$

Ces résultats qui sont confirmés par l'expérience (Zn, Cd, Al, Mg, Cu, etc.) montrent que l'application de la théorie de la surtension à un phénomène permet de préciser le mécanisme de l'attaque.

CHIMIE MINÉRALE. — *Thermolyse de l'oxalate de cadmium.*
Note de M. **Paul Hagenmuller**, présentée par M. Paul Pascal.

Par échauffement modéré l'oxalate de cadmium trihydraté donne le sel anhydre sans intermédiaire. Au delà de 245° celui-ci se décompose en donnant un mélange de métal et d'oxyde qui peut être carbonaté dans certaines conditions. Le métal provient d'une réduction partielle de l'oxyde par CO naissant. L'étude détaillée du processus permet d'envisager de nouvelles méthodes de dosage du cadmium.

Le produit préparé par double décomposition à 20° de solutions concentrées de chlorure de cadmium et d'oxalate d'ammonium a pour formule $C_2O_4Cd, 3H_2O$.

Chauffé à température supérieure à 65°, il perd la totalité de son eau de cristallisation. La thermobalance de Chevenard donne une courbe de déshydratation exempte de tout accident. Cette observation est confirmée par les courbes de pyrolyse à température constante établies entre 60 et 80°, qui ne présentent

aucun palier susceptible d'être attribué au dihydrate de Marchand (1) ou à un autre intermédiaire.

Nous avons mesuré les tensions de dissociation du trihydrate entre 20 et 70°. Elles s'expriment par la relation :

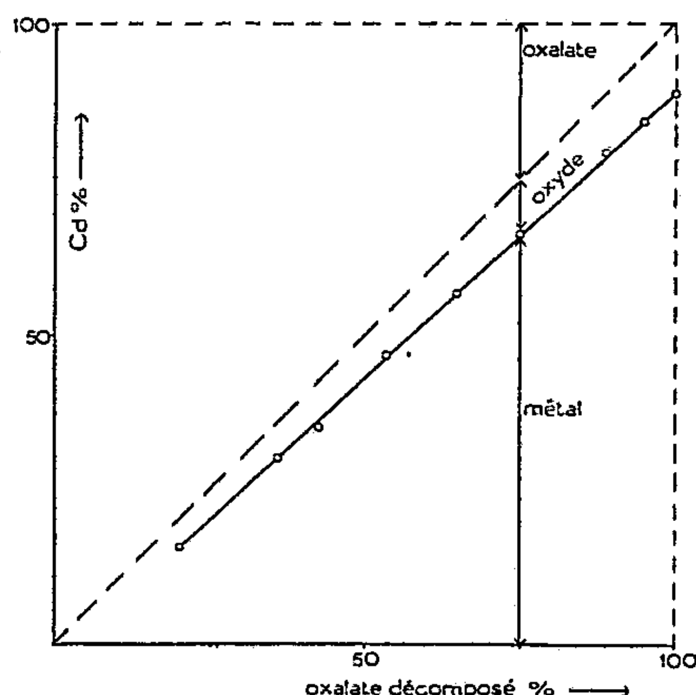
$$\log p = \frac{-2\,630}{T} + 7{,}90 \qquad (p \text{ en mmHg et T en °C}).$$

La relation de van't Hoff donne une chaleur de déshydratation de 12 100 cal : mol-g.

Pour les vitesses de chauffe les plus faibles, la décomposition thermique de l'oxalate anhydre débute à 245°, quelles que soient les conditions opératoires : pyrolyse à l'air libre, sous un vide de 0,1 mmHg, dans un courant d'azote ou d'anhydride carbonique.

Le résidu solide contient dans tous les cas une proportion importante de cadmium métallique, accompagné d'oxyde, de carbonate ou d'un mélange des deux. Le gaz recueilli contient de l'anhydride carbonique et de l'oxyde de carbone en quantités liées à la composition de la phase solide.

Les sous-oxydes Cd_4O et Cd_2O respectivement signalés par Tanatar (2) et Marchand n'apparaissent pas. Les produits de pyrolyse contiennent toujours une proportion de cadmium supérieure à celle qui correspondrait aux deux sous-oxydes.



L'hypothèse de Denk et Dewald (3) selon laquelle la pyrolyse est caractérisée par deux réactions simultanées et indépendantes : $C_2O_4Cd = CdO + CO + CO_2$ et $C_2O_4Cd = Cd + 2\,CO_2$ n'est pas vérifiée. Il n'a jamais été possible d'obtenir

(1) *Pogg. Ann.*, 38, 1836, p. 144.
(2) *Z. anorg. Chem.*, 27, 1901, p. 432.
(3) *Z. anorg. Chem.*, 257, 1948, p. 145.

uniquement le métal ou l'oxyde même en variant la température de pyrolyse ou la vitesse de chauffe dans de larges limites. Les courbes pression-température obtenues dans une enceinte fermée vidée d'air préalablement et les courbes thermogravimétriques ne présentent aucune discontinuité.

La figure donne les proportions respectives de cadmium sous forme de métal, d'oxyde carbonaté ou non et d'oxalate restant, à différents stades de la pyrolyse à 300° en présence des seuls gaz réactionnels. Les masses de métal et d'oxyde varient linéairement pour des mélanges contenant de 80 à 0 % d'oxalate résiduel. Le rapport $r = Cd/(Cd + Cd_{oxydé})$ passe de 0,78 à 0,89; il est indépendant de la température entre 250° et 400°.

A température fixe les courbes donnant les quantités de sel décomposées en fonction du temps ont une pente constamment décroissante; elles se terminent asymptotiquement. A 300° la décomposition est pratiquement complète après 50 h, à 350° après 2 h.

Quand le produit est maintenu sous un vide constant de 0,1 mm Hg, le titre r final en métal monte à 0,92. A 350° il atteint 0,895.

Sous une pression initiale de CO_2, la pyrolyse est ralentie; le rapport r décroît légèrement. Le passage d'un courant d'azote sur la masse réactionnelle est sans influence sur le processus.

Nous en concluons qu'au premier stade la thermolyse donne un oxyde CdO; celui-ci subit une réduction partielle par l'oxyde de carbone naissant, d'autant plus poussée que CO est plus abondant dans les gaz réactionnels. CO_2 entrave la réduction par abaissement du rapport p_{CO}/p_{CO_2} sans toutefois qu'on puisse envisager un équilibre réversible $CdO + CO \rightleftharpoons Cd + CO_2$.

La formation de carbonate est liée à la température, la pression de CO_2 et la granulométrie. Le caractère irréversible de la réaction $CO_3Cd \rightleftharpoons CdO + CO_2$ interdit tout rapprochement entre les quantités de carbonate obtenues et les mesures de tension de dissociation de CO_3Cd effectuées pour ce travail.

De nouvelles réactions interviennent quand la température dépasse 350° et que les résidus solides de pyrolyse restent en contact prolongé avec les gaz réactionnels : CO réduit lentement l'oxyde de cadmium en métal; il se dissocie faiblement par ailleurs en carbone et en CO_2.

Cette étude permet d'envisager l'utilisation de l'oxalate de cadmium qui est pratiquement insoluble (4) pour le dosage quantitatif du cadmium. La précipitation s'effectue à pH 6; le cadmium peut alors être dosé soit par le permanganate en solution sulfurique, soit gravimétriquement sous forme de C_2O_4Cd, $3H_2O$ après lavage à l'alcool et l'éther et séchage à la trompe à eau, ou de C_2O_4Cd après séchage de 4 h à 100°.

---

(4) Kohlrausch, *Z. phys. Chem.*, 64, 1908, p. 165.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la réaction d'oxydation de l'arsenic trivalent par le vanadium pentavalent.* Note (*) de M. **Ghislain Gaudefroy**, présentée par M. Paul Lebeau.

Dans le cadre de recherches relatives au pouvoir oxydant du vanadium pentavalent sur différents corps minéraux ou organiques, nous avons abordé l'action de l'anhydride vanadique sur l'acide arsénieux en milieu sulfurique.

Cette étude n'a été qu'effleurée jusqu'ici, et les rares auteurs étrangers qui l'ont traitée, ont donné des résultats contradictoires. C'est ainsi que Lang [1] indique qu'en solution acide, le vanadium pentavalent ne réagit pratiquement pas sur l'acide arsénieux, même à l'ébullition. Par contre, Bobtelsky et Glasner [2] affirment qu'à 30° C, la réaction a toujours lieu et peut être complète après un délai de 24 h à une semaine.

En vue d'élucider ces discordances et d'apporter des précisions sur ce sujet, nous avons fait varier les différents facteurs qui régissent l'évolution du système V_V/As_{III}

Nous avons utilisé une solution sulfurique d'anhydride vanadique N/5 (4,5 N en SO_4H_2), et une solution arsénieuse N/10 (pH = 7). L'excès de vanadium pentavalent non réduit a été dosé par une solution ferreuse en présence d'acide diphénylaminosulfonique.

1. *Influence de la concentration des corps réagissants.* — A valeur égale d'acidité, l'oxydation est beaucoup plus énergique lorsque l'on met en œuvre un excès d'oxydant par rapport à la proportion de réducteur utilisé. En outre, la vitesse de la réaction s'accroît quand on réduit le volume total de la solution, c'est-à-dire lorsque la concentration globale augmente.

2. *Influence de l'acidité (sulfurique).* — Nous avons opéré en milieu sulfurique successivement à des concentrations comprises entre la normalité et 9 N, pour un volume total de 100 cm³, et avec un rapport V_2O_5/As_2O_3 égal à 2. A la température ordinaire et à pH = 0, l'attaque est nulle dans les premières heures, et reste minime au bout de 48 h; pour une acidité correspondant à SO_4H_2 8,32 N, la vitesse d'oxydation augmente très sensiblement, mais l'oxydation tend vers une limite correspondant à une proportion d'anhydride arsénieux oxydé voisine de 75 %.

3. *Influence de l'acide phosphorique.* — Il était intéressant d'étudier comment la présence de l'acide phosphorique, fréquemment utilisé dans ce genre de recherches, conditionne la vitesse de l'oxydation de l'arsenic

(*) Séance du 3 mars 1952.

(1) *Z. anorg. allgem. Chem.*, **152**, 1926, p. 205.

(2) *J. Amer. Chem. Soc.*, 64 1942, p. 1462.

trivalent par le vanadium pentavalent; en outre, cet acide possède un grand pouvoir complexant vis-à-vis des ions Fe^{+++} qui, précisément, sont susceptibles d'intervenir, au cours de dosages par une méthode oxydiréductimétrique indirecte.

Nos essais ont porté sur des mélanges additionnés de quantités croissantes d'acide sulfurique avec des proportions diverses d'acide phosphorique. Nous avons observé qu'en milieu sulfurique normal, la vitesse de réaction augmente proportionnellement à la teneur en acide phosphorique. En milieu sulfurique 3,5 N, il y a une concentration limite en acide phosphorique au delà de laquelle la vitesse de réaction n'augmente plus. En milieu sulfurique 7,5 N, pour un taux d'acide phosphorique supérieur à 25 % environ, la précipitation partielle de l'excès d'ions VO_2^+ sous forme de phosphate vanadique, a pour conséquence immédiate une inhibition très marquée de la réaction.

4. *Influence de la température.* — La vitesse d'oxydation de l'anhydride arsénieux est beaucoup plus rapide lorsqu'on élève la température; pourtant, lorsque la vitesse initiale est nulle, dans le cas de solutions peu acides et peu concentrées en corps réagissants, l'augmentation de la température n'amorce pas fatalement la réaction.

5. *Influence de quelques catalyseurs.* — A notre connaissance, aucune substance n'a été signalée jusqu'à ce jour comme présentant un effet catalytique sur la réaction V_V/As_{III}. Les essais effectués par Bobtelsky et Glasner avec des cations tels que Mn^{++}, Cu^{++}, Fe^{+++}, ainsi qu'avec NO_3^-, ont été négatifs. Nous avons choisi des anions appartenant à des systèmes rédox ayant un potentiel dont la valeur est intermédiaire entre celles des systèmes V_V/V_{IV} et As_{III}/As_V : tétroxyde d'osmium, anhydride sélénieux, bromure, iode, iodure, iodate. Seuls, l'iode et l'iodure accélèrent grandement l'oxydation. L'iode permet, dans un milieu sulfurique 4,5 N, en présence d'une teneur en acide phosphorique voisine de 16 %, d'oxyder la totalité de l'anhydride arsénieux en 10 mn à froid. A l'ébullition, la réaction est instantanée.

Les données précédentes nous ont permis d'envisager le dosage éventuel de l'anhydride arsénieux par l'anhydride vanadique, dosage pour lequel une technique satisfaisante a été établie.

Conclusion. — Notre travail montre comment interviennent les différents facteurs du milieu dans l'oxydation de l'arsenic trivalent par le vanadium pentavalent. Cette oxydation, toujours possible, est favorisée et susceptible d'être rendue totale par l'intervention d'un excès de l'oxydant par rapport à la proportion de réducteur, par l'augmentation de l'acidité du milieu, par la présence d'acide phosphorique et par l'élévation de température. Nous avons mis en évidence l'action catalysante

très marquée de l'iode, toutefois elle ne permet pas pour aboutir à une oxydation complète d'opérer sans employer un excès de vanadium.

Ainsi, notre étude explique certaines contradictions dans les travaux antérieurs concernant cette réaction; en outre, l'action catalysante de l'iode, signalée ici pour la première fois, nous a permis d'établir un procédé original de dosage de l'anhydride arsénieux, et de confirmer la possibilité de l'utilisation d'une solution titrée de vanadium pentavalent en analyse quantitative volumétrique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dimérisation phosphorique de quelques phényl-alcènes.* Note (*) de M. **Jacques Dumontet**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le styrolène et l'α-méthylstyrolène présentent une tendance bien connue à la polymérisation. A titre statistique, nous leur avons appliqué notre méthode de polymérisation phosphorique au Soxhlet. Nous avons étendu cette méthode à quelques alcoylstyrolènes et préparé ainsi des dimères nouveaux de ces carbures.

L'opération a lieu dans un Soxhlet dont la cartouche contient l'anhydride phosphorique : 1,5 g pour 100 g de styrolène; 3 g pour 100 g des autres carbures. Nous évitons l'autopolymérisation du styrolène en introduisant quelques cristaux d'hydroquinone dans le ballon.

a. La polymérisation du styrolène est rapide. Elle donne 65 % de dimère et 15 % de trimère en 30 mn.

b. Pour les deux phénylpropènes, la polymérisation s'effectue dans des conditions analogues et conduit aux dimères avec des rendements voisins de 90 %.

c. La réaction est moins rapide pour les homologues supérieurs : phényl-1 butène-1, phényl-1 pentène-1, phényl-3 pentène-2. La réactivité de la double liaison styrolénique semble atténuée par la longueur de la chaîne. Les rendements en dimères varient de 35 à 65 %.

Étude des dimères. — *a*. Le dimère du styrolène est analogue au diphényl-1.3 butène-1, décrit par Stoermer et Kootz [1]. Le dimère du phényl-2 propène est identique au dimère saturé solide de Bergmann [2].

b. Dimère du phényl-1 propène-1. Huile jaune pâle fluorescente. E_{12} 175-177°; d_4^{20} 1,0065; n_D^{20} 1,5709; R. M. théorique pour six doubles liaisons 75,94; pour sept doubles liaisons 77,67; R. M. trouvé 77,03.

1° *L'hydrogène et l'acide chlorhydrique* ne conduisent à aucun dérivé d'addition.

(*) Séance du 25 février 1952.

(1) *Ber. der deutsch. chem. Ges.*, 61, 1928, p. 2330.

(2) *Ber. der deutsch. chem. Ges.*, 64, 1931, p. 1494.

2° *Déshydrogénation.* — Par passage à 350° puis à 400° des vapeurs du dimère sur un catalyseur au nickel à 12,5 % de chrome, nous obtenons une huile d'indice 1,637 à 15°. La déshydrogénation est donc notable mais ne nous permet pas d'atteindre un produit cristallisé.

3° *Action du brome.* — Nous l'effectuons à 0°, à l'obscurité, en solution chloroformique. En opérant avec la quantité de brome calculée pour saturer une double liaison, il se forme une huile rouge qui cristallise dans l'acétone. Après deux recristallisations, F 105°. C'est un dérivé monobromé du dimère, de formule $C_{18}H_{19}Br$. Dosage de brome : Br théorique 25,4 ; trouvé 24,8.

4° *Oxydation.* — Traité en solution acétique par l'acide chromique, le dimère donne 3 à 4 % d'anthraquinone (F 274-275°) et comme produit principal, avec un rendement de 35 à 40 %, un acide ayant les caractéristiques de l'acide *o*-benzoylbenzoïque. Hydraté : F 85°; épreuve du mélange : F 84°. Anhydre : F 127°. Titrage acidimétrique : M théorique 244 ; trouvé 240.

Le dimère du phényl-1 propène-1 serait donc le phényl-1 diméthyl-2.3 tétrahydronaphtalène, ce qui expliquerait :

l'absence de produit d'addition et le rendement presque quantitatif de la polymérisation en dimère ;

la forte montée de l'indice de réfraction après la déshydrogénation ;

la production par oxydation d'acide *o*-benzoylbenzoïque. Ce dimère renfermerait 10 % environ de diéthyl-9.10 dihydroanthracène. Signalons que, par dimérisation sulfurique de l'acide α-méthylcinnamique, Erdmann ([3]) avait obtenu un composé auquel il attribuait également une formule phénylhydronaphtalénique.

c. Voici les constantes des autres dimères préparés :

dimère du phényl-1 butène-1 : $É_{13}$ 193-196°; d_4^{19} 0,9958; n_D^{19} 1,5640; R. M. théorique (sept doubles liaisons) 86,93 ; trouvé 86,23 ;

dimère du phényl-1 pentène-1 : $É_{13}$ 199-205°; d_4^{18} 0,9787; n_D^{18} 1,5540; R. M. théorique (sept doubles liaisons) 96,17 ; trouvé 95,61.

dimère du phényl-3 pentène-2 : $É_{13}$ 202-204°; d_4^{18} 1,0040; n_D^{18} 1,5653; R. M. théorique (sept doubles liaisons) 96,17 ; trouvé 94,77.

Isomérisation des monomères au cours de la polymérisation. — *Cas du phényl-1 pentène-1.* — *a.* Carbure de départ : E_{12} 96-97°; n_D^{19} 1,5342; d_4^{19} 0,8903; R. M. théorique 48,95; trouvé 50,97. Sous l'action du brome (2 Br pour une molécule), il conduit au dibromure décrit par Klages ([4]) : F 61°; Br théorique 52,2; trouvé 51,9.

b. Carbure récupéré après la polymérisation (46 % de la quantité mise en œuvre) : E_{14} 98-99°; n_D^{19} 1,5298; d_4^{19} 0,9455; R. M. théorique pour trois doubles liaisons 47,22; trouvé 47,67. Il ne se polymérise plus en présence d'une nou-

---

([3]) *Ann. der Chim.*, 227, p. 249.

([4]) *Ber. Deutsch. Chem. Ges.*, 39, 1906, p. 2592.

velle quantité de P_2O_5. Sous l'action du brome (2 Br pour une molécule), il donne un dégagement de BrH et le monobromure $C_{11}H_{13}Br$: E_{15} 148°; Br théorique 35,6; trouvé 36,2.

Le phényl-1 pentène-1 se transforme donc partiellement en un carbure ne présentant plus la double liaison éthylénique, ce qui explique le rendement relativement faible de la polymérisation en dimère. Les caractéristiques du nouveau carbure le font assimiler au phénylcyclopentane.

De même que pour le cyclopentène précédemment étudié ([5]), l'anhydride phosphorique donne donc d'excellents rendements en dimères dans la série du styrolène. Nous poursuivons l'étude de ces polymérisations et des deux phénomènes qui les caractérisent : la modification des monomères et la cyclisation des dimères.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation des dialcoxy-6.7 tétrahydro-1.2.3.4 isoquinoléines substituées en* 1. Note (*) de M. **Pierre-Adolphe Lepape**, présentée par M. Marcel Delépine.

La préparation des tétrahydroisoquinoléines, dont un petit nombre seulement avait pu être obtenu directement par l'intermédiaire des imines se trouve simplifiée et généralisée grâce à l'emploi de l'acide phosphorique concentré exerçant une action catalytique cyclisante.

Les tétrahydroisoquinoléines actuellement connues sont généralement obtenues par hydrogénation des isoquinoléines. Toutefois, certaines ont été préparées par condensation directe d'aldéhydes et de phényléthylamines suivant la réaction de Pictet et Spengler ([1]). Ces auteurs ont préparé la méthyl-1 tétrahydro-1.2.3.4 isoquinoléine. Cette réaction a été reprise ensuite par Decker et Becker ([2]), puis par Schöpf et Bayerle ([3]), qui ont utilisé des phényléthylamines substituées.

Les tétrahydroisoquinoléines que nous avons préparées répondent au schéma (I). Elles sont tétrahydrogénées sur le noyau azoté et sont substituées en 1.

Le radical R est un reste, soit aliphatique, soit phénylique.

La condensation d'une phényléthylamine (II) avec un aldéhyde donne l'imine (III). Les composés (I) et (III) sont isomères. Nous passons de

([5]) R. Truffault et J. Dumontet, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1068.

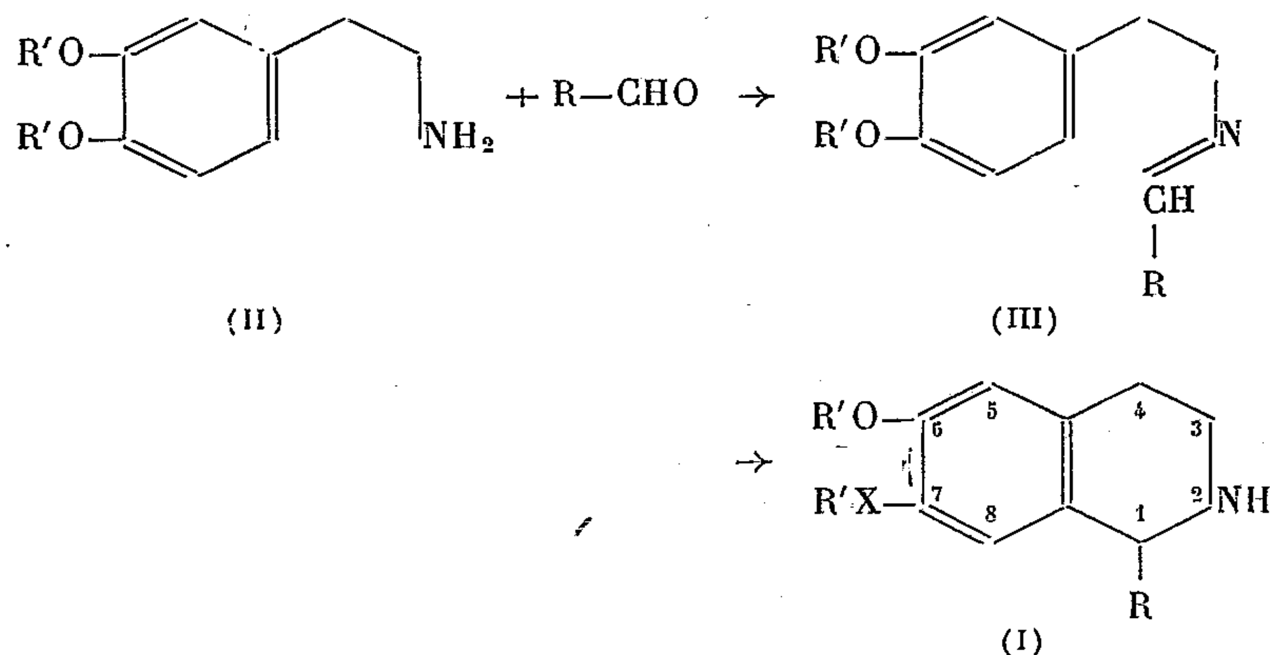
(*) Séance du 3 mars 1952.

([1]) *Ber. Deutsch. Chem. Ges.*, 44, 1911, p. 2030.

([2]) *Ann. der Chem.*, 395, 1913, p. 342.

([3]) *Ann. der Chem.*, 513, 1934, p. 190.

l'imine (III) à la nouvelle base (I) par isomérisation cyclisante, à l'aide de l'acide phosphorique à 85 % à chaud.



La synthèse se fait en deux temps :

1° Préparation de l'aldimine par simple mélange des deux constituants.

2° Cyclisation de l'imine par dissolution dans l'acide phosphorique concentré, puis chauffage au bain-marie. On obtient la nouvelle base à l'état de phosphate. L'addition d'une faible quantité d'acide chlorhydrique diminue sensiblement la durée de la réaction. Les rendements sont excellents et de l'ordre de 90 %.

Synthèse de la [diéthoxy-3'.4' phényl]-1 diéthoxy-6.7 tétrahydro-1.2.3.4 isoquinoléine. — *Aldimine* $C_{23}H_{31}O_4N$. — On la prépare par simple mélange équimoléculaire intime de diéthoxy-3.4 phényléthylamine et de diéthoxy-3.4 benzaldéhyde. Il y a net échauffement suivi d'une prise en masse. L'aldimine obtenue est recristallisée dans l'alcool à 95°; elle se présente alors sous forme de cristaux blancs fondant à 118° (Bloc).

Isomérisation cyclisante de l'imine. — On dissout au bain-marie 1 g d'aldimine dans 2 cm³ d'acide phosphorique à 85 %, on ajoute 5 gouttes d'acide chlorhydrique concentré et l'on chauffe 15 mn au bain-marie bouillant. On obtient un milieu parfaitement homogène, coloré en jaune pâle. On coule la masse sirupeuse obtenue dans 30 cm³ d'eau. La solution est légèrement colorée, mais parfaitement limpide. On ajoute alors de la potasse jusqu'à franche alcalinité. Le milieu se trouble et un précipité cristallisé ne tarde pas à se former; on essore et on lave avec un peu d'eau distillée. Après séchage, produit obtenu : 0,95 g.

La présence d'acide chlorhydrique n'est pas nécessaire à la cyclisation. Le simple chauffage de la solution phosphorique d'imine conduit au même résultat. Dans ce cas, la réaction est beaucoup plus lente et nécessite un chauffage de 3 h au bain-marie bouillant ou de 48 h à 37°. Le chauffage à 37° a l'avantage de donner des produits bruts très peu colorés.

Le produit cristallisé formé est parfaitement blanc. Il est soluble dans

l'éther, assez soluble dans l'alcool, qui permet de le recristalliser; soluble dans l'acide chlorhydrique dilué.

Par chauffage de la solution chlorhydrique, aucun trouble n'apparaît contrairement à ce qui se produirait s'il s'agissait de l'aldimine : l'aldéhyde diéthoxybenzoïque serait libéré. On a donc bien obtenu un produit de transformation de nature basique. Le chlorhydrate brut est préparé par évaporation de la solution chlorhydrique. Il est ensuite recristallisé dans l'alcool-éther. Ce chlorhydrate est peu soluble dans l'eau à froid et facilement relargable par l'acide chlorhydrique concentré. Il est soluble dans l'alcool, insoluble dans le benzène, très soluble dans le chloroforme. La différence de solubilité dans l'eau et le chloroforme permet d'extraire le chlorhydrate de ses solutions aqueuses.

Le dosage de chlore indique un poids moléculaire de 422 (P. M. calculé, 421,5).

Point de fusion, 245-246°.

Dans nos expériences, nous avons remplacé l'aldéhyde diéthoxybenzoïque par d'autres aldéhydes : aldéhyde *p*-éthoxybenzoïque, *p*-diméthylaminobenzoïque, salicylique, œnanthoïque. Nous avons obtenu, dans des conditions de rendements analogues, les tétrahydroisoquinoléines correspondantes.

Signalons en terminant que l'isolement préalable de l'imine n'est pas rigoureusement indispensable. Le chauffage de l'aldéhyde et de l'amine dans l'acide phosphorique en présence d'acide chlorhydrique aboutit au même résultat.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Spectrophotométrie dans le proche ultraviolet des dinitro-2-4 phénylhydrazones de quelques cétones éthyléniques aliphatiques.* Note (*) de MM. **René Heilmann**, **Gabriel de Gaudemaris** et **Paul Arnaud**, présentée par M. Marcel Delépine.

Ayant à fixer la position de la double liaison de cétones éthyléniques, nous avons songé à utiliser la spectrophotométrie dans le proche ultraviolet des dinitro-2.4 phénylhydrazones (DNPH) correspondantes, méthode qui présente sur la spectrophotométrie directe des composés carbonylés les avantages suivants : les coefficients d'absorption observés sont plus élevés et les mesures portent sur des produits plus stables et plus purs que les cétones éthyléniques elles-mêmes.

Il s'agissait de déterminer si les cétones en question étaient du type I ou du type II :

$$(I)\quad R.CH{=}CR'.CO.CH_3,$$

$$(II)\quad R.C(:CH_2).CO.CH_3.$$

(*) Séance du 3 mars 1952.

A cet effet, et à titre de comparaison, nous avons préparé quelques cétones du Type I par déshydratation de cétols ou transposition (dite de Rupe) des dialcoyléthynylcarbinols correspondants.

Méthyl-3 *pentène*-3 *one*-2 (A). DNPH : F = 194°.

Éthyl-3 *pentène*-3 *one*-2 (B). Isomère stérique régénéré de la semicarbazone fondant à 161° (1) DNPH : F = 172°.

Diméthyl-3.5 *hexène*-3 *one*-2 (C). DNPH : F = 158° (résultats communiqués par R. Glénat).

Pour préparer des cétones du Type II nous avons eu recours à la désamination thermique des amino-cétones correspondantes, procédé réputé comme fournissant des produits purs (2).

Les *aminocétones* étaient elles-mêmes obtenues par réaction de Mannich entre une cétone, l'aldéhyde formique et le chlorhydrate de la diéthylamine. (Nous avons utilisé le trioxyméthylène et, comme solvant, un excès de cétone.)

Nous avons ainsi préparé :

à partir de la méthyléthylcétone : la N-*diéthylaminométhyl*-3 *butanone*-2 (*a*), $É_{15}$ 76-77°; n_D^{17} 1,4333. Dosage d'azote (Kjeldahl): théorie 8,92 %, trouvé 8,81 %;

à partir de la méthylpropylcétone : la N-*diéthylaminométhyl*-3 *pentanone*-2 (*b*), $É_{15}$ 86-87°, n_D^{18} 1,4385. Dosage d'azote : théorie 8,18 %, trouvé 8,06 %;

à partir de la méthylisobutylcétone : la N-*diéthylaminométhyl*-3 *méthyl*-4 *pentanone*-2 (*c*), $É_2$ 73°, n_D^{18} 1,4410. Dosage d'azote : théorie 7,56 %, trouvé 7,40 %.

La *désamination thermique* était effectuée sur le chlorhydrate de la base en suspension dans un solvant inerte à 160-180°, avec entraînement par un courant d'azote. La cétone éthylénique était distillée en atmosphère d'azote.

Ont été ainsi obtenues :

à partir de (*a*) : la *méthylisopropénylecétone* (D), $É_{750}$ 97°; n_D^{18} 1,4277. DNPH : F 191-192°;

à partir de (*b*) : l'*éthyl*-3 *butène*-3 *one*-2 (E), $É_{750}$ 116-117°; n_D^{18} 1,4270. DNPH : F 176°;

à partir de (*c*) : l'*isopropyl*-3 *butène*-3 *one*-2 (F), $É_{750}$ 134°; n_D^{18} 1,4308, DNPH : F 171°.

Ces cétones avaient été également obtenues par déshydratation des β-cétols primaires correspondants (3), (4).

L'étude spectrophotométrique des dinitro-2.4 phénylhydrazones de ces

---

(1) Locquin et Heilmann, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 105; Heilmann, *Thèse*, Lyon, 1928.

(2) Hagemeyer, *J. Am. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 1119.

(3) Dubois, *Thèse*, Grenoble, 1947.

(4) Colonge, *Bull. Soc. Chim.*, 14, 1947, p. 838.

deux séries de cétones éthyléniques a été faite avec un spectrophotomètre Beckman DU, dans la région 320-400 mμ. Les DNPH étaient en solution à 0,005 g/l dans l'alcool éthylique (cuves de 1 cm).

DNPH de R.CH : CR'.CO.CH_3.			DNPH de R.C(: CH_2).CO.CH_3.		
Cétones (I).	λ_{max} (mμ).	$\varepsilon_{max}.10^{-2}$.	Cétones (II).	λ_{max} (mμ).	$\varepsilon_{max}.10^{-2}$.
A.........	377	260	D.........	369	250
B.........	377	265	E.........	369	250
C.........	377	265	F.........	369	255

Ces résultats mettent en évidence un maximum d'absorption à 369 mμ, non encore signalé à notre connaissance, pour les DNPH de cétones α-méthyléniques (II). Il se trouve repoussé à 377 mμ dans le cas des cétones α-β éthyléniques dans la chaîne (I). Cette valeur, on le sait, peut même s'élever à 379 pour la DNPH de l'oxyde de mésityle ([5]). Par contre, dans le cas de l'acétylcyclohexène on note également un maximum à 377 mμ.

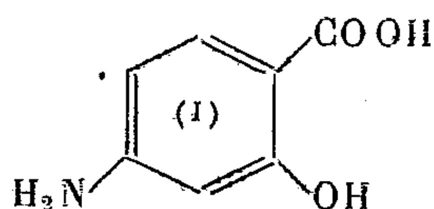
D'autre part, on observera que les coefficients d'extinction des cétones du type I sont légèrement supérieurs.

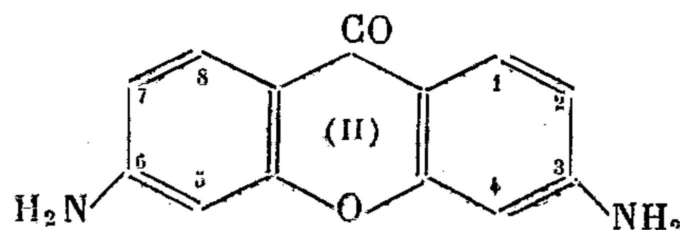
On peut donc conclure à la possibilité de reconnaître par voie spectrophotométrique la présence d'une double liaison α-méthylénique dans une cétone non saturée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de la diamino-3.6 xanthone.*

Note de M. **Marc Julia**, présentée par M. Marcel Delépine ([1]).

La découverte de l'activité remarquable de l'acide paraminosalicylique (P. A. S.) ([2]) contre le bacille tuberculeux a conduit à rechercher des analogues structuraux de ce composé dans l'espoir d'obtenir d'autres produits actifs.





D'autre part, parmi les très nombreux produits qui ont été essayés contre le bacille tuberculeux on a signalé récemment une certaine activité *in vitro* chez des dérivés de la benzophénone ([2]) et aussi du diphényl éther ([3]). En comparant ces résultats il apparut désirable de synthétiser

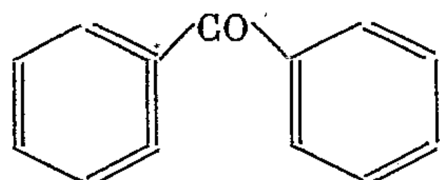
([5]) Braude et Jones, *J. Chem. Soc.*, 1945, p. 498.

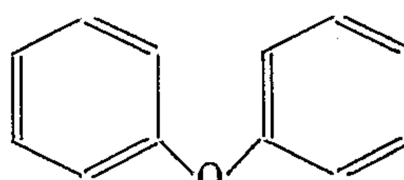
([1]) Document retiré du pli cacheté n° 12819, déposé le 2 avril 1951, ouvert à la demande de l'auteur le 3 mars 1952.

([2]) Freedlander, *Ann. Rev. Tuberc.*, 49, 1944, p. 543.

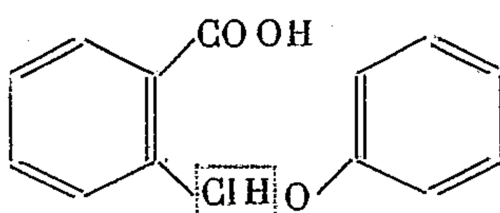
([3]) Barry, O'Rourke et Twomey, *Nature*, 160, 1947, p. 800.

la diamino-3.6 xanthone (II), encore inconnue. Dans cette série, on connaît surtout la diamino-2.7 xanthone; en effet, la xanthone se nitre en deux et en sept et on peut facilement réduire les groupes nitro en groupes amines. L'action antibactérielle de ce composé est assez faible ([4]).





Une bonne méthode de préparation des xanthones substituées est la condensation d'un acide orthochlorobenzoïque avec un phénol, les deux noyaux portant éventuellement des substituants, suivie de la cyclisation de l'acide orthophénoxybenzoïque intermédiaire.



On connaît donc sans ambiguïté la place finale des substituants qui étaient originalement sur le noyau de l'acide chlorobenzoïque, mais celle des substituants qui proviennent du phénol dépend du sens dans lequel se fait la cyclisation lorsque celle-ci peut se faire dans plus d'une direction, ainsi :

L'acide *o*-(*p*.nitrophénoxy) benzoïque donne la nitro-2 xanthone;

L'acide *o*-(*m*.nitrophénoxy) benzoïque donne la nitro-1 xanthone;

L'acide *o*-(*o*.nitrophénoxy) benzoïque donne la nitro-4 xanthone.

Pour préparer la diamino-3.6 xanthone, un des produits de départ sera donc l'acide *o*-chloro *p*-nitrobenzoïque. Cet acide est facilement obtenu à partir d'*o*-toluidine par nitration, réaction de Sandmeyer et oxydation du méthyle en carboxyle ([5]). Le deuxième réactif ne peut être le *m*-nitro phénol d'après ce qui précède. On a alors essayé d'utiliser directement le métaminophénol. En effet les substitutions sur ce noyau se font de préférence en para du groupe amine : sulfonation ([6]), réaction de Friedel et Crafts ([7]).

Pour déterminer le comportement du métaminophénol dans de telles réactions, on a d'abord fait des expériences modèles avec l'acide *o*-chlorobenzoïque lui-même. La condensation de l'orthochlorobenzoate de sodium et du métacétaminophénate de sodium d'après Ullman et Wagner : chauf-

---

([4]) Martin, *Amer. J. Pharm.*, 119, 1947, p. 432.

([5]) Ullman et Wagner, *Ann.*, 355, 1907, p. 359.

([6]) Miller, Mosher, Gray et Whitmore, *J. Am. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 3559.

([7]) M. Julia, *Bull. Soc. Chim.*, 1951, p. 37.

fage à 150-160° en présence d'une trace de poudre de cuivre, donna facilement l'acide *o*-(métacétaminophénoxy) benzoïque, F 189°. Pour effectuer la cyclisation, on a essayé sans grand succès l'action du chlorure de thionyle ou du pentachlorure de phosphore puis du chlorure d'aluminium. Par contre le chauffage au bain-marie pendant plusieurs heures dans l'acide sulfurique concentré donna avec un bon rendement l'acétamino-3 xanthone. En effet, après hydrolyse par longue ébullition dans l'acide chlorhydrique concentré, on obtint l'amino-3 xanthone sous forme d'aiguilles jaunes, F 224-225°, non abaissé par mélange avec un échantillon authentique préparé à partir d'acide *o*-chloro *p*-nitrobenzoïque et de phénol, F 227-229° (Ullman et Wagner [5] indiquent F 232°). De plus, on a préparé l'amino-1 xanthone par réduction de la nitro-1 xanthone [7] au moyen de chlorure stanneux. Elle fond à 148-149°. Ceci montrait donc que la cyclisation se faisait bien dans la direction désirée.

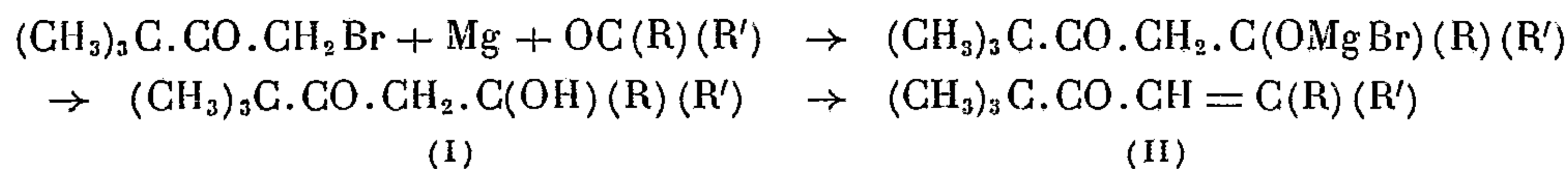
Cette méthode fut alors appliquée en prenant l'acide *o*-chloro *p*-nitrobenzoïque et le métacétamino phénol. On obtint facilement l'acide *o*-(métacétaminophénoxy) *p*-nitro benzoïque, F 241-242°. La cyclisation donna l'acétamino-3 nitro-6 xanthone, F 268-269°. L'hydrolyse du groupement acétyle fut difficile, et il fallut une longue ébullition avec de l'acide bromhydrique dans l'acide acétique pour obtenir l'amino-3 nitro-6 xanthone. Par contre la réduction de l'acétamino-3 nitro-6 xanthone par le chlorure stanneux et l'acide chlorhydrique dans l'alcool *n*-butylique donna directement la diamino-3.6 xanthone : aiguilles jaune clair, F 318-320°. (Analyse : trouvé en % : N, 12, 69, calculé pour $C_{13}H_{10}O_2N_2$, 12, 39). La réduction du groupe nitro en amine facilite considérablement la désacétylation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouveau procédé de préparation de cétols et de cétones éthyléniques.* Note de MM. JEAN COLONGE et JEAN GRENET, présentée par M. Marcel Delépine.

L'α-bromopinacolone réagit sur les aldéhydes et sur les cétones, en présence de magnésium et en solution éthéro-benzénique, en donnant des β-cétols déshydratables en cétones éthyléniques.

Les α-bromocétones ont été jusqu'ici assez peu utilisées en synthèse, sans doute à cause de leurs propriétés lacrymogènes. Désirant étudier des cétones α-éthyléniques que les procédés connus ne permettent pas de préparer, nous avons engagé les α-bromocétones dans une réaction analogue à celle de Reformatsky, l'α-bromocétone remplaçant l'ester α-bromé; l'expérience a montré tout au moins avec la bromopinacolone que l'on obtenait des β-cétols (I). Ces composés sont plus ou moins stables, certains d'entre eux

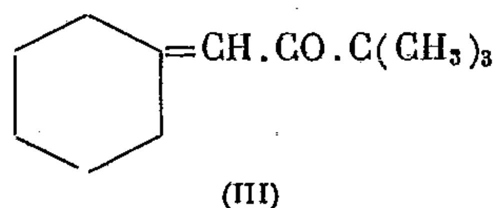
se déshydratent au cours de leur distillation en donnant les cétones éthyléniques correspondantes (II). La réaction peut être schématisée de la façon suivante :



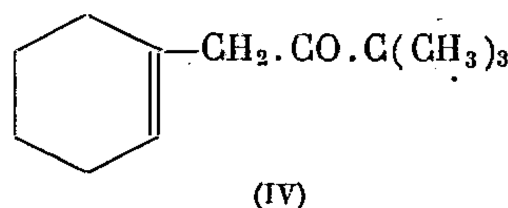
$$(CH_3)_3C.CO.CH_2Br + Mg + OC(R)(R') \rightarrow (CH_3)_3C.CO.CH_2.C(OMgBr)(R)(R')$$
$$\rightarrow (CH_3)_3C.CO.CH_2.C(OH)(R)(R') \rightarrow (CH_3)_3C.CO.CH = C(R)(R')$$
(I) (II)

Pour l'instant, nous n'avons utilisé qu'une seule cétone α-bromée, la bromopinacolone, que nous avons traitée par l'acétone ordinaire, la méthyléthylcétone, la pinacolone, la cyclohexanone, l'isobutanal et le benzaldéhyde.

Avec la cyclohexanone et le benzaldéhyde, les cétols correspondants n'ont pu être isolés. La cétone dérivée de la cyclohexanone (cyclohexylidène-pinacolone) est sans doute un mélange des cétones α- et β-éthyléniques (III) et (IV) en équilibre, comme dans le cas de la cyclohexylidène-acétone, ainsi que Kon et Linstead (¹) l'ont montré :



(III)



(IV)

Mode opératoire général. — Sur 0,6 mole de copeaux de magnésium recouverts de 40 cm³ d'éther, on fait tomber quelques centimètres cubes d'un mélange de 0,5 mole de bromocétone, 0,6 mole d'aldéhyde ou de cétone et 160 cm³ d'éther; on amorce la réaction par addition d'un peu de magnésium activé au moyen d'iodure de méthyle; après démarrage, on ajoute rapidement 200 cm³ de benzène, puis goutte à goutte, le reste du mélange précédent, tout en agitant mécaniquement et de façon à avoir une ébullition assez vive. L'addition dure une heure et quart; on termine par un chauffage à reflux d'une heure environ. Après refroidissement, on hydrolyse par la quantité calculée d'acide chlorhydrique diluée dans 200 cm³ d'eau et tout en refroidissant extérieurement. La couche organique décantée est lavée avec 100 cm³ d'eau, puis agitée pendant une heure avec 200 cm³ de liqueur N/1 de soude pour détruire les traces de bromocétone restante; on termine à la manière habituelle et rectifie sous vide.

Les rendements en cétols (ou en cétones éthyléniques) oscillent entre 50 et 76 % de la théorie. Pour passer des cétols aux cétones éthyléniques, nous avons fait une distillation en présence de traces d'iode.

Triméthyl-2.2.5 *hexanol*-5 *one*-3 $C_9H_{18}O_2$. — Bromopinacolone et acétone ordinaire, Rdt 58 % ; liquide $É_{11}$ 70-71°.

(¹) *Chem. Soc.*, 1929, p. 1269.

Triméthyl-2.2.5 *hexène*-4 *one*-3 $C_9H_{16}O$. — Déshydratation du cétol précédent, liquide $É_{750}$ 165°; d_4^{23} 0,843; n_D^{23} 1,4470; sa *semicarbazone* F 116°.

Triméthyl-2.2.5 *heptanol*-5 *one*-3 $C_{10}H_{20}O_2$. — Bromopinacolone et méthyléthylcétone, Rdt 66 %; liquide $É_{13}$ 87-88°; d_4^{23} 0,902; n_D^{23} 1,4339.

Triméthyl-2.2.5 *heptène*-4 *one*-3 $C_{10}H_{18}O$. — Déshydratation du cétol précédent, liquide $É_{750}$ 183°; d_4^{23} 0,847; n_D^{23} 1,4461.

Pentaméthyl-2.2.5.6.6 *heptanol*-5 *one*-3 $C_{12}H_{24}O_2$. — Bromopinacolone et pinacolone, Rdt 76 %; composé déjà préparé par l'un de nous (²) par une autre voie.

Triméthyl-2.2.6 *heptanol*-5 *one*-3 $C_{10}H_{20}O_2$. — Bromopinacolone et isobutanal, Rdt 65 %; liquide $É_{11}$ 89-91°; d_4^{23} 0,903; n_D^{23} 1,4372.

Triméthyl-2.2.6 *heptène*-4 *one*-3 $C_{10}H_{18}O$. — Déshydratation du cétol précédent, liquide $É_{752}$ 189°; d_4^{23} 0,848; n_D^{23} 1,4402.

Cyclohexylidène-pinacolone $C_{12}H_{20}O$. — Bromopinacolone et cyclohexanone, Rdt 60 %; liquide $É_{12}$ 108°; d_4^{23} 0,915; n_D^{23} 1,4710.

Benzalpinacolone $C_{13}H_{16}O$. — Bromopinacolone et benzaldéhyde, Rdt 60 %; $É_{17}$ 152°; F 42°. Ce composé se prépare plus simplement par action du benzaldéhyde sur la pinacolone en présence de soude caustique; mais cet essai démontre la constitution des produits formés au cours de notre réaction.

Nous poursuivons l'étude de ces condensations en utilisant des cétones α-bromées aliphatiques, cyclaniques et aromatiques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des peptides de la dl-valine* (I). Note de M. **Jefferson W. Davis**, présentée par M. Marcel Delépine.

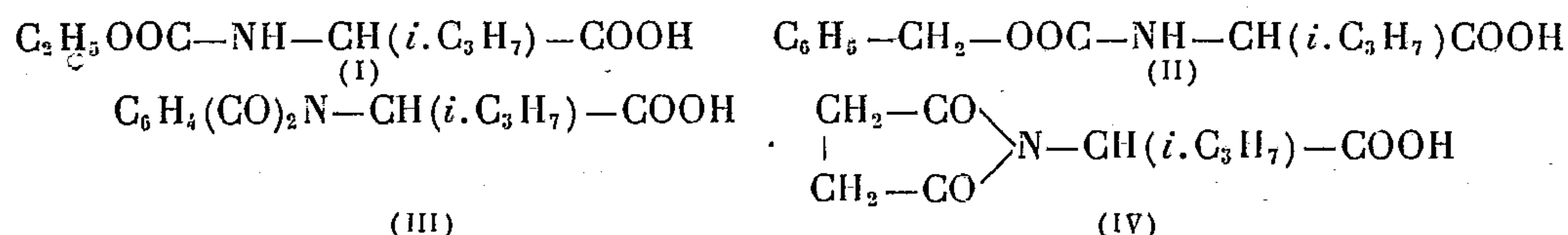
L'étude des polypeptides est à l'heure actuelle très avancée, mais les auteurs qui s'en sont occupés bornèrent leurs efforts dans la plupart des cas, aux peptides de la glycine, de l'alanine et de la leucine. En ce qui concerne les peptides de la valine, nos connaissances dans ce domaine sont restées fort peu étendues. Pour combler cette lacune j'ai entrepris ce travail en vue de réaliser d'abord la synthèse d'un certain nombre de di- et polypeptides de cet aminoacide et de les étudier ensuite.

Le point de départ de presque toutes les méthodes de synthèse des dipeptides est un aminoacide N-acidylé que l'on condense ensuite avec le même ou un autre aminoacide ou son éther sel.

Pour pouvoir choisir le dérivé acidylé de la valine qui convenait le mieux pour les condensations que je me suis proposé de faire, j'ai préparé : la N-carbéthoxy dl-valine F 64-65° (I), la N-carbobenzyloxy-dl-valine F 70-71° (II), la

(²) *Bull. Soc. Chim.*, 1, 1934, p. 1107.

N-phtaloyl dl-valine F 165-167° et la N-succinyl dl-valine F 199-200° (IV)



L'expérience a montré que pour les synthèses envisagées, c'est la N-carbobenzyloxyvaline (II) qui donne les meilleurs résultats.

Parmi les nombreuses méthodes de condensation d'un acidyl-aminoacide avec un aminoacide ou ester, indiquées par la bibliographie, c'est le procédé tout récent de Boissonas [1] qui me semblait le plus approprié.

Cette méthode consiste à dissoudre un N-acidylaminoacide dans le chloroforme et de faire agir dessus du chlorocarbonate d'éthyle en présence d'une base tertiaire à 0°. L'anhydride mixte de l'acidylaminoacide et de l'acide carbonique formé (que l'on n'isole pas) est traité ensuite, soit par un aminoacide ou son sel de Na en solution aqueuse, ou bien mieux par une solution chloroformique d'un aminoéther-sel à 0-5°. Il se forme ainsi l'éther-sel d'un N.acidyldipeptide avec un bon rendement.

J'ai préparé à l'aide de cette méthode : les éthers éthyliques :

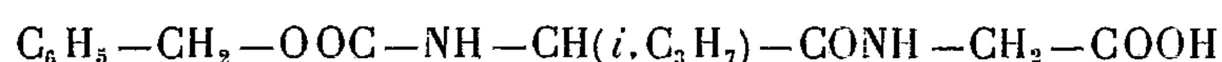
1° de la N-carbobenzyloxy-valyl-valine F 83-84° (alcool dilué) Rdt 83 %, $C_6H_5{-}CH_2OOC{-}NH{-}CH(i.C_3H_7){-}CONHCH(i.C_3H_7)COOC_2H_5$;

2° de la N-carbobenzyloxy-valyl-glycine F 105° (éther) Rdt 80 %, $C_6H_5{-}CH_2OOC{-}NH{-}CH(i.C_3H_7){-}CONH{-}CH_2{-}COOC_2H_5$;

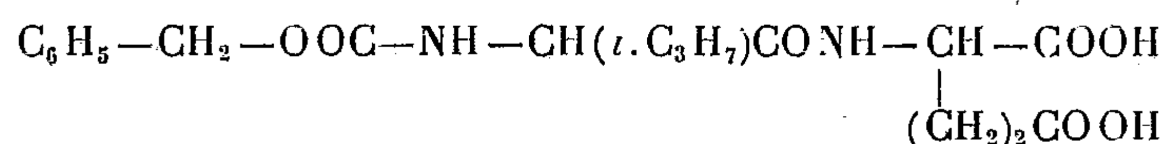
3° de la N-carbobenzyloxy-valyl-nor-leucine F 71-72° (alcool dil.) Rdt 68 %, $C_6H_5{-}CH_2OOC{-}NH{-}CH(i.C_3H_7){-}CONH{-}CH(C_4H_9){-}COOC_2H_5$;

4° de la N-carbobenzyloxy-valyl-leucine F 98-99° (alcool dil.) Rdt 75 %, $C_6H_5{-}CH_2OOC{-}NH{-}CH(i.C_3H_7){-}CO{-}NH{-}CH(i.C_4H_9){-}COOC_2H_5$.

Par condensation directe de la carbobenzyloxyvaline avec la glycine et avec l'acide glutamique j'ai obtenu les acides : carbobenzyloxyvalyl-aminoacétique F 138-139° (éther)



et glutamique F 153° (eau)



A l'aide de la méthode de Boissonas (*loc. cit.*) on peut dans certains cas condenser même un aminoacide non acidylé avec un aminoéther-sel. J'ai pu obtenir ainsi le valylvalinate d'éthyle F 170-172° (alcool abs.).

---

(1) *Helv. Ch. Acta*, 34, 1951, p. 874.

La saponification sélective de la fonction éther-sel éthylique, dans les produits décrits plus haut, est facilement réalisable par une 1,1 mol de soude en solution hydroalcoolique à 40°.

J'ai obtenu ainsi à partir des éthers-sels correspondants la N-carbobenzyloxyvalyl-valine F 142-143° (éther-ligroïne), la N-carbobenzyloxyvalylglycine F 140° (éther), la N-carbobenzyloxyvalyl-nor-leucine F 142-143° (ligroïne-éther) et la carbobenzyloxyvalyl-leucine F 135° (éther-ligroïne).

Les travaux, en vue de préparer les dipeptides à partir de ces acides, sont en cours.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Orientations régulières de la diméthyl-glyoxime sur différents supports.* Note de M. **Jean-Claude Monier**, présentée par M. Charles Mauguin.

Des groupements épitaxiques nouveaux de diméthylglyoxime sur divers supports ioniques sont décrits. Ils correspondent à l'allongement de la molécule de diméthylglyoxime.

La diméthylglyoxime se sublime très bien et s'oriente sur des clivages frais de cristaux placés dans sa vapeur.

Le dépôt de diméthylglyoxime se présente, en général, sous la forme de bâtonnets assez petits, de l'ordre de 10 à 20 μ de long et 3 à 5 μ de large, les plus gros atteignant 40 μ de long et 10 μ de large. La direction d'allongement, selon W. C. MacCrone ([1]), est b_0 [010] : nos diagrammes de cristal tournant ont confirmé ce résultat. La direction de vibration, la plus voisine de la direction d'allongement, est toujours n_g. Nos mesures d'indices sur les cristaux orientés donnent des valeurs identiques à celles de W. C. MacCrone.

KCl. — Sur un clivage (001), la rangée b_0 [010] = 6,39 Å de la diméthylglyoxime est parallèle à la rangée [100] = 6,28 Å du support. Ceci donne deux orientations à 90° l'une de l'autre du point de vue de l'allongement des cristaux déposés; mais chacune de ces orientations se dédouble optiquement avec extinction à 7° environ de l'allongement.

NaCl. — Sur un clivage (001), on observe deux groupes d'orientations.

Dans le premier, b_0 du dépôt se superpose à [910] du support, soit $4\ b_0 = 25{,}56$ Å et [910] = 25,48 Å. Les cristaux de diméthylglyoxime sont allongés dans des directions comprises entre 6° et 6° 1/2 de [100] du sel gemme. On constate quatre orientations symétriques entre elles du point de vue de l'allongement et dont chacune est dédoublée optiquement comme dans le cas de KCl.

([1]) *Analytical Chemistry*, 21, 1949, p. 1428.

Dans le deuxième groupe, de même fréquence, b_0 du dépôt correspond à [110] = 3,98 Å du support et $5 \times b_0 = 31,95$ Å est en bon accord avec $8 \times 3,98 = 31,84$ Å. On a deux directions d'allongement.

CaF_2. — Sur un clivage (111) de fluorine, l'accolement a lieu de manière que b_0 du dépôt soit parallèle à [112] du support et $b_0 = 6,39$ Å s'accorde avec [112] = 6,68 Å. On observe ainsi trois directions d'allongement symétriques entre elles par rotation de 120°.

On trouve aussi quelques allongements parallèles à [110] de la fluorine, où $3\,b_0 = 19,17$ Å est voisin de $5 \times 3,85 = 19,25$ Å pour le support.

Mica. — Sur un clivage (001) de muscovite, b_0 de la diméthylglyoxime se place suivant les rangées [120], [530] et [710] avec $3\,b_0 = 19,17$ Å en accord respectif avec [120] = 18,77 Å; [510] = 18,73 Å et [710] = 18,68 Å conduisant á six directions d'allongement symétriques deux à deux.

$BaSO_4$. — Sur un clivage (001) de barytine, il se forme deux groupes épitaxiques, donnant deux directions d'allongement symétriques.

Le plus fréquent fait apparaître l'alignement de b_0 du dépôt et de [130] du support soit $3\,b_0 = 19,17$ Å, pour 18,57 Å.

Dans le deuxième groupe, l'allongement est dirigé suivant [210] de la barytine, et $3\,b_0 = 19,17$ Å correspond à 18,54 Å du support.

$NaNO_3$. — Sur un clivage (001) la pseudo-maille a pour paramètre 6,48 Å; il se forme deux groupes épitaxiques avec deux directions d'allongement symétriques pour chacun.

Dans le plus fréquent, b_0 de la diméthylglyoxime est parallèle à [100] du nitrate dont le paramètre 6,48 Å est en bon accord avec 6,39 Å du dépôt.

Le deuxième fait correspondre b_0 de la diméthylglyoxime avec $[1\bar{2}0]$ du nitrate, soit $5\,b_0 = 31,95$ Å et $2 \times 15,71 = 31,42$ Å pour le support.

Calcite. — Sur un clivage (001) la pseudo-maille a comme paramètre 6,41 Å; nous constatons trois groupes épitaxiques et deux directions d'allongement symétriques pour chacun.

L'un très fréquent, correspond au parallélisme entre $b_0 = 6,39$ Å du dépôt et [100] du support égal à 6,41 Å.

Le deuxième, aussi fréquent que le premier, fait coïncider b_0 du dépôt avec [750] du support, soit $4\,b_0 = 25,56$ Å, et 24,73 Å pour [750].

Le dernier, moins fréquent, indique la coïncidence de [010] du dépôt et de [130] du support avec des multiples : $3\,b_0 = 19,17$ Å pour le dépôt et $2 \times 9,49 = 18,98$ Å pour la calcite.

Nous pousuivons cette étude épitaxique à partir de solutions et sur d'autres supports. Mais dès à présent ces résultats montrent le rôle prépondérant que joue dans l'orientation la rangée b_0 de la diméthylglyoxime, qui, selon W. C. Mac Crone, correspond à la direction d'allongement de la molécule.

GÉOLOGIE. — *Sur la géologie des massifs des Grandes Rousses et de Belledonne*. Note de MM. **Pierre Bordet** et **Claude Bordet**, présentée par M. Paul Fallot.

Les remarques qui suivent sont fondées sur des travaux détaillés poursuivis depuis plusieurs années : lever de la carte géologique détaillée du massif des Grandes Rousses (1/20 000e) et de différents secteurs dans le massif de Belledonne, surveillance géologique de diverses galeries en cours de percement dans le massif de Belledonne, etc. Nous estimons que ces recherches sont encore trop sommaires pour permettre des conclusions définitives; pourtant, certains faits paraissent pouvoir être groupés et ouvrent ainsi des perspectives nouvelles sur la géologie de ces massifs. L'état d'écrasement intense dans lequel ceux-ci se trouvent, complique du reste beaucoup les interprétations et oblige à une grande prudence.

Les faits les plus remarquables paraissent être les suivants :

1° La série cristallophyllienne qui compose l'essentiel de ces massifs présente une structure généralement isoclinale ou légèrement en éventai avec des pendages très redressés; il existe cependant, localement, des parties subhorizontales et l'on peut reconnaître, par endroit, des charnières raccordant ces éléments. Cette série est extrêmement monotone à l'œil, mais surtout au microscope; les roches qui la constituent, schistes et arkoses métamorphiques satinés, ne présentent qu'exceptionnellement une véritable structure de gneiss ou de micaschiste classique : elles sont formées de cristaux irréguliers, brisés et liés entre eux par un ciment phylliteux orienté ou chloriteux passant parfois à du mica, le quartz est recristallisé, les feldspaths damouritisés, la calcite et le sphène abondants, la tourmaline et le grenat fréquents, ce dernier presque toujours chloritisé.

Cette série présente, en certains points, de remarquables éléments aberrants; il faut signaler, en particulier :

des bancs de conglomérats présentant des galets de taille variable, mais atteignant parfois plusieurs centaines de kilogrammes;

des bancs de quartzites;

des cipolins passant à des amphibolites et à des pyroxénites, parfois directement liés à des couches charbonneuses (Montsapey);

des formations de schistes charbonneux ou graphiteux; ceux-ci font certainement partie de la série et ne sont pas des coins intercalés de schistes d'âge postérieur, comme le prouve, au microscope, leur passage progressif aux roches encaissantes; on y trouve parfois des traces indéterminables de plantes (Bonneval et Grand Arc);

des roches microlitiques qui sont probablement d'anciennes coulées andésitiques;

des roches vertes (ovardites) accompagnées probablement de tufs (Grand Arc);

des roches grenues laminées : anciens granites, gabbros, serpentines, etc.

2° Le Stéphanien inférieur daté existe dans le massif des Grandes Rousses, où il a rempli des fossés d'effondrement de style classique. Il est formé principalement d'arkoses et de conglomérats avec lits de schistes noirs à plantes et charbon. Il montre localement, lui aussi, des traces de métamorphisme : séricitisation, chloritisation, développement de minéraux nouveaux : tourmalines en aiguilles, mica blanc, épidote, pyrite, etc. Il contient d'importantes coulées trachytiques.

3° Il existe, dans le massif de Belledonne, des pointements de granite (granite de Beaufort, du Bersend, du Bellachat, etc.) qui ne présentent pas d'écrasement notable, mais un léger rétromorphisme. Ils sont postérieurs à la série cristallophyllienne qu'ils recoupent; ils ne sont pas en rapport direct avec le Stéphanien daté, mais pourraient être d'âge très tardif, comme conduiraient à le penser l'existence de filons de pegmatite dans une formation de type verrucano sur la face Nord-Ouest du massif du Prarion et une zone graphiteuse dans l'auréole du granite du Bersend, en prolongement du houiller d'Arèches (¹).

Nous n'avons pas décelé de formes nettes de métamorphisme dans la couverture secondaire.

En résumé, dans les massifs de Belledonne et des Grandes Rousses il semble que l'on puisse distinguer :

1° Une série de base dont les affleurements n'ont pas encore été identifiés avec certitude : elle est pourtant connue par les galets de gneiss et de granite des conglomérats de la série principale.

2° Une série principale qui constitue l'essentiel des deux massifs; elle est formée d'un matériel cristallophyllien remanié qui a subi un métamorphisme léger et un violent écrasement après sa mise en place. Les passées de schistes graphiteux à traces de plantes qui y sont interstratifiées font penser que sa formation s'est poursuivie jusque dans le carbonifère.

3° Enfin, une série stéphanienne formée d'arkose et de conglomérats. Elle présente un léger métamorphisme qui paraît avoir rétromorphosé certaines des formations antérieures.

Il semble que certains granites lui soient contemporains ou même postérieurs.

(¹) Renseignement oral de M. Schoeller.

GÉOLOGIE. — *Nouvelle interprétation du chevauchement des Bessillons et du chevauchement de Salernes, dans la région de Cotignac (Var).* Note (*) de M. **Guy Mennessier**, transmise par M. Pierre Pruvost.

La feuille de Draguignan au 80 000e montre, s'allongeant de part et d'autre de Cotignac, deux importants chevauchements : à l'Ouest, celui des Bessillons; à l'Est, et décalé d'environ 2 km vers le Nord, celui de Salernes.

M. Bertrand [1] et Ph. Zürcher [2] interprétèrent ces chevauchements comme les deux moitiés d'un même accident se raccordant par un contact anormal de recouvrement orienté Nord-Sud. A. F. de Lapparent [3] y vit, au contraire, deux plis couchés distincts, s'enracinant en se relayant au Nord de Cotignac. Enfin, en 1943, L. Bertrand [4] admit de nouveau que « le chevauchement de Salernes est le même que celui des Bessillons, dont le bord est simplement rejeté par un accident de direction alpine », au Nord de Cotignac.

De récents levés au 20 000e me conduisent à une nouvelle interprétation : *les deux chevauchements sont distincts, mais ils ne s'enracinent latéralement, ni ne se relaient dans la région au Nord-Ouest de Cotignac, courant au contraire parallèlement l'un à l'autre.* Les apparences d'enracinement ou de décrochement sont dues à l'érosion et à une zone complexe de dislocations, passée en majeure partie inaperçue.

Les observations suivantes justifient la nouvelle interprétation :

1° *Zone de dislocation de Cotignac.* — Un réseau de failles, qui courent en se relayant du Sud-Sud-Ouest au Nord-Nord-Est sur le bord Est du massif des Bessillons, des environs de Correns à Cotignac, accompagnées de plis de même direction et de petits horsts entre Montfort et Correns, est très nettement oblique par rapport aux directions majeures Est-Ouest. Il s'accompagne, à l'Est et à l'Ouest, de failles plus ou moins parallèles, ainsi que de plusieurs transanticlinaux et transsynclinaux très nets, affectant à la fois les séries charriées et leurs substratums respectifs.

2° *Chevauchement de Salernes.* — Au delà du contact anormal Nord-Sud, le long du vallon de Garesse, qui relierait les deux moitiés du chevauchement présumé unique, apparaît une série chevauchante identique à

(*) Séance du 25 février 1952.

(1) *Bull. Soc. Géol. France*, (3), 17, 1889, p. 234-246.

(2) *Ibid.*, (3) 19, 1891, p. 1178-1201.

(3) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1008, et *Bull. Carte Géol. France*, n° 198, 1938, p. 40.

(4) *Bull. Carte géol. France*, n° 212, 44, 1943, p. 265-287.

celle de Salernes, mais décrochée de 200 m vers le Nord. Ph. Zürcher et L. Bertrand l'interprétèrent comme un petit chevauchement (pli des Cabanons) s'enfonçant sous la série des Bessillons-Salernes par le contact anormal de Garesse. Ils citaient à l'appui de cette interprétation l'existence d'une fenêtre, à l'Est du contact anormal. A. F. de Lapparent interprétait, au contraire, le pli des Cabanons comme la terminaison du chevauchement de Salernes, et le contact de Garesse comme une faille d'affaissement.

Cette faille, à plan de friction vertical ou très redressé, affectant au Nord le Danien chevauché dans lequel elle s'efface rapidement, se termine bien, au Sud, à l'Ouest de Condamine-Longue, à plus d'un kilomètre du chevauchement des Bessillons. La fenêtre n'existe pas. La série de Salernes est seulement affectée en cette zone par une faille verticale parallèle à celle de Garesse.

J'ai suivi à partir des Cabanons, une série jurassique complète plongeant au Sud-Sud-Ouest, en continuité absolue avec celle de Salernes et nullement indiquée sur les cartes, dont le Rhétien ou le Keuper vient en contact par une flexure-faille avec le substratum de la série de Salernes. Cette flexure-faille sort de sous le chevauchement de Salernes. Un peu avant la route de Fox à Barjols, la flexure-faille s'enfonce sous la série jurassique qui recommence à chevaucher du Danien. Ce recouvrement a été unanimement considéré comme le prolongement de celui de Fox, qui, d'après mes levés, passe plus au Nord. Il représente la réapparition du chevauchement de Salernes, disparu par suite de l'érosion depuis les Cabanons, qui a, en revanche, démasqué la flexure-faille représentant la zone radicale du chevauchement de Salernes.

3° *Chevauchement des Bessillons.* — Une faille verticale Est limite au Nord des Vaches l'Eocène chevauché; à Case-Neuve elle s'infléchit vers le Sud-Sud-Est et prend en écharpe la série chevauchée et la série chevauchante qui s'étire contre elle en une flexure verticale très marquée. Une étroite bande de Rhétien, avec un peu de Trias, marque le passage de l'accident qui s'enfonce sous les tufs de Cotignac, pour réapparaître probablement dans le réseau Correns-Cotignac. Il n'est donc pas possible de parler d'une terminaison du pli des Bessillons, par un raccordement entre les calcaires marneux du chevauchement et du substratum, ceux-ci étant toujours séparés par la bande de Rhétien.

D'autre part, une importante flexure verticale apparaît à l'angle Nord-Est des tufs. Cette flexure, Est-Ouest, limite la série de Salernes et la met en contact avec le Rhétien du synclinal d'Entrecasteaux. Elle est jalonnée par des lames verticales très étirées de Jurassique, en ordre normal. Elle se suit jusqu'au défilé de la Bouissière. Or, j'ai découvert, au Nord de cette flexure, reposant sur les dolomies jurassiques du che-

vauchement de Salernes, *deux lambeaux de Rhétien charriés du Sud au Nord, témoins d'un important chevauchement, presque entièrement arasé.*

Ce recouvrement, par sa position géométrique, est le prolongement de celui des Bessillons, décapé par l'érosion entre Cotignac et la Bouissière. La longue flexure limitant au Sud la série de Salernes est l'homologue de celle limitant au Sud le substratum du chevauchement de Salernes. Elle s'interprète donc comme la zone radicale du chevauchement des Bessillons. Cette flexure apparaît encore loin vers l'Est, au Nord de Saint-Antonin et indique *une extension considérable probable vers l'Est du chevauchement des Bessillons avant son érosion.*

GÉOLOGIE. — *Age de la dénivation dans les niches glaciaires des Vosges gréseuses.* Note (*) de Mlle **Jeanne Becker** et M. **Claude Sittler**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Dans les Vosges moyennes gréseuses la fonte des neiges et des glaces (ou fin de nivation) s'est effectuée un peu plus tard que dans la région des Hautes Vosges centrales et méridionales, comme nous le montre l'étude palynologique de quelques tourbières installées dans des niches glaciaires.

A la suite des travaux de J. P. Hatt [1], on sait que les grands cirques glaciaires des Hautes Vosges centrales et méridionales ont été libérés de leurs glaces et neiges pendant ou avant la phase climatique flandrienne préboréale.

Afin de compléter ces résultats, nous avons étudié trois petites niches glaciaires situées sur le versant Est des Vosges moyennes gréseuses, à environ 8 km Ouest-Sud-Ouest de Schirmeck. Les moraines latérales et frontales y sont bien visibles. Ces niches sont occupées par des tourbières que nous avons sondées en vue de leur étude palynologique. Ce sont [2] celles du Rond Pertuis (675 et 600 m) et celle de Bipierre (780 m). Aucune des trois ne dépasse 200 m en son plus grand diamètre.

Leurs tourbes, épaisses de 2 à 2,75 m, reposent sur un socle de grès savernien altéré. Elles sont sphagneuses; les tissus d'*Hypnum*, d'*Eriophorum* et de Fougères sont répartis irrégulièrement. Les spores de Sphaignes sont fréquentes à tous les niveaux. Celles de Fougères, le plus souvent de type *Athyrium*, les accompagnent en proportions moindres.

L'analyse pollinique révèle une histoire forestière dans laquelle se distinguent les phases suivantes :

(*) Séance du 18 février 1952.

(1) *Bull. Serv. carte géol. Als.-Lorr.*, 4, 1937, p. 1-79.

(2) Carte au 1/50 000, feuille XXXVI-16, Cirey-sur-Vezouse.

1. Pin-Bouleau dans son stade terminal décroissant (fin de la phase préboréale);
2. Coudrier-Pin-Chênaie mixte (phase boréale);
3. Chênaie mixte-Coudrier-Pin (phase atlantique);
4. Fagabiétaie : Sapin-Hêtre (phases subboréale et subatlantique);
5. Forêt diversifiée avec recrudescence du Pin et extension de l'Epicéa.

L'examen des diagrammes montre quelques détails caractéristiques de cette région gréseuse. Même après la phase 1, le Pin s'est maintenu avec des pourcentages relativement élevés : jusqu'à 40 % durant les phases 2 et 3, entre 10 et 24 % au cours de celle de la Fagabiétaie, tandis que dans le massif granitique du Champ-du-Feu (1060 m), peu éloigné de nos gisements, cette essence a régressé définitivement dès la fin du préboréal.

L'influence de l'exposition et de l'altitude se manifeste particulièrement pendant la phase 4 : les pourcentages du Sapin dépassent ceux du Hêtre d'environ 10 %, mais la courbe de la Fagabiétaie ne se détache pas franchement de celle des autres essences, comme c'est le cas dans la région du Champ-du-Feu. Dans ce dernier domaine nous nous trouvons en présence d'une Hêtraie subalpine ainsi que nous l'a montré un sondage pratiqué dans une tourbière basse non étudiée jusqu'ici.

Dans chacune des tourbières étudiées, ainsi que dans celle toute voisine du Vallon des Blanches Roches (710 m), la courbe du Bouleau marque une poussée importante pendant la Fagabiétaie (jusqu'à 72 %); elle est accompagnée d'une pointe d'Aulne et de Coudrier.

L'activité humaine se manifeste nettement durant la phase 5, par la présence de pollen de Noyer et de Céréales.

Ainsi, dans les petits cirques glaciaires étudiés, la tourbification, qui a suivi leur dénivation totale, n'a débuté qu'à la fin du Flandrien préboréal.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Lois générales du relief terrestre.*

Note de M. **Matthias Matschinski**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Dans la présente Note, l'auteur essaie de généraliser deux corrélations établies précédemment : corrélation entre l'altitude moyenne des continents et leur superficie [1] et corrélation entre la courbure de la série des volcans et la densité de leur alignement [2]. Il arrive à deux lois géographiques : I et II. Il signale également certains indices statistiques très utiles pour une description exacte du relief terrestre.

1. Considérons une isohypse fermée quelconque entourant un morceau suffisamment grand de la surface terrestre, par exemple, une isohypse passant par les points L, M, N, P, etc. (*fig.* 1). La condition qu'il soit suffisamment grand s'entend dans le sens que le morceau s'étend sur le bloc continental ou dans le sens qu'il admet une considération statistique (les écarts se ramènent à la

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 492; aussi *Rev. Géomor. Dyn.*, n° 4, 1951, p. 157.
(2) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1474; aussi *Rev. Géomor. Dyn.*, n° 6, 1951, p. 276.

courbe d'écarts accidentels de Gauss, etc.). Introduisons les notations : hauteur de l'isohypse L, M, N, P au-dessus du niveau de la mer — h_g, surface qu'elle entoure — $S(h_g)$, enfin, hauteur moyenne (par rapport à la mer) du morceau de la superficie terrestre entouré de cette isohypse — $h(S)$. On trouve alors, ainsi qu'il découle des données cartographiques [3] (*fig.* 2), la loi I : l'altitude

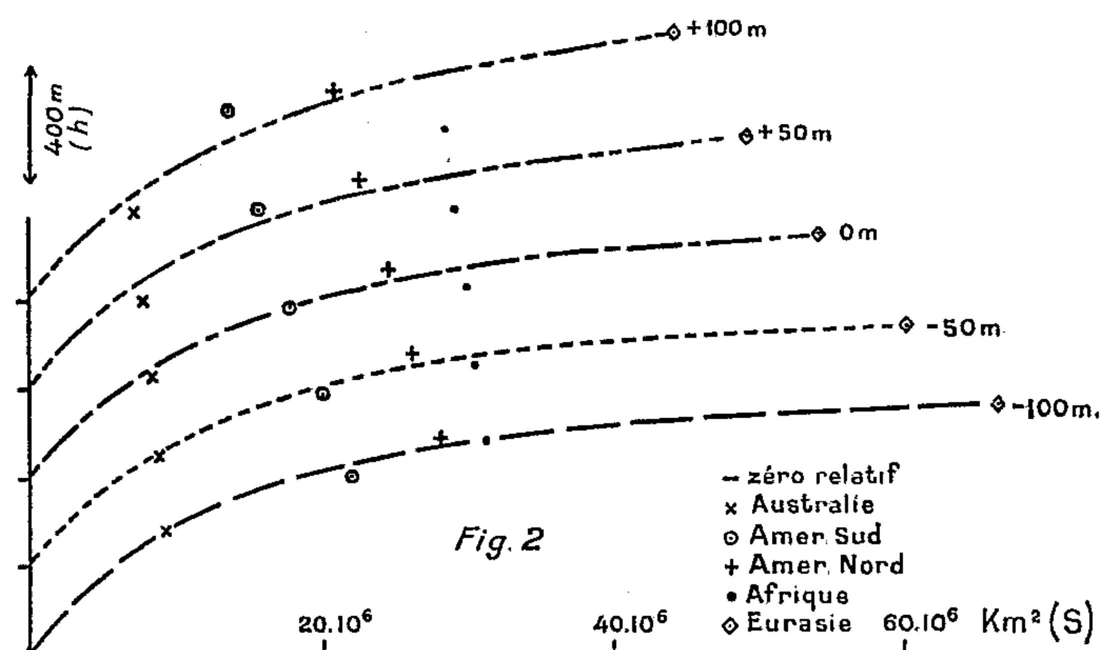


Fig. 2

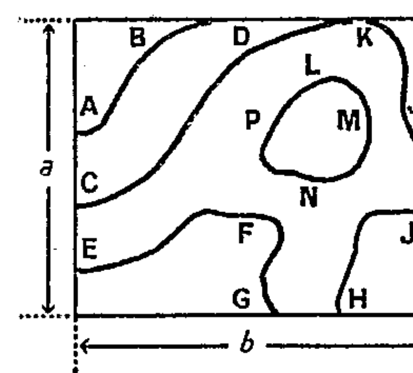


Fig. 1

relative moyenne $[h(S) - h_g]$ d'un morceau de l'écorce terrestre à l'intérieur d'une isohypse fermée est d'autant plus considérable qu'est plus grande la superficie circonscrite par cette isohypse. Comme il ressort des calculs, on ne peut pas parler d'une proportionnalité simple entre ces grandeurs; on peut seulement affirmer qu'ils se modifient toujours dans un même sens : ou bien toutes les deux augmentent, ou bien toutes les deux diminuent; mathématiquement : $h(S) - h_g \sim S(h_g)$. Si, par exemple, on considère l'isohypse de la hauteur zéro, ligne côtière, on arrive à la corrélation existant entre la superficie des continents et leur altitude moyenne [1] : $h \cong 18800\,S - 14800\,S_+^2 \ldots$ La courbe, comme nous l'avons déjà démontré, monte pour les superficies qui augmentent (la figure 1 dans la Note citée). On trouve la forme analogue dans le cas général. La figure 2 présente les courbes pour les isohypses — 100, — 50, 0, + 50 et + 100. Cet ensemble est le domaine naturel de l'applicabilité de la loi I; pour l'isohypse — 200 les continents sont déjà, en se liant, disparus et pour + 200 ils sont aussi disparus en se séparant en parties. Pour achever, notons qu'un tel ensemble des données permet de calculer le coefficient de corrélation, ce qui a été impossible dans la Note [1]. En partant par exemple des isohypses : — 100, — 75, — 50, ..., + 100 (— 9 isohypses avec 45 données) on calcule que la valeur de ce coefficient est plus de 0,9. A la loi I dans son sens statistique nous revenons encore.

([3]) Voir A. PENCK, *Morphologie des Erdoberfläche*, Stuttgart, 1894; H. WAGNER, *Lehrbuch der Geographie*, Hannover, 1923; A. HETTLER, *Vergleichende Länderkunde*, Berlin, 1933 et également les données de : DE LAPPARENT, MURRAY, SUPAN, VON TILLO, KRÜMMEL, HEIDERICH, KARSTENS, KOSSINA, etc.

2. On peut indiquer une autre paire de grandeurs dont les changements interviennent en moyenne toujours dans un même sens, qu'il s'agisse d'augmentation ou de diminution. (Cette forme de corrélation prédominera selon toute apparence dans la géographie statistique).

Considérons une chaîne de montagnes avec l'alternance de ses sommets et cols. Soit Δh, la différence moyenne des altitudes représentatives; $\bar{\rho}$, le nombre moyen des isohypses sur une *unité* (convenablement choisie) de la chaîne et $1/R$ la courbure moyenne de la partie considérée de la chaîne. La grandeur $\bar{\rho}\Delta h$ désignera le degré d'inégalité de la chaîne de montagnes (*voir* § 3). Des observations sur les cartes montrent alors qu'on peut établir la loi II : L'inégalité moyenne d'un morceau de chaîne est d'autant plus considérable qu'est plus grande la courbure moyenne de ce morceau. Comme dans la loi I, il n'est pas question ici de proportionnalité simple, mais du changement dans un même sens : $1/R \sim \bar{\rho}\Delta h$. En supprimant les détails, nous nous bornerons à souligner que pour une chaîne de montagnes accompagnée d'une série de volcans, la formation de ces derniers sera facilitée par l'augmentation de $\bar{\rho}\Delta h$, — c'est pourquoi cette grandeur peut être remplacée dans la formule par la densité d'alignement des volcans ([2]), on obtient $1/R = (7/90)\rho_v - 1/4\,500$, — corrélation établie précédemment ([2]) sur la base de données numériques.

3. Les lois géographiques générales, que nous venons d'énoncer, ont été trouvées, aussi bien en ce qui concerne leur forme générale (I, II), qu'en ce qui concerne les corrélations ([1]) et ([2]), uniquement sur la base de faits. Ces lois doivent être considérées comme une certaine expression sommaire des propriétés générales du relief terrestre, établies au moyen de mesures, indépendamment de toute théorie. Toutefois, du point de vue théorique, on peut également les considérer comme des corollaires des principes de la mécanique appliqués à l'écorce terrestre ([4]). Or, ce qui est le plus important c'est qu'une loi scientifique ne peut être formulée qu'en partant d'expressions numériques des phénomènes et que, par conséquent, l'établissement de telles ou telles autres lois du type ici proposé nécessite un nombre plus élevé de caractéristiques numériques du relief terrestre. Par exemple, on peut introduire les caractéristiques suivantes. Supposons mesurées les longueurs des isohypses : AB, CD, etc. (*fig.* 1) sur le morceau ab $(a < b)$ de la surface de la terre $(h_i - h_{i-1} = 1)$; soit m le nombre des isohypses de hauteur différente sur ab. Alors : $AB + CD + EFG + \text{etc.} = \Sigma l(h_i)$ sera le degré de relief et $\Sigma l(h_i) - ma$ sera le degré de découpure. En divisant ces deux grandeurs par l'aire ab on trouve les coefficients *spécifiques* ([3]); par contre, en divisant par ma, on obtient les coefficients *relatifs*; on peut aussi diviser par

([4]) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1653 et *Cahiers Géol. Thoiry*, n° **10**, 1952, p. 84, avec bibliographie.

les fonctions plus compliquées de h moyenne, a et b (*voir* § 2). Enfin, on obtient le coefficient spécifique d'orogénèse en divisant par l'aire la somme (— intégrale) des carrés de toutes les dérivées de h par rapport aux coordonnées planes.

TECTONIQUE. — *Le décollement de la couverture briançonnaise et ses conséquences.* Note de M. **Marcel Lemoine**, présentée par M. Paul Fallot.

Le trait essentiel de la tectonique briançonnaise est le décollement de la couverture post-werfénienne sur son substratum paléozoïque et werfénien, décollement qui s'est fait au niveau gypsifère du Werfénien supérieur. Cette particularité oppose le Briançonnais tant à la zone des schistes lustrés, à l'Est, qu'à la zone dauphinoise à l'Ouest, où le décollement majeur semble s'être fait au niveau des gypses du Keuper, qui n'existent pas dans le Briançonnais.

La série sédimentaire de la zone briançonnaise, qui va du Houiller au Nummulitique, peut, du point de vue de son comportement tectonique, être divisée en deux. La partie inférieure, qui comprend le Houiller (avec, éventuellement, son socle cristallin, inconnu), le Verrucano et les quartzites werféniens, est formée d'un matériel essentiellement gréseux (grès, conglomérats, avec niveaux schisteux dans le Houiller), produit de la démolition d'une chaîne cristalline ancienne. Au-dessus, un niveau à gypses et cargneules (Werfénien supérieur d'après F. Ellenberger), prélude au dépôt de séries calcaréo-dolomitiques (Trias), puis calcaires (Jurassique), enfin calcschisteuses et schisteuses (Crétacé et Nummulitique). Cette partie supérieure, surtout calcaire, relativement souple, peut être appelée *couverture*, par opposition à son *substratum* surtout siliceux, doué d'une plus grande rigidité. Ces deux ensembles, de propriétés mécaniques différentes (1), séparés par un niveau gypsifère plastique, ont joui, lors de l'orogenèse alpine, d'une indépendance presque totale : la couverture s'est *décollée* de son substratum et s'est plissée indépendamment de celui-ci. Ainsi se sont formés les plis couchés et les écailles sans flanc renversé que l'on observe actuellement dans le Briançonnais. Parfois, le niveau plastique manquant localement, pour des raisons soit stratigraphiques (non dépôt ou érosions postérieures), soit mécaniques, la couverture en cours de déplacement entraîne alors à sa base des copeaux arrachés au substratum siliceux (2).

Cette structure en écailles de couverture est particulièrement nette à la latitude de Briançon : à l'Ouest, les écailles briançonnaises des « Montagnes

(1) J. Goguel, *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, 42, 1940, p. 187.

(2) Ce phénomène d'entraînement du substratum à la base d'une écaille prend, au Sud de Briançon, dans le massif de la Tête de Gaulent, une ampleur anormale pour le Briançonnais. Là, le décollement de la « nappe de Champcella », qui semble s'être fait dans un niveau schisteux de la partie supérieure du Houiller, est mesuré sur la coupe de J. Debelmas [*Bull. Soc. Géol. Fr.*, (6), 1, 1951, p. 185] d'au moins 7,5 km.

entre Briançon et Vallouise », empilées les unes sur les autres et poussées vers l'Ouest sur la zone subbriançonnaise sont, comme l'a montré J. Goguel [1], dues au décollement de la couverture, tectoniquement indépendante du Houiller briançonnais. A l'Est de Briançon, apparaît un paquet d'écailles, appartenant par leurs faciès à la zone briançonnaise. Elles sont pressées les unes contre les autres et complètement décollées du substratum, puisque l'on n'y voit que des terrains postérieurs aux quartzites triasiques. Ces écailles sont actuellement renversées vers l'Est : c'est la partie orientale de l' « éventail briançonnais » (dont la structure est due à une phase tectonique ultérieure). Plus à l'Est encore, la « zone du Gondran » [3], caractérisée par son Lias « prépiémontais », est aussi un morceau de couverture décollée, ayant entraîné à sa base des copeaux arrachés au substratum (schistes cristallins, Verrucano, quartzites).

Si l'on essaye, sur des coupes précises, de « déplier » cette couverture briançonnaise, on aboutit au résultat suivant : pour la partie Ouest de l'éventail, d'après les coupes de J. Goguel [1], la troisième écaille chevauche la deuxième de 5 km, et la deuxième chevauche la zone subbriançonnaise de 3 km; d'où un décollement minimum de 8 km [4]. A l'Est de Briançon, les écailles du Briançonnais oriental (non compris la zone du Gondran), ramenées bout à bout à l'horizontale, s'étendraient sur une largeur minima de 15 km, alors qu'elles en occupent actuellement, entre Briançon et le Gondran, à peine 5 (calcul fait au plus juste, sans aucune extrapolation ni interpolation). Au total, la couverture briançonnaise, qui possède actuellement, à la latitude de Briançon, une largeur de 16 km environ, s'étendait, à l'origine, sur un *minimum de* 30 km, la diminution de largeur due au serrage et au décollement ayant été d'environ 15 km. Une extrapolation raisonnable, tenant compte des parties enlevées par l'érosion ou enfouies en profondeur, conduirait à des chiffres supérieurs d'au moins 20 à 30 %.

Le point le plus oriental de la zone briançonnaise, qui se trouve actuellement 1 km à l'Est du Fort de l'Infernet, devrait donc, si l'on admet un déplacement général de l'Est vers l'Ouest, être reporté au moins 15 km plus à l'Est, c'est-à-dire au méridien du massif d'Ambin; cette précision est purement figurative et, bien entendu, n'implique nullement que la couverture briançonnaise ait reposé à l'origine sur le Paléozoïque du prolongement sud de ce massif. Il est d'ailleurs impossible de préciser quel était le substratum originel de la couverture briançonnaise, la tectonique de ce substratum étant trop mal connue à la latitude de Briançon.

---

(3) M. Lemoine, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (6), 1, p. 191.

(4) Plus au Sud, le décollement (qui s'est fait, lui aussi, au niveau des gypses werféniens), de la « nappe supérieure du Guil », mesuré sur les coupes publiées par J. Goguel [*Bull. Soc. Géol. Fr.*, (5), 20, 1950, p. 289], est aussi d'au moins 8 km.

Conclusions. — 1. La structure du Briançonnais (zone briançonnaise et zone du Gondran) est caractérisée par un décollement général de la couverture post-werfénienne sur son substratum paléozoïque et werfénien. Ce fait semble aussi établi en Vanoise (F. Ellenberger).

2. Ce décollement très général interdit d'envisager, sans précautions tout au moins, les rapports dans le temps et dans l'espace entre les sédimentations paléozoïque et post-werfénienne. La couverture, en effet, ne repose pratiquement jamais sur son substratum originel, qu'il est d'ailleurs, en général, impossible de définir : nous ne pouvons évaluer qu'un minimum du déplacement de la couverture, *peut-être très inférieur à la réalité*, et nous connaissons très mal la tectonique de ce substratum. Les reconstitutions paléogéographiques devront tenir compte de ces faits.

3. *L'origine de la quatrième écaille*, qui, suivant une hypothèse que j'ai proposée ([3]), serait liée à celle de la zone du Gondran, plus orientale que la zone briançonnaise, doit être cherchée très loin à l'Est du pays briançonnais. Le lieu du dépôt de la série des *schistes lustrés* est encore plus lointain.

ÉCONOMIE RURALE. — *Sur la signification de la métrologie rurale traditionnelle.* Note de M. **Robert A. Jarry-Guéroult**, présentée par M. André Mayer.

Comparant : aux mesures locales de poids du Moyen-Age les limites de rationnement atteintes en 1943; aux effectifs des « manses » carolingiens les mesures de capacité de grains encore en usage dans nos campagnes; aux rendements expérimentaux du sol arable les anciennes mesures de terre, l'auteur présente la métrologie rurale traditionnelle comme l'expression d'une connaissance expérimentale des relations nécessaires de l'Homme et du sol.

I. Les faibles rations civiles atteintes en 1943 ([1]) s'échelonnèrent en Europe continentale de 1 100 (Italie) à 2 200 (Haute-Autriche) calories; la « livre poids de table » ancienne s'exprimait ([2]) par un nombre défini de grains de blé s'échelonnant de 5 850 (Gênes) à 10 400 (Haute-Autriche). Le pouvoir calorifique de 1000 grains de blé est d'ailleurs de 195 calories. Cette identité de besoins aux limites se précise par superposition d'une carte de ces valeurs de la livre avec une carte climatologique ([3]) : parmi ces dernières, la plus exploitable est celle qui donne le nombre de jours de gelée par an. Nous proposons d'exprimer cette corrélation par la formule linéaire empirique :

$$L_{cal} = 1\,134 + 9{,}72\,G \pm 10\,\%.$$

Ce caractère local de la valeur de la livre avait été pressenti mais non

([1]) *S. D. N.*, II, 1944; II, A 3, p. 20.

([2]) Guilhermoz, *Bibl. Ec. Ch.*, 1906, p. 162-233 et 402-450; 1919, p. 6-100.

([3]) *Atlas Comité Nation. Géog.*, f° 13.

expliqué par Hültsch (⁴) et Brutails (⁵) : nous disons que c'est la ration de blé journalière du consommateur moyen.

II. Prenant pour unité cette ration individuelle; constatant que les subdivisions des grandes unités de mesure de grains et de terre (un muid vaut 12 setiers, 1 setier 2 mines, 1 mine 2 minots) sont calculés sur celles de l'année, nous avons trouvé que le muid est de l'ordre de grandeur de la ration annuelle d'un groupe équivalent, par exemple à 3,2 à 8 adultes dans l'Aveyron; 3,2 à 5,5 adultes dans l'Ardèche; 3,2 à 9,5 adultes dans l'Eure-et-Loir.

Nous avons alors comparé ces chiffres, résultant de l'interprétation d'anciennes mesures transmises par la seule tradition *orale*, aux densités d'occupation du sol connues par la tradition *écrite*. Ainsi, le dépouillement d'un fragment de polyptique de l'abbé Irminion pour le fisc de Villemeux (Eure-et-Loir) fait ressortir une densité d'occupation de 2,4 à 6,9 habitants au muid de terre (en adoptant l'équivalence correcte de 4 bonniers au muid). Nous avons d'ailleurs le droit, à 5 % près, pour une population d'autrefois à forte mortalité infantile [probabilité de vie 28,8 ans d'après la table de Duvillard de 1797] et après correction de la valeur des rations suivant les âges (⁶) de confondre un effectif d'adultes avec un effectif tous âges réunis.

III. Entre mesures de grains et mesures de terre, il y a homologie par l'identité de subdivision et de dénominations. Contrairement à l'explication traditionnelle, le calcul montre que cette homologie sous-entend une notion de rendement du sol, toutes terres arables : la fertilité locale est égale au quotient des mesures respectives, exprimées en unités du système métrique, des anciennes mesures de grain et de terre portant le même nom. Sur une série particulièrement bien connue des agronomes de l'Eure-et-Loir, de tels quotients, exprimés en hectolitres à l'hectare, sont exactement proportionnels aux taxations en nature de 1943, assises sur 50 ans d'expérimentation contemporaine méthodique (Garola). Nous trouvons pour divers cantons, au sens de la division administrative « spontanée de 1790 », « reconstituant les *pagi* gaulois » (Ferdinand Lot) : Saint-Denis les Puits 1,54/0,6; Dammarie 3,03/1,75; Chartres 3,2/1,85; Bailleau l'Évêque 3,1/1,95; Gallardon 3,4/2,05; Maintenon 3,5/1,9; Épernon 3,69/2; Auneau 3,75/2,25. En divergence, sont mis en évidence des cantons apparemment en progrès (Tremblay, Gommerville, Voves) ou en régression (Frazé, Dangers, Ouarville).

Analysant, avec les précieux conseils de M. André Mayer, une docu-

(⁴) *Griesch.u.röm. Metrol.*, p. 156.
(⁵) *Bibl. Ec. Ch.*, 1913, p. 620-628.
(⁶) *S. D. N.*, 11, 1944; 11, A 3, p. 30.

mentation qu'il fallait tirer de l'oubli : les enquêtes départementales menées dans le cadre de l'arrêté du 3 nivôse An VI pour comparer les mesures anciennes aux mesures républicaines et dont nous avons retrouvé 47 fascicules sur 130 (extension maxima des enquètes du Premier Empire), nous avons remarqué des traces plus ou moins étendues du système, complet décrit ci-dessus dans toute la France du Centre et du Sud-Est, ainsi qu'en Ile-de-France et peut-être Suisse et Piémont, ce qui, pour les historiens, lui donne une ancienneté très grande, peut-être celto-ligure. Appuyant sa tradition orale sur trois étalons matériels, de ration calorifique pour un individu et un jour, la livre; de ration calorifique, pour un manse et un quartier de lune, le minot; d'arpentage, pour une partie aliquote uniforme de sol arable assurant la ration précédente, la perche (telle qu'il y ait 20 perches carrées dans un minot de terre), ce système, à base hautement expérimentale des besoins de la vie, localise et quantifie, pour un état de connaissances demeuré stationnaire jusqu'au début du siècle dernier, les facteurs essentiels d'équilibre de l'homme, du climat et du sol.

Sur sa subdivision s'est modelé, et nous y reviendrons, le système fiscal mérovingien, avec la monnaie de compte en laquelle il s'exprimait : une livre de vingt sols, le sol étant de douze deniers.

Sur son concept de base, d'une parité régionale de valeur économique entre deux domaines fournissant une même production, se forment encore à ce jour les jugements de valeur du rural : et, en particulier, celui qu'il porte sur la monnaie fiduciaire offerte en contrepartie des produits de son exploitation. C'est d'ailleurs en constatant, sur des statistiques de prix pondérés en productivité différentielle du sol en glucides ou protides, l'existence virtuelle, de nos jours, d'une monnaie de compte de fait ([7]), que remontant aux sources, nous avons entrepris la recherche résumée ci-dessus.

PÉDOLOGIE. — *Influence du potentiel d'oxydoréduction sur la coloration des substances humiques.* Note de M. **Alfred Anstett**, présentée par M. Albert Demolon.

Au cours d'essais d'humification des sarments de Vigne, nous avons trouvé à l'intérieur de la masse humifiée noire des plages de couleur rouille. Nous avons analysé comparativement l'humus noir (Hn) et l'humus rouille (Hr) et vérifié si Hr présente les propriétés des substances humiques. Pour cela, nous nous basons sur certaines propriétés spécifiques qui différencient les substances

([7]) *J. Soc. Statist. de Paris*, 88e année, 1947, p. 227-261 : Recherches sur les unités de mesure d'un « Nouveau Contrat social ».

humiques des autres corps naturels, en particulier, la solubilité en milieu alcalin dilué, la précipitation partielle en milieu acide et un rapport C/N voisin de 10. Les analyses de la matière fraîche donnent les taux suivants :

	Hn.	Hr.
Fraction soluble dans NaOH à 2%, en % de matière sèche MS...	26,2	25,3
Fraction précipitable par SO_4H_2, en % de la fraction soluble dans NaOH à 2%	30,3	22,2
Rapport $\frac{C}{N}$ de la fraction soluble dans NaOH à 2%	7,6	7,9

Ces chiffres montrent que le terme d'humus s'applique à la substance rouille (Hr). Il convenait de rechercher les causes de cette évolution différente, qui, partant du même matériau végétal, le sarment de Vigne, conduisait à des produits humifiés de teinte différente. Ces plages « rouille » ne se trouvant qu'en profondeur avec des passages progressifs à la teinte noire en allant vers la surface, nous avons été conduit à considérer le potentiel électronique comme l'une des causes essentielles et à déterminer les caractéristiques physicochimiques de ces deux types d'humus :

	Hn.	Hr.
Teinte (réf. : Code universel des couleurs, par E. Seguy)..	n° 677 noir ivoire	n° 248 rouille
pH	7,5	5,2
Potentiel électronique	+ 127 mV	+ 18 mV
rH	19,4	11,2
Humidité (%)	79,1	84,4
Cendres (%) de matière sèche	8,3	7,1

Ainsi un pH acide et un potentiel électronique faible caractérisent l'humus rouille Hr. Hr devient immédiatement noir lors de la neutralisation par une base quelconque; de même, un changement de teinte progressif du rouille au noir se produit en laissant Hr à l'air libre après 2 ou 3 jours à la température ordinaire ou après 2 heures à 105°.

Les différentes analyses que nous avons effectuées nous permettent d'expliquer l'évolution différente qui a abouti aux deux types d'humus. Le sarment de Vigne frais est déjà acide par lui-même (pH = 5,15). En outre, au début de l'humification, la dégradation des glucides faiblement polymérisés est très rapide, ce qui conduit à des températures dépassant 60° et à une production intense d'acides organiques. Si le milieu est aéré, ces acides organiques sont brûlés et le pH augmente; ainsi, dans certains essais, le pH passait de 5,15 à 7 en l'espace de 4 mois. Les produits humifiés sont, dans ce cas, noirs. Si, par contre, le potentiel électronique diminue pour une raison quelconque, dans notre cas, par un arrosage excessif engendrant un milieu asphyxiant, les acides organiques provenant de la dégradation des glucides ne peuvent plus être oxydés jusqu'au stade CO_2 et H_2O. Le milieu reste acide et les produits

humifiés sont, alors, de teinte rouille. En outre, ils sont moins décomposés que les produits noirs, comme le montrent les tableaux précédents.

Il découle de là qu'un potentiel protonique élevé et un potentiel électronique faible représentent les conditions nécessaires à l'existence d'un humus de teinte rouille. Il faut que ces deux conditions soient réalisées simultanément, sinon l'humus devient noirâtre. La préparation de substances « humiques » noires à partir de glucides et d'acides minéraux forts ne sont qu'apparemment en contradiction avec les faits cités. En effet, la concentration de l'acide ou la température de réaction étant très élevée; le milieu devient nettement oxydant et même avec les pH très bas, il est normal d'aboutir à des substances noirâtres.

Conséquences pédologiques. — Quand on examine les différents types de sol, on est frappé par la diversité de la coloration des substances humiques. Or, comme nous l'avons vu, celle-ci dépend du pH et du potentiel d'oxydo-réduction, ce qui permet d'expliquer certaines anomalies observées par les pédologues.

Pour les sols latéritiques forestiers, Erhart a signalé que les couches rouges A_2 qui sont immédiatement en dessous du tapis végétal contiennent souvent jusqu'à 10 % de matière organique. Mais cette matière organique est complètement incolore et n'apparaît pas à l'œil; elle est à rapprocher de notre humus rouille; elle n'est pas incolore, mais probablement de teinte rougeâtre, aussi n'apparaît-elle pas dans le profil déjà rouge. Le pH 5,6 de l'horizon A_2 semble confirmer notre point de vue. Quant au potentiel électronique de cet horizon, il n'est certes pas très élevé étant donné que A_2 se trouve entre 10 et 110 cm de la surface.

Dans les tchernozem, l'humus reste noir en A_0 comme A_1 jusqu'à 70 cm de profondeur, le pH étant alcalin (7,8) et le milieu assez aéré.

On pourrait s'attendre à trouver un humus rougeâtre dans les podzols, étant donné le pH nettement acide de l'ordre de 4 à 5; or, il est noir. Cela n'est pas en contradiction avec les faits précédents; un humus noir peut en effet exister en milieu acide à condition que le potentiel électronique soit encore élevé, comme c'est le cas de l'horizon de surface A_0 des podzols.

CHIMIE AGRICOLE. — *Remarquable plasticité chimique de la feuille chez la Vigne vis-à-vis du manganèse.* Note de MM. **Louis Maume** et **Jacques Dulac**, présentée par M. Maurice Javillier.

Sur les données biochimiques de la feuille, nous croyons avoir établi les bases rationnelles de la fumure N. P. K. par les engrais d'un emploi courant en pratique viticole. Il était toutefois bien entendu que la nutrition minérale ne se limite pas aux trois éléments précités, et même en y adjoignant, comme

nous l'avons fait très souvent, le calcium et le magnésium, il restait à déterminer la présence dans la feuille, pour ultérieurement en préciser le rôle, de certains oligo-éléments. Les très remarquables travaux de G. Bertrand (1) et de ses collaborateurs nous avaient dès longtemps montré l'intérêt de cette question.

Dans cette Note sur la présence du Mn dans la feuille, nous nous proposons de faire état d'une très large information portant sur plus de 300 vignobles du territoire français actuellement suivis par la méthode du Diagnostic foliaire. Nous rappelons que chaque échantillon est constitué par l'ensemble des deux feuilles normales situées à la base des rameaux fructifères. Les prélèvements sont effectués dans un même tènement sur des couches de vigueur sensiblement identique, aux quatre périodes physiologiques : début floraison de la première grappe, fin de la floraison, début véraison, maturité (vendange).

1° *Variations de la proportion du* Mn *en fonction de l'âge de la feuille.* — En général, les feuilles prélevées au début de la floraison de la première grappe sont les plus riches. On constate ensuite un fléchissement aux approches de la véraison, et très souvent un relèvement en fin de végétation (maturité du raisin) si la feuille est restée verte. Par contre, si la feuille se décolore par perte de chlorophylle à la suite d'un accident de végétation, telle la sécheresse, la proportion de Mn diminue. Ces observations sont en accord avec celles relevées par G. Bertrand et Mme Rosenblatt (2). On note toutefois quelques exceptions dont il ne serait pas inutile éventuellement de rechercher les causes.

2° *Variations de la proportion de* Mn *en fonction de l'âge de la vigne.* — Dans un même tènement, des vignes de 2, 4, 6 et 26 ans ont été suivies par notre méthode du D. F. En général, les différences en Mn sont de l'ordre de celles observées pour une même vigne d'une année à une autre. Elles sont peu sensibles par rapport aux différences de milieu. Toutefois, l'allongement radiculaire étant fonction de l'âge de la vigne, la composition chimique de la feuille est, semble-t-il, en relation directe avec la teneur en manganèse réellement assimilable des couches prospectées.

3° *Variations de la proportion de* Mn *en fonction du mode d'exploitation.* — Dans une même parcelle, la taille long bois nous a donné des feuilles un peu moins riches en Mn que la taille normale à deux yeux. Cette taille longue de surproduction correspond, avec une diminution de l'alimentation N. P. K. à un épuisement du vignoble d'autant plus rapide que le sol n'est pas fumé.

4° *Variation de la proportion du* Mn *en fonction du milieu.* — Le tableau ci-après nous donne la mesure, et c'est là l'objet principal de cette étude,

(1) Les recherches du Professeur G. Bertrand sur le manganèse ont été publiées dans les *Comptes rendus* de 1897 à 1932.

(2) *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 491; *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1405.

des variations observées dans la teneur en manganèse de la feuille en fonction du milieu. Si la nature du cépage ne joue pas un rôle prépondérant, les différences de milieu, par contre, interviennent de façon massive. C'est ainsi qu'on peut passer, à une même époque physiologique, de quelques milligrammes de Mn pour cent de matière sèche à parfois plus de 200 mg. Nous avons remarqué que c'est, comme il fallait s'y attendre, dans les sols à réaction acide que la richesse de la feuille en manganèse est la plus forte.

Milligrammes de manganèse pour 100 g *de matière sèche* (*début floraison*).

	Aude (32).		Gard (42).		Hérault (78).	
Aramon *Rupestris*	de 4 à	39	de 2 à	28	de 2 à	14
Aramon *Riparia*	3	14	3	12	1,5	10
Aramon 3 309	2	10	4	8	1,5	6
Carignan *Rupestris*	8	48	5	30	4	16
Carignan *Riparia*	4	25	–	–	3	18
Autres cépages	4	35	3	30	2	27

Cépages divers.

Gironde (30)	de 4,5 à	30	Pyr. Or. (10)	de 1,5 à	200
Maine-et-Loire (31)	2	17	Rhône (12)	7	40
Marne (31)	2	45	Autres dép. (50)	2	52

(Les chiffres placés à la droite du département indiquent le nombre de vignobles observés.)

Conclusion. — La feuille de Vigne dispose donc dans une large mesure de ses teneurs en manganèse pour adapter son travail chimique aux ressources que lui offre chaque milieu; ce qui nous permet de penser qu'il n'y a, pour les oligo-éléments comme pour les éléments plastiques, aucune place pour l'hypothèse d'une constance spécifique des rapports physiologiques. L'importance physiologique des éléments mineurs étant depuis longtemps un fait définitivement acquis ([3]), il semble par ailleurs, du point de vue purement agronomique, qu'il ne serait pas inutile de s'informer sur le rôle indirect que peuvent jouer certains d'entre eux sur l'alimentation N. P. K. dans les cas où certaines maladies de dégénérescence ont été attribuées tout particulièrement à un oligo-élément.

([3]) Conférences de MM. les Professeurs Javillier et Schopfer. Journée Raulin, 5 novembre 1949, Lyon. (*Annales de l'Université de Lyon.*)

CHIMIE AGRICOLE. — *Essai qualitatif et quantitatif sur la puissance dénitrifiante d'un sol.* Note de M[lle] **Huguette de Barjac**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'étude de la dénitrification, abordée avec une technique nouvelle, montre que les différentes phases du phénomène permettent d'individualiser graphiquement des zones caractéristiques de la puissance dénitrificatrice d'un sol donné.

La réduction des nitrates est l'apanage de nombreux microbes du sol. Ce phénomène a surtout été, jusqu'ici, l'objet d'études aboutissant à une classification de ces microbes, isolés du sol et en culture pure, en fonction des produits de réduction (NO_2^-, NH_3, N_2, N_2O) et de leur utilisation métabolique (Waksman, Verona). La puissance de la microflore dénitrificatice, envisagée au sein même d'un sol déterminé, reste imprécise et confuse dans son mode d'évaluation. C'est cette notion que nous avons étudiée; il s'agit moins d'une technique de mesure de la « dénitrification effective » se produisant dans une terre, que d'une appréciation qualitative et quantitative de la « puissance dénitrificatrice » de la microflore, puissance dont les conditions écologiques déterminent l'efficacité dans le sol.

Pour ce faire, il nous a fallu tout d'abord mettre au point une technique dont le principe est le suivant : ensemencement d'un milieu liquide salin contenant 2 °/₀₀ de NO_3K et 10 °/₀₀ de glucose, réparti dans des séries de tubes, avec des dilutions croissantes de terre et recherche périodique des zones correspondant aux trois phases du phénomène étudié, à savoir : présence de NO_3^- (réaction à la diphénylamine sulfurique après élimination de NO_2 par l'urée), présence de NO_2 (réactif de Griess), présence de NH_3 (formation d'iodure d'azote). Ce sont, en effet, ces trois corps dont la recherche nous a paru la plus utile et la plus facile au point de vue pratique.

Nos essais ont porté sur quatre terres; nous donnons ici le résultat pour l'une d'entre elles (les techniques et les détails des expériences devant être publiés ailleurs).

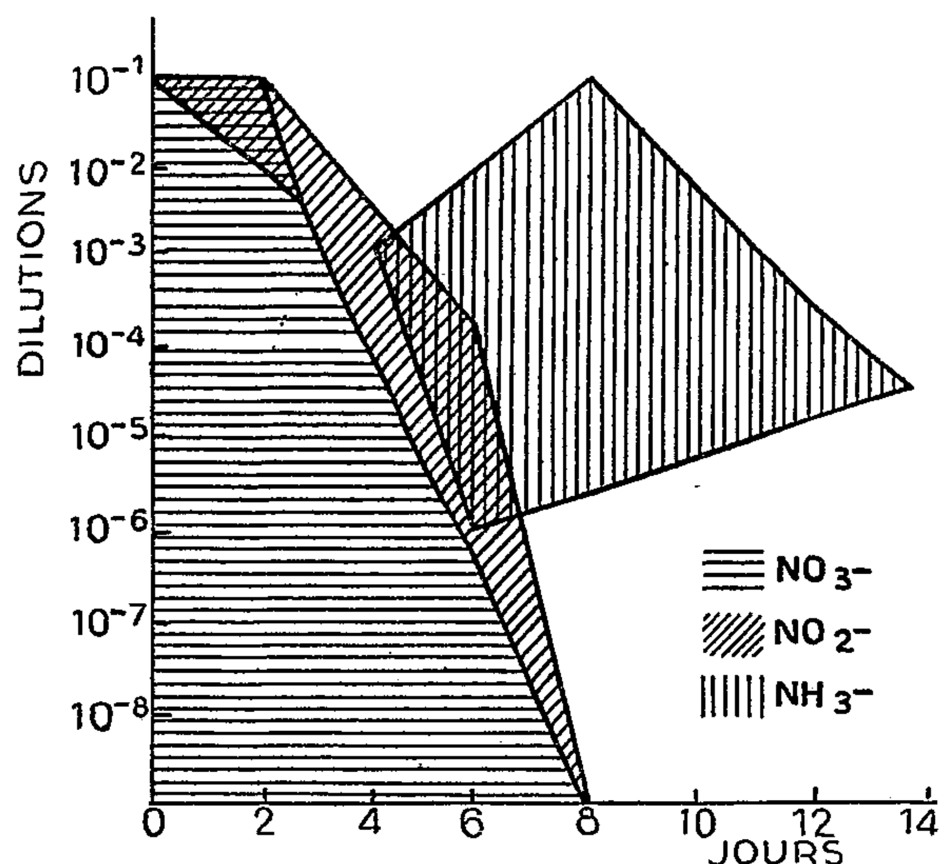
Les nitrates diminuent dès le 2ᵉ jour et disparaissent le 8ᵉ.

Les nitrites apparaissent le 2ᵉ jour (dilution 10^{-1} et 10^{-2}); leur zone s'étend, puis diminue et disparaît le 4ᵉ jour. L'apparition de l'ammoniaque suit celle des nitrites (4ᵉ jour seulement); la zone se développe jusqu'au 8ᵉ jour et diminue pour se fermer le 16ᵉ jour, traduisant une réutilisation de cet ammoniaque comparable à celle qui se produit à la fin du processus d'ammonification. De toute façon, il n'y a pas conversion quantitative d'un corps à un autre.

Ces résultats peuvent être représentés par le graphique suivant (*fig.* 1) :

Les autres terres examinées, choisies volontairement très diverses,

donnent des résultats qui peuvent rentrer dans le même schéma général, mais que la représentation graphique permet de différencier très nettement par la vitesse d'apparition, la durée, l'extension et le chevauchement des différentes zones.



Donc, au point de vue qualitatif, les diverses terres étudiées nous conduisent à considérer la dénitrification comme un phénomène complexe où s'enchaînent et s'interpénètrent, au cours de l'expérience, les phases de disparition des nitrates, d'apparition et de disparition des nitrites et de l'ammoniaque. Au point de vue quantitatif, ces phases se déroulent dans des limites bien définies de concentration en terre, donc de concentration en germes dénitrificateurs. Ces limites circonscrivent graphiquement de véritables « zones de réaction » nettement différentes selon les terres étudiées.

Ce comportement différentiel des terres vis-à-vis de la dénitrification, ainsi mis en évidence, laisse prévoir que la « puissance dénitrificatrice » du sol pourra prendre place parmi les caractères distinctifs de l'analyse pédologique.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence de cordons endovasculaires chez les Vignes atteintes de Panachure, et leur apparition dans des boutures inoculées par greffage.* Note (*) de M. **André Vuittenez**, présentée par M. Albert Demolon.

Dans une première Note nous avons décrit une panachure du feuillage

(*) Séance du 18 février 1952.

de la Vigne et démontré par des essais de greffage la nature infectieuse de cette maladie. Pour chaque expérience, nous employions les sarments de trois pieds de Vigne, un pied malade (X) et deux pieds sains l'un de vinifera (G) *Gewurztraminer*, l'autre d'hybride porte-greffe (P) *Riparia-Berlandieri Kober 5 BB.* Nous réalisions avec ces bois malades et sains différents assemblages généralement par doubles greffes anglaises du type suivant : $\frac{\text{greffon malade + greffon sain}}{\text{porte-greffe sain}}$. Des combinaisons de bois sains telles que : $\frac{\text{greffon sain}}{\text{porte-greffe sain}}$ servaient de témoins.

Les pousses et les rejets développés après la reprise des greffes peuvent être groupés en trois catégories :

1. Les pousses des bois provenant des souches malades.

2. Les pousses des bois provenant des souches saines et ayant été greffés avec un bois de souche malade.

3. Les pousses des bois provenant de souches saines, et greffés entre eux (Combinaisons témoins).

Comme nous l'avons signalé dans notre Note antérieure, l'observation des pousses au cours de l'année même du greffage a révélé dans un certain nombre de cas la transmissibilité de la maladie; les marbrures jaune vif caractéristiques de la Panachure apparaissaient non seulement sur les feuilles des bois issus des souches malades, mais également sur celles des bois de provenance saine qui avaient été soudés, au moins temporairement, aux bois malades. Cependant ces résultats n'étaient visibles en 1950 que dans certaines expériences. Malgré l'absence de symptômes externes la contamination s'était-elle produite dès la première année de greffage ? Pour répondre à cette question nous avons entrepris un examen anatomique des pousses de tous les assemblages de nos essais.

Nous avons reconnu que la plupart des pousses des bois malades (X) et également des bois qui leur étaient greffés ayant ou non présenté des symptômes foliaires, contenaient de nombreux *cordons endocellulaires.* Ces cordons décrits pour la première fois par Petri chez les Vignes atteintes d'« Arricciamento », sont considérés actuellement comme des caractères spécifiques des maladies de dégénérescence de la Vigne. Nous voyons qu'ils se forment aussi dans le cas de la *Panachure.*

Les cordons que nous avons observés étaient abondants dans tous les éléments secondaires des pousses (vaisseaux, fibres et cellules ligneuses, cambium, parenchyme libérien et tubes criblés) mais ils étaient toujours beaucoup plus apparents dans les vaisseaux. C'est là seulement que nous les avons comptés. Le tableau ci-après indique les résultats de ces numérations dans le cas de cinq expériences de greffage particulièrement démonstratives.

Provenance des bois malades (X).	I. — Pousses des bois malades (X).	II. Pousses des bois non greffés à (X)		III. Pousses des bois contaminés par greffage à (X)	
		Traminer.	Kober 5 BB.	Traminer.	Kober 5 BB.
Riparia-Labrusca Vialla (Colmar)	+ + + (*)	0	0	+ + + +	+ + + + + + + + + + + + + + +
Riparia-Labrusca Vialla (Colmar)	+ +	0	0	+ +	+ + + + + + + +
Vinifera Traminer (Barr)	+ +	0	. (**)	+	+ + + + + + + +
Vinifera Riesling (Ribeauvillé)	+	.	0	0	+ + + + + + +
Vinifera Lambert (Barr)	+	0	0	+	+ + + + + + + +

(*) Un signe + équivaut à 10 cordons.
(**) Un ou deux cordons.

L'examen de ce tableau montre que :

1. Les pousses des bois provenant de souches panachées (colonne I) contiennent des cordons endovasculaires; les pousses des bois de provenance saine soit pris en boutures, soit greffés entre eux (colonne II) ne contiennent pas de cordons ou en contiennent un nombre insignifiant. L'absence de cordons dans les assemblages de bois sains entre eux (témoins) montre que le greffage par lui-même ne provoque pas l'apparition des cordons.

2. Dans les assemblages de bois malades et de bois d'origine saine on trouve au contraire des cordons même chez les pousses des bois qui étaient primitivement sains (colonne III). C'est donc le contact du bois malade (X) qui a induit cette formation de cordons.

3. Lorsqu'un même bois malade a été greffé dans une même expérience à la fois à un bois de vinifera (Gewürztraminer) et à un bois d'hybride porte-greffe Riparia-Berlandieri (Kober 5 BB), la formation des cordons a toujours été beaucoup plus abondante chez l'hybride que chez le vinifera (Colonne III).

Nous interprétons ces résultats en admettant que les bois des souches panachées contiennent un Virus transmissible par la greffe aux bois d'origine saine, dans lesquels il provoque la formation de cordons endovasculaires avant tout autre symptôme.

Nous confirmons ainsi, dans le cas de la Panachure, l'intérêt de la recherche des cordons pour la diagnose précoce de la maladie encore latente.

PHYSIOLOGIE. — *Le mécanisme de la photoréception dans l'œil composé de l'Abeille.* Note (*) de Mlle **Paulette Berger**, transmise par M. Robert Courrier.

La lumière traversant la cornée d'une ommatidie de l'œil d'Abeille est concentrée dans le cristallin conique qui lui fait suite. On considère habituellement qu'elle pénètre par la suite dans les huit cellules longitudinales qui seraient les éléments sensibles de l'organe. L'argument évoqué en faveur de cette thèse est une légère striation de leur bordure interne qui se retrouve également dans les cellules visuelles des turbellaires. Or, la structure de l'ommatidie s'oppose à cette hypothèse. La lumière parallèle à l'axe de l'organe devient convergente à partir de la cornée. Les rayons lumineux doivent frôler les parois du cristallin sous un angle voisin de l'angle de réflexion totale ou même inférieur à lui. Seule une petite fraction de la lumière parvient à échapper par les côtés du cristallin, mais elle est absorbée par les amas de pigment qui entourent ce dernier, sans parvenir aux cellules longitudinales. La majeure partie de la lumière est transformée progressivement en un faisceau approximativement parallèle, grâce à la courbure des faces du cristallin, et débouche en face du rhabdome. Cet élément est probablement transparent, puisque son intérieur se colore en général d'une manière semblable au cristallin. Il est donc capable de canaliser la lumière en profondeur.

Cette interprétation a été tentée par différents auteurs, mais ils ont tous admis que la lumière s'échappait latéralement du rhabdome pour pénétrer dans les cellules longitudinales considérées comme photorécepteurs. Un tel événement paraît hautement invraisemblable. Dans les coupes histologiques des yeux d'Abeille à chitine non ramollie, le rhabdome se révèle être un tube chitineux parfaitement lisse, rigide, qui se plie sous le rasoir du microtome. Aux grossissements les plus forts, on ne distingue pas la moindre rugosité. Les cellules dites sensorielles seraient donc disposées dans une partie de l'organe où la lumière a le moins de chance de parvenir, puisque le rhabdome doit canaliser la lumière à la façon d'une baguette de verre qui conduit tout le flux lumineux vers son extrémité, l'angle de réflexion totale n'étant jamais dépassé dans le canal étroit.

A la sortie du rhabdome, la lumière peut s'échapper librement. De nouvelles accumulations de pigment l'empêchent de pénétrer dans les ommatidies voisines, et ceci à un endroit où, selon la conception habituelle, il n'y aurait pas d'éléments photosensibles. Par contre, au niveau des cellules longitudinales, où la lumière est censée s'échapper latéralement

(*) Séance du 3 mars 1952.

du rhabdome et où l'isolement optique des ommatidies serait de la plus grande utilité, l'absence du pigment est complète.

La majeure partie de la lumière est donc canalisée vers le fond de l'ommatidie. C'est ici qu'il faut s'attendre à trouver des éléments photosensibles. En effet, on observe qu'un élément cylindrique de 2 μ d'épaisseur traverse la plaque chitineuse qui forme la base de l'ommatidie, va à la rencontre du rhabdome et entre en contact avec lui dans un petit renflement terminal dont il est impossible de décéler s'il fait partie du rhabdome ou bien de la fibre.

Cette fibre et le renflement terminal ont été décrits par Nowikoff [1] dans l'œil de Lépidoptères comme l'aboutissement d'une branche trachéale. Cette interprétation doit être rejetée. On peut, bien que difficilement, mettre en évidence les branches trachéales tout au moins jusqu'à leur pénétration dans l'œil. Elles sont moins nombreuses que les ommatidies, leur calibre est au moins trois fois supérieur au diamètre des fibres nerveuses, et elles conservent leur spirale chitineuse jusqu'à la base de l'œil. Une confusion paraît donc absolument impossible. D'autre part, les fibres qui entrent en contact avec la base du rhabdome ont morphologiquement l'apparence de fibres nerveuses et, leur diamètre est celui des fibres qui forment la masse du ganglion oculaire. Comme elles forment un coude à la sortie de l'œil, on n'obtient que rarement des coupes où l'on puisse suivre la fibre à la fois sur son parcours intra- et extraoculaire. Dans les cas où cela est possible, il semble que le corps cellulaire se trouve à faible distance de la base de l'œil. La couche de noyaux qui borde l'œil représenterait donc l'emplacement des cellules sensorielles dont seules les extensions photosensibles pénétreraient à l'intérieur.

Il n'est pas impossible que le renflement terminal soit un artéfacte. Sur des préparations à chitine non ramollie, on observe parfois des éclatements du rhabdome résultant du gonflement au cours des traitements histologiques. Il n'est pas exclu qu'aux cas où la paroi du rhabdome résiste, il y ait une légère évagination du contenu plastique par l'extrémité libre.

L'ensemble de ces observations fait ressortir qu'à l'endroit où le flux lumineux présente le maximum de densité et où la protection contre des perturbations par la lumière diffuse est efficacement assurée, se trouve un élément qui émerge du ganglion oculaire et présente tous les caractères d'un élément nerveux. Il semble donc raisonnable de le considérer comme le véritable photorécepteur plutôt que d'attribuer cette fonction à un ensemble de cellules situées à l'endroit le moins adéquat que l'on puisse imaginer et dont l'innervation n'a pas été mise en évidence.

---

(1) *Z. f. Wiss Zool.*, 138, 1931, p. 1.

PHYSIOLOGIE. — *Sur les échanges des homéothermes refroidis.* Note de MM. **Jean Giaja** et **Vojin Posović**, présentée par André Mayer.

L'intensité des échanges des homéothermes rendus poïkilothermes par refroidissement à 15° dépend de la température ambiante à laquelle l'homéotherme était acclimaté. Dans cette poïkilothermie expérimentale les échanges en fonction de la masse corporelle varient avec la taille de l'espèce dans le même rapport que dans l'homéothermie.

Par la méthode de l'hypoxie et de l'hypercapnie (1) nous produisons de profondes hypothermies. L'organisme homéotherme refroidi de cette manière jusqu'à 15° se comporte comme un poïkilotherme : le mécanisme de la thermorégulation étant complètement aboli, la température du sujet suit les variations de la température ambiante. Dans cette poïkilothermie expérimentale, que nous employons couramment en physiologie opératoire, remplaçant ainsi l'anesthésie ordinaire par cette « anesthésie physique » (2), les échanges sont très abaissés par rapport à ceux de l'état normal : chez le Rat refroidi à 15°, la consommation d'oxygène n'est que de 10 % environ de celle de son métabolisme de base. Par réchauffement artificiel, les sujets se remettent complètement, même après plusieurs heures de poïkilothermie, et ne présentent pas de troubles consécutifs.

La question se pose de l'intensité des échanges de l'homéotherme refroidi, par rapport à sa taille. Retrouvera-t-on la « loi des surfaces » de l'homéothermie, selon laquelle l'intensité des échanges par unité de masse corporelle varie en sens inverse de la taille ? La réponse à cette question sera une contribution au problème qui n'est pas encore résolu de l'origine et de la signification de la loi mentionnée.

André Mayer, F. Hamon et L. Chevillard (3), étudiant l'influence de la tension d'oxygène sur la respiration, ont constaté que dans une atmosphère pauvre en oxygène (5 %), la thermorégulation étant abolie, les échanges de la Souris, en fonction du poids, sont encore plus forts que ceux du Lapin. Ils en concluent que les tissus des petites espèces ont des échanges plus intenses que ceux des espèces plus grandes.

Nous avons abordé ce problème en comparant les échanges d'animaux de différente taille, préalablement refroidis à 15° et placés dans une atmosphère normale.

Connaissant, notamment depuis les travaux de S. Gelineo (4), l'action

---

(1) J. Giaja, *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 80.

(2) J. Giaja et R. Andjus, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1170.

(3) L. Chevillard, F. Hamon et A. Mayer, *Ann. physiol. et physicochim. biol.*, **13**, 1937, p. 1145-1163.

(4) *Ann. physiol. et physicochim. biol.*, **10**, 1934, p. 1083-1115.

exercée par le milieu thermique dont provient l'homéotherme sur l'intensité de son métabolisme, nous avons tenu compte dans nos expériences sur les animaux refroidis de ce facteur d'adaptation de l'homéotherme. A cette occasion, nous avons constaté que le milieu thermique dans lequel le sujet a préalablement vécu agit nettement sur l'intensité des échanges de l'organisme rendu poïkilotherme par refroidissement. Ainsi, les rats refroidis à 15° consomment en moyenne 124 cm^3 d'oxygène par kilogramme-heure, lorsqu'ils proviennent du milieu thermique à 30°, tandis qu'ils en consomment 220 lorsqu'ils ont préalablement séjourné à 10°. On voit donc, que la température d'acclimatation exerce une influence profonde sur l'organisme, puisqu'on retrouve son action même lorsque la thermorégulation a été abolie et que les échanges ont été réduits à un niveau très bas.

Ayant constaté ce fait, nous avons dans la présente étude comparative du Rat et de la Souris employé des sujets acclimatés à la même température de 30°. Les résultats suivants ont été obtenus :

Consommation d'oxygène (cm^3 par kg : h).

	Rat.	Souris.
A l'état normal	1150	3270
Refroidis à 15°	124	342

A l'état normal, les intensités des échanges de la Souris et du Rat sont dans le rapport de 3 270 : 1150 = 2,8, et dans la poïkilothermie expérimentale dans le rapport de 342 : 124 = 2,7.

Concluons que, dans la poïkilothermie expérimentale, lorsque la thermorégulation est abolie et que les échanges sont tombés à un niveau très bas, l'intensité des échanges en fonction de la taille conserve le même rapport que dans l'homéothermie. C'est dire que la « loi des surfaces » n'est pas attachée au mécanisme de la thermorégulation.

ENDOCRINOLOGIE. — *Sur l'action corticotrope de quelques substances.* Note de M. **Herbert Tuchmann-Duplessis**, transmise par M. Robert Courrier.

Les œstrogènes, les thiosémicarbazones et la thyroxine déterminent par relais hypophysaire, une augmentation pondérale de la surrénale de l'ordre de 30 à 120 %. L'hyperplasie corticale s'accompagne d'une intense « déplétion » des enclaves cellulaires des zones fasciculée et réticulée. Le parenchyme glandulaire est dissocié par des sinusoïdes dilatées, des foyers hémorragiques et des îlots nécrotiques.

L'action hypertrophiante des œstrogènes sur le cortex surrénal est connue depuis longtemps, mais n'a retenu l'attention des chercheurs qu'au

cours des dernières années. Nous avons essayé de suivre le mode d'action de deux œstrogènes : le benzoate d'œstradiol et l'acide 1-méthyl-*bis* déhydrodoisynolique et de le comparer à d'autres substances telles que les thiosemicarbozones et la thyroxine.

Les surrénales ont été pesées et soumises à un examen histochimique (distribution des enclaves soudanophiles et de l'acide ascorbique) et histologique. Le sexe des animaux, les doses et la durée du traitement sont indiqués dans notre tableau qui résume les variations pondérales de la surrénale.

Tableau résumant les variations pondérales de la surrénale du Rat.

Produits.	Sexe.	Doses.	Durée du traitement (jours).	Voie d'administration.	Pourcentages d'augmentation pour 100 g de poids.
Acide 1-méthyl-*bis* déhydrodoisynolique.	♀	2 γ	12	sous cutanée	+ 23,2
	♂	2	12	»	+ 32,4
	♂	8	12	»	+ 81,2
	♂	100	10	»	+103,9
	♂	100	12	»	+123,1
Benzoate d'œstradiol.	♂ castrés	2	35	»	+ 61,3
	♂	100	10	»	+ 16,9
Acétaminobenzaldéhyde thiosemicarbazone.	♂	10 mg	17	buccale	+ 6,3
α-tétralon thiosemicarbazone.	♂	10	13	»	+ 54,2
	♂	0,5	18	»	+ 20,3
5-bromo-2 acétylthiophène thiosemicarbazone.	♂	2,5	18	»	+ 24,1
Thiosémicarbazone **12139**.	♂	2,25	10	sous cutanée	+ 49
	♂	2,25	15	»	+ 60,6
	♀	2,25	15	»	+ 22,3
	♂	2,25	20	»	+ 49
	♀	2,25	20	»	+ 56,7
Thyroxine...............	♀	0,15	11	»	+ 61,2

Avec les faibles doses d'œstrogènes, on assiste à une légère hypertrophie des zones fasciculée et réticulée : les enclaves soudanophiles restent abondantes dans la partie externe du cortex, mais diminuent fortement dans la zone profonde. Des fortes doses d'œstrogènes, comme celles qui induisent, dans nos expériences, des augmentations pondérales de l'ordre de 80 à 120 %, bouleversent complètement la structure de l'organe. Le cortex présente une tendance à l'uniformisation; le parenchyme est dissocié par des sinusoïdes dilatées et semé de foyers hémorragiques et d'îlots nécrotiques. La « déplétion » soudanophile s'étend presque à tout le cortex ne respectant que la zone glomérulaire.

Les thiosemicarbazones dont l'activité corticotrope a été récemment étudiée par Schuler et Meier (1), provoquent des modifications analogues. Les altérations vasculaires et nécrotiques sont cependant plus étendues qu'avec les œstrogènes. La thyroxine altère le parenchyme glandulaire,

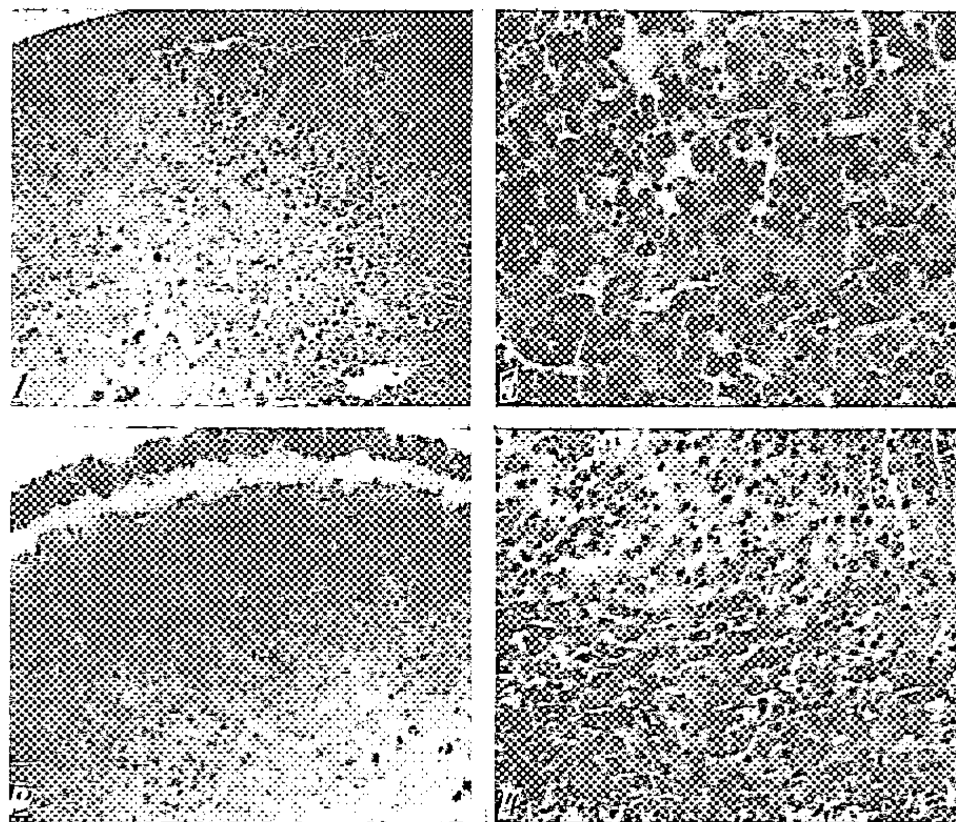


Fig. 1. — Cortex surrénal d'un rat traité par l'acide 1-méthyl-*bis*-déhydrodoisynolique. Tendance à l'uniformisation des trois zones, dilatation des sinusoïdes et des foyers hémorragiques.

Fig. 2. — Rat mâle témoin, avec zone de transition soudanophobe bien développée.

Fig. 3. — Rat traité par des thiosemicarbazones, plages nécrotiques et cellules à cytoplasme éosinophile.

Fig. 4. — Même traitement, zone d'hyalinisation avec cellules à noyau pycnotique.

exception faite pour la zone, dite de transition, qui disparaît. Signalons que cette zone existe chez les Rats impubères des deux sexes et chez le mâle adulte elle manque presque toujours chez la femelle. Les œstrogènes, les thiosemicarbazones, la thyroxine et l'hormone corticotrope la font disparaître.

Il est encore difficile de se prononcer sur la signification fonctionnelle des modifications observées. L'hyperplasie du cortex et la « déplétion » des enclaves cellulaires sont considérées comme des critères d'hyperfonctionnement cortical. Des expériences sur le Rat hypophysectomisé nous ont, par ailleurs, montré que les substances essayées agissent par relais hypophysaire. Il paraît néanmoins hasardeux de conclure à un hyperfonctionnement cortical en raison des profondes altérations du parenchyme glandulaire et de l'aspect du système lymphatique qui sera décrit ultérieurement. On peut même se demander si les substances essayées ne bloquent pas la synthèse des corticoïdes déclenchant ainsi une hypersécrétion antéhypophysaire comme dans le cas des antithyroïdiens.

(1) *Arch. Int. Pharmacodym.*, 87, 1951, p. 290.

NUTRITION. — *Effets d'une surcharge en tryptophane sur le développement et la coloration de l'œil des mutants v et vbw de* Drosophila melanogaster *en fonction du taux protidique du milieu.* Note de M[me] Maria Valadares-da-Costa et M. Raymond Jacquot, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Une surcharge de 1 g de tryptophane par litre dans des milieux *stériles* a des effets très préjudiciables sur le développement des mutants, mais la toxicité de ce métabolite s'atténue si l'on élève le taux protidique global. L'action de cet aminoacide sur la pigmentation des yeux est également contingente de la teneur azotée du milieu et ne s'exerce pas si celle-ci est faible. La présence de levure vivante s'oppose aux effets du tryptophane aussi bien pour la toxicité que pour la pigmentation.

Dans une Note antérieure (¹) nous avons montré que les mutants *v* et *vbw* cultivés en milieu stérile (donc en absence de levure vivante) réagissent nettement à la carence azotée. Il semble qu'ils soient également sensibles au déséquilibre des aminoacides. Pour le démontrer nous avons étudié l'effet d'une surchage fixe en tryptophane (1,25 g : l) à des milieux stériles à taux protidique variable, contenant par litre, soit 31 g (milieu A), soit 93 g (milieu C) d'autolysat de levure.

1° *Croissance.* — Les résultats d'ensemble sont rapportés ci-dessous :

Milieux stériles	N (²).		% adultes normaux.		Coefficient léthalité (³).		(T) durée du cycle (*j*).		$\frac{N}{T}$ (⁴).		Taille.
sans tryptophane.	*v.*	*vbw.*	*v.*	*vbw.*	*v.*	*vbw.*	*v.*	*vbw.*	*v.*	*vbw.*	
A.......	55	48	27	50	85	76	23	19	2,4	2,5	moitié
C.......	85	66	68	91	42	47	21	15	4	4,3	2 tiers
avec tryptophane.											
AT......	28	12	0	75	100	90	23	23	1,2	0,52	moitié
CT......	47	–	58	–	62	–	18,6	16	2	–	2 tiers

Additionnée aux protides bien équilibrés de la levure, une surcharge de tryptophane a dans tous les cas un effet dépressif sur le cycle évolutif, mais les répercussions sur la survie et l'état de santé sont d'autant plus graves que le milieu est lui-même plus carencé en azote (milieu A). Le fait d'augmenter le pourcentage d'autolysat de levure (milieu C) diminue la « toxicité » du tryptophane qui subsiste cependant, comme le montre la comparaison avec ce même milieu non surchargé.

(¹) *Comptes rendus*, 234, 1950, p. 995.
(²) % de larves atteignant l'état adulte.
(³) % de mort ou de paralysie par rapport aux larves initiales.
(⁴) Correspond à « over-all rate » de Trager.

Si l'on ensemence ces milieux avec de la levure vivante, *on obtient toujours un développement excellent*, quelle que soit la teneur en tryptophane. La présence de levure vivante neutralise les effets toxiques de la surchage en tryptophane, comme elle remédie à la carence azotée du milieu.

2° *Couleur des yeux.* — Par variation du taux de tryptophane dans le milieu synthétique de Schultz, nous avions pu changer la couleur des yeux du type sauvage en vermillon et inversement. Comme nous l'écrivions alors, le tryptophane alimentaire influence donc directement le déterminisme de la coloration des yeux, mais on peut se demander « dans quelle mesure l'intervention de ce métabolite n'est pas elle-même sous la dépendance d'autres constituants du milieu » ([5]). Nos essais actuels tendent à prouver que l'efficacité du tryptophane pour la pigmentation de l'œil est influencée par la composition du régime alimentaire. Voici la signification des symboles du tableau suivant : *v*, mutant vermillon; $\boxed{+}$, mutant vermillon dont la couleur des yeux est devenue celle de la mouche sauvage; *vbw* double récessif vermillon-brun; $\boxed{bw}$ mutant *vbw*, dont la couleur des yeux se rapproche de celle du mutant brun; → indique un stade intermédiaire.

Milieux stériles.	Œufs *v* adultes.	% yeux modifiés.	Œufs *vbw* adultes.	% yeux modifiés.
A	*v*	0	*vbw*	0
C	*v* → $\boxed{+}$	100	*vbw* → $\boxed{bw}$	100
AT + tryptophane	*v*	0	*vbw* → $\boxed{bw}$	4
CT + tryptophane	$\boxed{+}$	100	$\boxed{bw}$	100
Mêmes milieux avec levure vivante..	*v*	0	*vbw*	0

L'effet du tryptophane n'a aucun caractère quantitatif : le milieu C qui contient environ 500 mg de tryptophane par litre fonce déjà partiellement l'œil *v*, alors que le milieu AT, qui en renferme plus d'un gramme est strictement sans effet. Nous pouvons rattacher l'efficacité du tryptophane pour la coloration de l'œil à l'équilibre entre aminoacides et faire un rapprochement avec les Mammifères. Les aminoacides soufrés sont les facteurs limitants de la pousse du poil dans le cas d'une ration équilibrée, mais la déficience en un autre indispensable empêche totalement la réfection de la fourrure, quelle que soit l'abondance de cystine ou de méthionine dans le régime. La « disponibilité » de ces métabolites pour la kératinisation est contingente de la présence ou de l'absence des autres aminoacides essentiels ([6]). Le même raisonnement nous semble valable en ce qui regarde la pigmentation de l'œil : le tryptophane en

([5]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 76.

([6]) V. MAHADEVAN, *Arch. Sc. Physiol.*, **4**, 1950, p. 379.

est l'agent déterminant, mais il ne sera disponible à cet effet que s'il n'existe pas par ailleurs une carence trop marquée dans les autres métabolites essentiels. Dans ce cas tous les processus d'anabolisme sont inhibés. Le milieu A, par exemple, est trop pauvre en protides, et par là même en acides aminés, pour qu'un excès de tryptophane (AT) puisse être utilisé à la pigmentation de l'œil. Augmente-t-on la teneur protidique (milieu CT), le cycle des réactions d'anabolisme se poursuit normalement et l'effet d'une surcharge de tryptophane sur l'œil se manifeste. Par ailleurs il semble que le mutant *vbw* est plus sensible que *v* à l'action du tryptophane. La présence de levure vivante stabilise la coloration de l'œil caractéristique des mutants et s'oppose aux effets du tryptophane aussi bien pour la pigmentation que pour la toxicité.

ZOOLOGIE. — *Étude des conditions de vie de l'Ascaris du Porc,* Ascaris Lumbricoides *Linné* 1758, *hors de l'organisme de l'hôte.* Note (*) de MM. **Raymond Cavier** et **Jean Savel**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

La survie prolongée de l'Ascaris du Porc, en dehors de l'intestin de l'hôte parasité, ne peut être réalisée que dans certaines conditions de milieu bien établies; c'est à l'étude de ce problème que nous nous sommes attachés. Nous pensons que ces conditions, une fois précisées, nous permettront d'aborder, par la suite, l'étude de la physiologie de ce Nématode parasite et, en particulier, de son métabolisme.

Il est assez facile de maintenir des Ascaris en survie dans des conditions artificielles pendant quelques jours; le milieu utilisé par les auteurs qui ont abordé avant nous ce problème est généralement constitué par une solution de chlorure de sodium à 1 %, additionnée ou non de soude ou de carbonate neutre de sodium, et maintenue à 37-38° C; les meilleurs résultats ont pourtant été obtenus avec des solutions « balancées », telles que les milieux de Baldwin ([1]) et de Baldwin et Moyle ([2]), ou mieux l'eau de mer diluée à 30 %; Hobson et ses collaborateurs ([3]), utilisant l'eau de mer diluée, obtiennent des survies allant jusqu'à 28 jours et notent l'influence favorable de l'ion Mg^{++}.

L'Ascaris du Porc, qui nous a servi de matériel d'étude, est une espèce très voisine, sinon identique, de l'Ascaris de l'Homme. Les vers, prélevés dans l'intestin du Porc aussitôt après l'abattage, sont rapidement transportés au laboratoire dans du sérum salé maintenu à 37° C; ils sont alors lavés avec le même liquide et traités aussitôt. Les vers sont immergés,

---

(*) Séance du 3 mars 1952.

([1]) *Parasitology*, 35, 1943, p. 89.

([2]) *J. exp. Biol.*, 23, 1947, p. 277.

([3]) *Parasitology*, 38, 1948, p. 183.

par groupe de cinq, dans 500 cm³ du milieu à étudier, contenu dans des vases cylindriques ou dans des fioles coniques non bouchés maintenus à l'étuve à 38° C; le liquide est renouvelé toutes les 24 h. Les résultats individuels, appréciés à un jour près, portent sur dix essais au moins et sont exprimés par le temps moyen de survie; le chiffre entre parenthèses indique le temps maximum de survie. Nous avons considéré, successivement, l'influence de la concentration en ClNa, du volume de liquide utilisé, de la concentration en ions H^+, de diverses solutions salines additionnées ou non d'un élément nutritif, le glucose.

1° *Influence de la concentration du milieu en* ClNa (pH 7,2) :

ClNa p. 100	0	0,5	1	1,5	2	3	4	5
Temps de survie en jours.	2,3 (3)	5,5 (6)	9,9 (13)	6 (7)	5,7 (6)	4 (4)	3 (3)	1 (1)

Il résulte de l'examen de ces chiffres que, en conformité avec les travaux antérieurs, la survie la plus longue est observée pour une concentration de ClNa voisine de 1 p. 100.

2° *Influence du volume de liquide employé* (ClNa 1 p. 100; pH 7,2) :

Volume en centimètre cube (pour un Ascaris).	50	100	200	500
Temps de survie	9,5 (13)	10,5 (13)	11,5 (14)	11 (14)

On voit par là que, dans les limites de nos expériences, étant bien entendu que nous avons changé le liquide toutes les 24 h, l'importance du volume de liquide ne paraît pas considérable; pour des raisons de commodité, nous avons adopté le volume de 500 cm³ pour cinq Ascaris dans les essais qui ont suivi.

3° *Influence du* pH (Solutions tampons aux phosphates de sodium de Sörensen, diluées au 1/5 avec une solution de ClNa à 1 p. 100).

pH	4,5	5,6	6,5	7,4	8,4	9,4
Temps de survie.	6,1 (9)	7,2 (10)	9,4 (11)	9,6 (11)	9,6 (13)	5,2 (7)

On peut déduire de ces chiffres que le pH optimum se situe aux environs de 8,0; mais il convient de remarquer que le pH du milieu diminue progressivement jusqu'à pH 7,0-7,4 au bout de 24 h; dans les milieux glucosés, l'abaissement peut être encore plus considérable (pH 5,8 à 7,1).

4° *Essai de diverses solutions.* — Nous avons fait varier la composition des liquides de concentration en ajoutant au ClNa divers autres substances minérales et un élément nutritif constitué par le glucose. Les durées de survie, exprimées en jours, ont été les suivantes (*Voir* tableau).

On peut conclure de l'ensemble de ces résultats que les conditions les plus favorables pour le maintien en survie de l'Ascaris du Porc, hors de l'organisme de l'hôte, sont : une concentration en ClNa voisine de 0,8 à 1 p. 100; une concentration en ions H^+ correspondant à un pH voisin

de 8,0; la présence d'ions alcalins et alcalino-terreux, notamment la présence d'ions Mg^{++}; la présence d'un élément nutritif tel que le glucose. Pour nos expériences ultérieures, nous avons retenu la solution de Baldwin modifiée (B. M.) qui présente l'avantage d'être équilibrée et nutritive et permet des survies de trois semaines, les Ascaris conservant presque jusqu'à la fin leur mobilité et un aspect normal.

ClNa, 0,9 p. 100; pH 7,2	7,3 (10,5)
ClNa, 0,9 p. 100; glucose, 0,5 p. 100; pH 7,2	5,5 (7,5)
Liquide de Bunge ([a]), pH 9,0	9,1 (11)
» Bunge glucosé (0,5 p. 100), pH 9,0	12,3 (14,5)
» Kronecker ([b]), pH 8,6	9,7 (13,5)
» Ringer ([c]), pH 7,0-7,4	6,8 (8,5)
» Tyrode ([d]), pH 7,4-7,8	8,1 (11,5)
» Ringer modifié ([e]), pH 8,4-8,6	13 (20)
» Baldwin modifié ([f]), pH 8,4-8,6	19 (22)

([a]) ClNa, 1 p. 100; CO_3Na_2, 0,1 p. 100.

([b]) ClNa, 0,8 p. 100; OHNa, 0,006 p. 100.

([c]) ClNa, 0,65 p. 100; ClK, 0,014 p. 100; Cl_2Ca, 0,012 p. 100; CO_3HNa, 0,02 p. 100.

([d]) ClNa, 0,8 p. 100; ClK, 0,02 p. 100; Cl_2Ca, 0,02 p. 100; Cl_2Mg, 0,01 p. 100; CO_3HNa, 0,1 p. 100 PO_4HNa, 0,005 p. 100; glucose, 0,1 p. 100.

([e]) ClNaO, 0,8 p. 100; ClK, 0,02 p. 100; Cl_2Ca, 0,02 p. 100; Cl_2Mg, 0,01 p. 100; CO_3HNa, 0,15 p. 100.

([f]) ClNa, 0,8 p. 100; ClK, 0,02 p. 100; Cl_2Ca, 0,02 p. 100; Cl_2Mg, 0,01 p. 100; CO_3HNa, 0,15 p. 100 glucose, 0,5 p. 100.

BIOLOGIE. — *Influence de la Sacculine* Sacculina carcini *Thompson sur le Crabe* Pachygrapsus marmoratus *Fabricius*. Note de M[lle] **Geneviève Cornubert**, transmise par M. Louis Fage.

Giard ([1]), étudiant le Crabe *Carcinus mænas* Linné, parasité par la Sacculine *Sacculina carcini* Thompson, montra, en 1886, que les hôtes mâles sont féminisés par leur parasite. On sait que le mâle se distingue de la femelle par l'aspect de l'abdomen : chez le mâle, l'abdomen est triangulaire et les segments III, IV et V sont soudés; chez la femelle, la forme de l'abdomen est arrondie et les segments correspondants sont libres. Or, Giard observa que les mâles parasités présentaient un abdomen élargi de forme intermédiaire entre celle du mâle et de la femelle et que les segments n'étaient plus soudés. Giard crut alors que cette transformation était le résultat d'une castration de l'hôte par le parasite. L'absence de testicules faisait apparaître, chez le mâle parasité, les caractères sexuels externes de la femelle. Giard cependant ne décrivit pas l'état des gonades des mâles sacculinés et son affirmation n'était, en réalité, qu'une hypothèse qui, par la suite, ne devait pas être confirmée.

([1]) *Bull. Sc. France-Belgique*, **2**, 10e année (1887).

Smith ([2]) observa l'action du Rhizocéphale *Drepanorchis neglecta* Fraisse sur *Inachus mauritanicus* Lucas (= *dorsettensis* Pennant), Brachyoure oxyrhynque. Il trouva des Crabes dont il donne le signalement suivant : forme de l'abdomen femelle, présence simultanée de pléopodes femelles en nombre plus ou moins réduit et d'organes copulateurs rudimentaires. Aussi les appela-t-il hermaphrodites. Mais en étudiant leurs gonades, il s'aperçut que ces animaux étaient parasités et qu'il n'y avait pas castration, mais réduction et dégénérescence plus ou moins poussée des gonades. Smith en tira cette conclusion : les gonades n'influencent pas directement les caractères sexuels externes; gonades et caractères sexuels externes dépendent d'un troisième facteur.

Courrier ([3]) reprit, en 1921, l'idée de Smith et démontra que les animaux les plus élargis n'étaient pas ceux dont les gonades étaient les plus atrophiées. Il en conclut que les caractères sexuels externes ne dépendent pas des gonades chez les Arthropodes, mais sans doute, d'une glande endocrine indépendante.

Okada et Miyashita ([4]), en 1934, apportèrent un élément nouveau; ils trouvèrent des ovaires chez quelques mâles d'*Eriocheir japonicus* Haan, parasités par *Sacculina gregaria* Miyashita. Ces gonades étaient, soit intersexuées, soit uniquement femelles et se trouvaient toutes chez des mâles à abdomen très élargi, possédant des pléopodes femelles et dont les stylets copulateurs avaient parfois disparu. Okada et Miyashita ne reconnurent le sexe de ces animaux que par l'absence de fentes génitales femelles et la présence de pores génitaux mâles rudimentaires au cinquième segment thoracique.

Veillet ([5]), en 1944, reprenant l'étude de *Carcinus mænas* parasité, formula la conclusion que les caractères sexuels dits secondaires et primaires étaient modifiés en sens inverse de leur différenciation. Chez le *Carcinus*, l'ordre de la différenciation étant : forme des pinces, mue de puberté, pilosité des femelles, formation des pléopodes femelles, des organes copulateurs chez le mâle, gonades.

Cette conclusion est à nouveau démontrée par ce qui suit :

Au printemps de 1951, nous avons trouvé, dans la baie de Villefranche, des *Pachygrapsus marmoratus* parasités par *Sacculina carcini*. Parmi les mâles à abdomen élargi, nous avons trouvé des spécimens possédant des gonades presque entièrement transformées en ovaires. Ces mâles ont un abdomen semblable à celui des femelles, des pléopodes en nombre plus ou

---

([2]) *Fauna und Flora Neapel.*, **29**, 1906; *Qu. J. Mic. Sc.*, **54**, 1910.
([3]) *Comptes rendus*, **173**, 1921, p. 668.
([4]) *Mém. Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ.*, sér. B, **10**, 1935.
([5]) *Ann. Inst. Océanographique*, **22**, 1945.

moins réduit, mais présentent des stylets copulateurs atrophiés; cependant, on ne remarque pas de fentes génitales femelles.

Certains Crustacés présentant des cas d'hermaphrodisme; nous avons disséqué une centaine de Crabes à abdomen triangulaire, donc non parasités et n'avons trouvé que les gonades mâles normales. Le parasite a donc bien été la cause de la féminisation des gonades des mâles parasités.

On trouve, dans ces gonades, à côté d'ovocytes normaux, des ovocytes dégénérés formant des traînées blanchâtres; on trouve des traînées analogues dans les ovaires des femelles sacculinées, celles-ci possédant, elles aussi, des gonades atrophiées.

Le parasite agit donc simultanément en deux sens : il féminise le mâle et provoque la transformation des gonocytes en ovocytes, mais entrave leur développement.

Les Crabes parasités mâles possédant ces gonades transformées ont tous les autres caractères sexuels différenciés dans le sens femelle, la présence d'ovocytes étant le dernier échelon de la transformation. Ceci vient donc corroborer la conclusion de Veillet : les caractères sexuels des Brachyoures sont transformés par le Rhizocéphale dans l'ordre inverse de leur formation, les gonades étant les premières formées sont les dernières atteintes.

BIOLOGIE. — *Les fécondations hémocœliennes chez les Hémiptères Nabidæ du genre* Prostemma. Note (*) de M. **Jacques Carayon**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Chez les espèces de *Prostemma* considérées, les spermatozoïdes, directement injectés lors de l'accouplement dans le sang des femelles, n'y séjournent que peu de temps. Ils entourent les ovarioles, puis s'accumulent à leur base dans un pli annulaire interne de la paroi, et traversent enfin celle-ci pour atteindre la lumière des pédicules où les œufs sont fécondés.

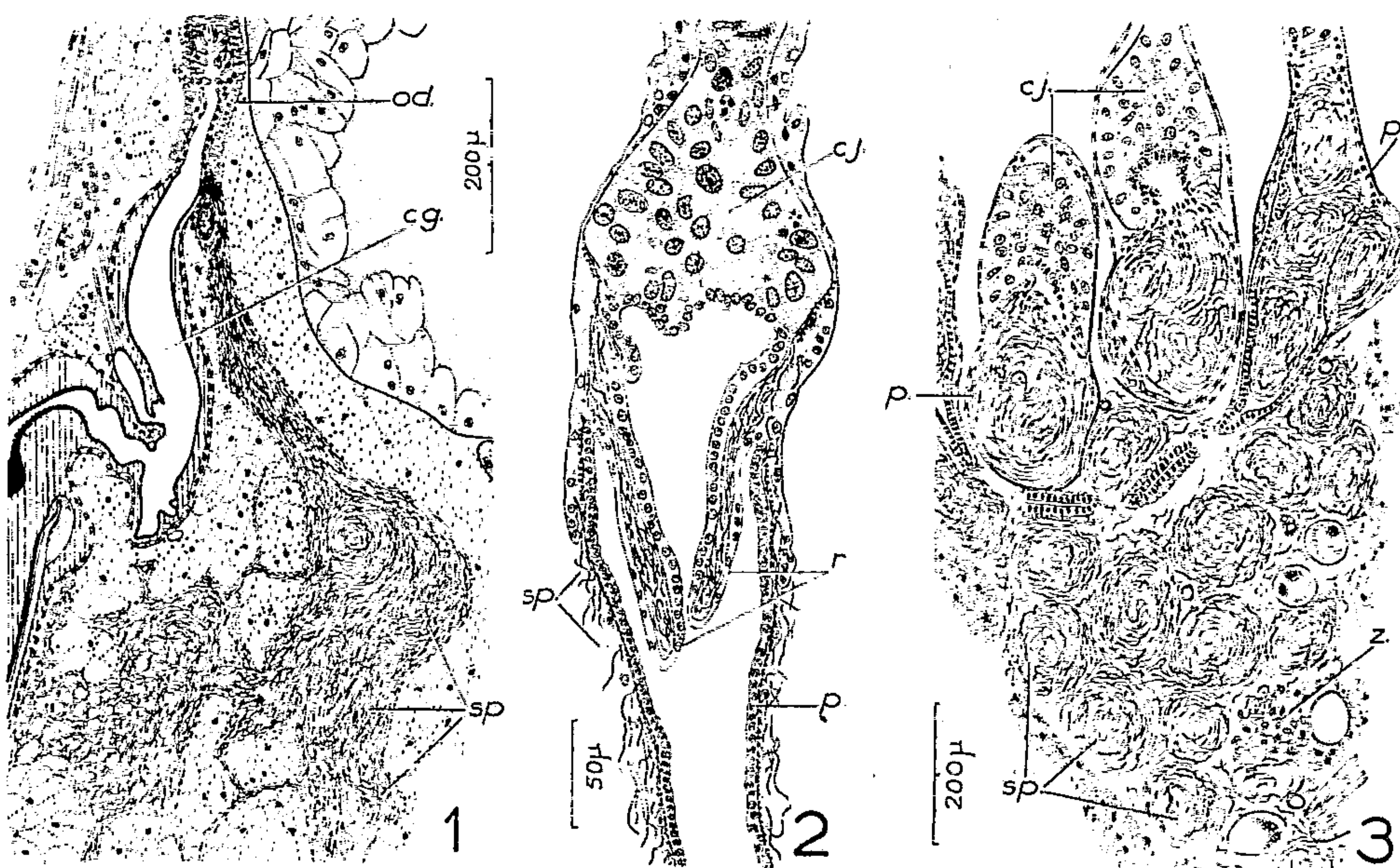
Dans une Note précédente (¹), l'existence de *fécondations hémocœliennes*, caractérisées par un passage des spermatozoïdes dans le sang des femelles, a été signalée chez des Hémiptères du genre *Allœorhynchus*. Des phénoménes comparables se rencontrent chez les *Prostemma*, autres Nabidés de la même sous-famille, et dont six espèces ont été étudiées, les unes paléarctiques [*P. guttula* (Fabr.), *P. sanguineum* (Rossi), *P. bicolor* Ramb.] et les autres tropicales [*P. eva* (Kirk.), *P. falkensteini* Stein, *P. amyoti* (Reut.)]. Toutes présentent des fécondations hémocœliennes; les modalités de celles-ci diffèrent à plusieurs égards de ce qui a été observé chez les *Allœorhynchus*, mais sont voisines chez les espèces citées, à l'exception de *P. guttula*, dont le cas sera exposé dans une Note ultérieure.

(*) Séance du 3 mars 1952.

(¹) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 751.

Les processus décrits ci-après à propos de *P. eva* sont, à des détails près, les mêmes chez *bicolor* et chez *sanguineum*.

Au cours de l'accouplement, le pénis, pourvu, comme celui des *Allœorhynchus* d'une forte épine apicale, perfore la paroi vaginale et injecte le sperme en grande abondance, directement dans l'hémocœle de la femelle. A partir du point de perforation, situé, en général, dans la région dorsale et antérieure de la chambre génitale, les spermatozoïdes forment un torrent qui envahit les lacunes sanguines surtout vers l'apex de l'abdomen (*fig.* 1) et la plupart d'entre eux se groupent ensuite en « balles » sphériques (cf. *fig.* 3).



1. *Prostemma sanguineum*, ♀ sacrifiée une heure après l'accouplement; portion de coupe sagittale.
2. *Prostemma eva*, ♀ récemment fécondée; région proximale d'un ovariole au début du remplissage par les spermatozoïdes du pli annulaire formé par la paroi du pédicule (coupe sagittale).
3. *Prostemma falkensteini*, portion d'une coupe sagittale chez une ♀ immature fécondée montrant une intense spermathémie en « balles ». — cg., chambre génitale; cj., zone du « corps jaune »; od., oviducte; p., pédicule de l'ovariole; r., pli annulaire du pédicule; sp., spermatozoïdes; z., zone de résorption des spermatozoïdes dans un lobe de tissu adipeux.

Il existe au niveau des organes génitaux des femelles de *Prostemma* des caractères structuraux qui paraissent plus ou moins directement en rapport avec les particularités de la fécondation. On note, chez les espèces considérées ici, la présence, au voisinage de la chambre génitale et autour des oviductes, de nombreuses cellules libres ou accolées en files. Ces cellules, absentes chez les *Nabidæ* à fécondation non hémocœlienne, sont remarquables par leurs vacuoles très colorables par le rouge neutre et souvent chargées pendant la spermathémie d'inclusions colloïdes.

Dans les ovarioles, la région du « corps jaune » comporte de grandes cellules formant, dès avant la mue imaginale, un massif de dimensions inhabituelles (cj., *fig.* 2). Le manchon péritonéal, qui entoure d'une couche dense la majeure partie des ovarioles, devient très lacuneux, ou même s'interrompt brusquement vers la base de ces derniers. Enfin, la paroi épithéliale interne des pédicules ovariens constitue un long pli annulaire en forme d'entonnoir saillant dans la lumière des ovarioles (r., *fig.* 2) et qui s'observe déjà chez les femelles vierges.

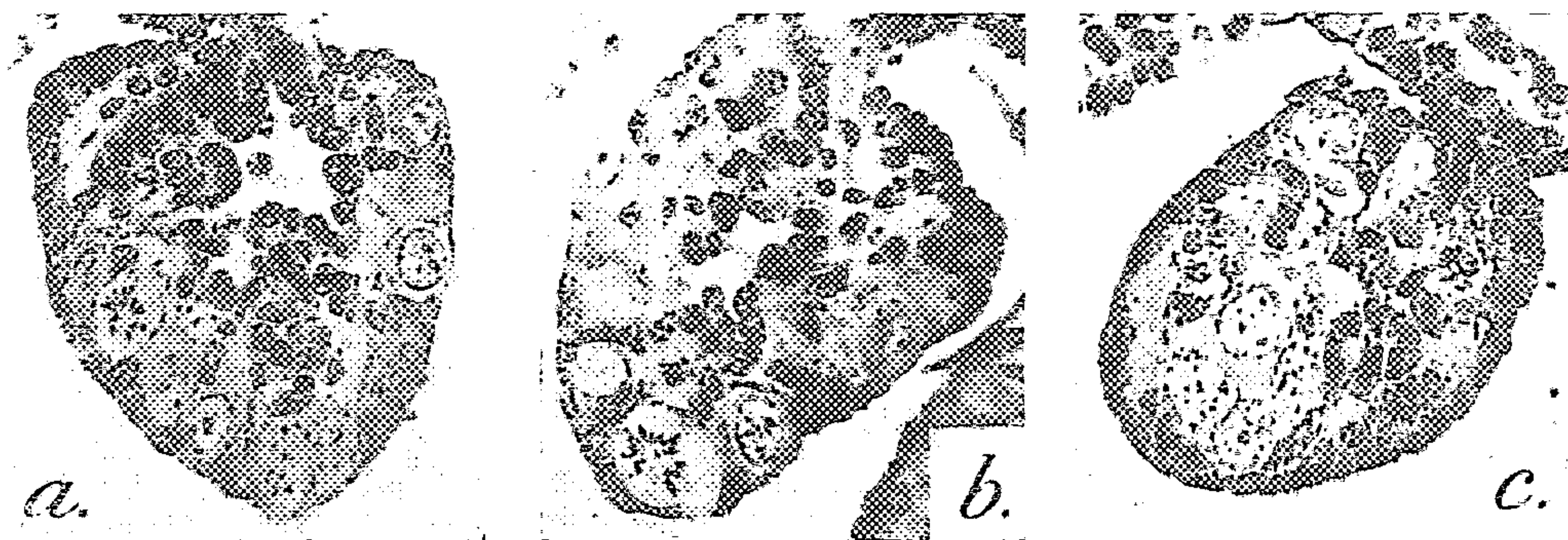
Chez les *Prostemma*, la phase de spermathémie est brève et dure tout au plus quelques jours. Les spermatozoïdes ne tardent pas à se grouper autour des organes génitaux; soit en s'insinuant entre les cellules périphériques des oviductes, puis en émigrant vers l'avant, soit en traversant les lacunes de la membrane péritonéale à la hauteur des pédicules des ovarioles, ils parviennent contre la tunique musculaire de ces derniers. Poursuivant leur migration, ils s'engagent alors sous le manchon péritonéal dense, où ils s'accumulent par places, mais ils ne dépassent jamais le niveau du « corps jaune », dont les cellules résorbent ceux qui y pénètrent. La plupart des spermatozoïdes quittent ensuite, par paquets, l'espace sous-péritonéal et viennent se loger à l'intérieur du pli annulaire formé par la paroi interne de chaque pédicule. Ce pli, gonflé par eux, occupe bientôt la majeure partie du cul-de-sac basal de l'ovariole. Il constitue un « réservoir » où les spermatozoïdes demeurent pendant le délai souvent long qui s'écoule entre l'accouplement et la période de maturité sexuelle. Lorsque celle-ci est atteinte, les spermatozoïdes s'infiltrent à travers l'épithélium très distendu du pli qui les héberge et parviennent dans la lumière des pédicules, où ils fécondent les œufs mûrs descendant vers les oviductes.

Les réservoirs de la base des ovarioles une fois remplis, et à condition que de nouveaux accouplements ne se soient pas produits, il ne reste généralement plus aucun spermatozoïde dans l'hémocœle. Ceux d'entre eux qui n'ont pas émigré vers les ovaires sont résorbés; ils paraissent avoir pénétré dans des lobes de tissu adipeux, dont les cellules se dissocient, perdent progressivement leurs enclaves et forment, avec les spermatozoïdes en dégénérescence, des amas peu colorables.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Sur les signes d'une régulation du germen dans les gonades de* Rana temporaria *après destruction étendue du déterminant germinal.* Note de M[lles] **Marie-Louise Huck** et **Régine Aubry**, présentée par M. Robert Courrier.

L'expérience de stérilisation de la Grenouille par l'action des rayons ultraviolets sur le pôle inférieur de l'œuf indivis n'a que rarement des

effets totaux, et chez les jeunes animaux achevant leur métamorphose les gonades, si le germen y est considérablement réduit, offrent le plus souvent un certain nombre de gonocytes subsistants. Or, l'examen de ces éléments révèle la présence fréquente de figures de division, d'un aspect souvent très beau (*fig. a, b*). Nous avons porté notre attention sur ce phénomène de division et cherché à définir sa signification.



Rana temporaria. — Coupes de gonades en partie stérilisées, montrant un gonocyte en mitose (*a*, *b*), ou un groupe de cytes isogéniques au stade leptotène (*c*).

La comparaison entre animaux témoins et sujets d'expérience montre tout d'abord que cette activité mitotique est propre à ces derniers, au moins en importance. En effet, chez les animaux normaux, si nous avons pu compter chez un jeune mâle jusqu'à 30 figures de division, c'est là un cas maximum, et dans ce sexe c'est environ la moitié de ce nombre qui mesure l'activité mitotique moyenne; comme le nombre total des gonocytes d'un individu de cet âge peut être évalué à 3 500 environ, le rapport du nombre des mitoses à ce nombre total reste inférieur à 0,8 %. Dans le sexe femelle, en raison de l'avance relative de l'ovogénèse, les divisions de gonocytes, rapportées au nombre de ces cellules qui s'élève à 12 000 environ, ne représentent plus que 0,16 %.

Dans les cas d'une faible destruction du germen consécutive à l'irradiation de l'œuf, les gonades n'offrent pas de différence sensible avec celles des témoins, mais on ne peut ici rapporter le nombre des mitoses à celui des gonocytes, car ceux-ci sont encore beaucoup trop nombreux pour être comptés un à un, et trop irrégulièrement détruits pour que leur numération sur quelques coupes permette d'obtenir, sans risques d'erreurs considérables, la valeur du nombre total pour la gonade entière.

Au contraire cette numération devient possible quand la stérilisation a été subtotale et n'a épargné qu'une centaine ou moins d'une centaine de gonocytes, comme dans les cas suivants :

Gonocytes épargnés.	Gonocytes en mitose.	Rapport (%).
100 environ	10	10
30 »	4	13,3
15 »	6	40

Le nombre de nos observations, qui ont porté sur 59 jeunes Grenouilles issues d'œufs irradiés, est trop faible pour qu'on puisse affirmer qu'il y a une proportionnalité inverse rigoureuse entre le nombre des gonocytes subsistants et celui des éléments en voie de multiplication; mais les exemples donnés ci-dessus sont cependant significatifs, et l'on peut dire qu'*en gros* l'activité proliferatrice du germen est d'autant plus grande que la lignée reproductrice a été plus largement détruite.

D'autres signes de la multiplication des gonocytes se découvrent dans les gonades dépeuplées : ce sont des groupements de deux ou quatre éléments germinaux (*fig. c*), autour desquels de petites cellules somatiques forment une mince gaine commune, et qui sont au même stade d'évolution nucléaire (stade leptotène, ou synizesis) : ce sont évidemment des groupes isogéniques de cellules sœurs, nées récemment de la division d'un gonocyte épargné.

Il ressort de ces faits que dans les gonades des animaux issus d'œufs irradiés, où le germen est gravement diminué, les divisions des gonocytes représentent le mécanisme régulateur par lequel la lignée reproductrice tend à se reconstituer. La fonction de régulation qui préside dans bien des cas à l'intégrité de l'individu, joue ici au profit de l'espèce.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Déclenchement de la ponte chez le Crabe* Carcinus mænas Pennant *par ablation des pédoncules oculaires*. Note de M[lle] **Noëlle Demeusy** et M. **André Veillet**, transmise par M. Louis Fage.

On ignore le déterminisme du sexe chez les Crustacés Décapodes. Le développement des caractères sexuels externes de l'adulte est suivi de l'accouplement et de la ponte; les femelles incubent, muent après l'éclosion des embryons, pondent de nouveau et ainsi de suite. Ce synchronisme de la mue et de la ponte suggère une influence de l'ovaire sur l'évolution des caractères sexuels externes, mais cette hypothèse n'est pas confirmée : la vitellogenèse ne coïncide pas dans le temps avec l'apparition des caractères sexuels externes et les parasites Rhizocéphales hyperféminisent les femelles, tout en supprimant le développement des ovaires. La castration étant impossible, nous avons essayé de dissocier expérimentalement le développement de l'ovaire et la ponte de l'apparition des caractères sexuels externes. Or, en enlevant les pédoncules oculaires de femelles

adultes, Panouse [1] chez la Crevette *Leander serratus* Fabricius, F. A. Brown Jr et G. M. Jones chez l'Écrevisse *Cambarus immunis* [2] et sur le Crabe *Uca pugilator* [3], observent une forte accélération de la croissance de l'ovaire, la maturation des ovocytes et même une ponte d'œufs mûrs en dehors de l'époque normale de reproduction. En pratiquant cette ablation chez des femelles impubères, peut-on avant toute mue observer la ponte des femelles opérées ? C'est ce que nous avons obtenu avec le Crabe *Carcinus mænas* Pennant.

Les femelles du Décapode Brachyoure *Carcinus mænas* Pennant passent de l'état impubère à l'état pubère par une mue spéciale appelée par Ch. Perez [4] mue de puberté. A cette mue, la femelle acquiert les caractères sexuels suivants : élargissement et décrochage de l'abdomen, développement d'une bordure de soies autour de ce dernier; elle s'accouple et peut pondre si l'époque est favorable.

Deux expériences ont été faites : la première en juillet 1951, la deuxième en septembre de la même année. Au cours de la première, dix femelles prépubères sont opérées et conservées avec dix témoins au même stade, dans des aquariums individuels à eau courante. Tous les animaux sont nourris régulièrement. Un mois après, les femelles opérées commencent à pondre; au bout d'un mois et demi, toutes les dix ont pondu. Pendant ce temps, aucun témoin n'a pondu ou présenté un développement quelconque des ovaires. Dans la deuxième expérience, 42 femelles prépubères sont opérées et conservées avec des témoins comme dans la première expérience. Au bout de deux mois, trois pontes sont obtenues. 15 femelles muent et présentent un développement ovarien comparable à celui des témoins (faible développement). 23 femelles sont mortes et présentent des ovaires sur le point de pondre. Un animal s'est échappé.

L'ablation des pédoncules oculaires de femelles prépubères déclenche donc l'accélération du développement ovarien et même la ponte. Un fait remarquable est à noter : les œufs pondus se fixent d'une façon normale sur les soies des endopodites. Par conséquent, la sécrétion du ciment par les soies des endopodites, déclenchée par la ponte, ne nécessite pas le complet achèvement des caractères sexuels externes à la mue de puberté.

Ces expériences montrent que le développement des ovaires et la ponte d'une part, le développement des caractères sexuels de l'adulte d'autre part, ne sont pas liés d'une façon obligatoire. Si nous sommes parvenus à inverser l'ordre dans lequel se produisent ces deux phénomènes, il est

(1) *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 553 et **218**, 1944 p. 293.
(2) *Anat. Rec.*, **99**, 1947, p. 657.
(3) *Biol. Bull.*, **96**, 1949, p. 228-232.
(4) *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 461.

possible cependant qu'à la mue suivant l'ablation des pédoncules oculaires la mue de puberté se produise. Les expériences ont été reproduites avec des animaux beaucoup plus jeunes; nous en donnerons les résultats dans une Note ultérieure.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La croissance de* E. Coli *B avec les acides aminés comme seule source d'azote.* Note de MM. **Jacques Panijel** et **Joseph Huppert**, présentée par M. Maurice Javillier.

La croissance de *E. Coli* B sur milieu synthétique avec un acide aminé comme seule source d'azote varie selon l'acide employé, et il est commode d'étudier les conditions d'attaque du substrat selon qu'il assure une « bonne » ou une « mauvaise » croissance (" good growth " and " poor growth " des auteurs anglais). Ces dénominations, purement qualitatives, n'ont évidemment de sens que par rapport à la croissance produite sur le même milieu [milieu 56 Monod], à la même température (37°), et au même pH(7, 4), lorsque $SO_4(NH_4)_2$ sert de source d'azote. Avec cette dernière, la phase de latence est courte (3 h 30, lorsque l'ensemencement est effectué avec 10^7 bactéries : cm^3), et l'on observe, durant la phase exponentielle un rapport constant entre l'accroissement de densité optique (qui double toutes les 50 mn), le nombre des bactéries (viables et totales) et le chiffre d'azote bactérien (*fig.* 1).

1° « *Bonne* » *croissance.* — Nous l'avons étudiée avec le glycocolle et la sérine. Les courbes de la figure 2 montrent : *a.* que la phase de latence reste courte et que le taux de croissance exponentielle est élevé (la densité optique double, en 50 mn pour la sérine, en 90 mn pour le glycocolle; *b.* que le rendement azoté est voisin de 100 % au terme de la phase exponentielle; *c.* que des phénomènes de « diauxie », comparables à ceux qu'on observe pour le substrat carboné, se produisent dans certains cas, soit entre $SO_4(NH_4)_2$ et l'acide aminé, soit entre deux acides aminés.

2° « *Mauvaise* » *croissance.* — Nous avons étudié le cas de la tyrosine et du tryptophane. On voit sur les courbes de la figure 3 : *a.* que la phase de latence (même après ensemencement par 10^8 bactéries : cm^3) est très longue : 60 h et au delà; *b.* qu'il n'y a pas de phase exponentielle vraie, mais uniquement une phase d'accélération où la densité optique double en 20 ou 30 h; *c.* que le rendement azoté, au terme de la phase d'accélération, au moins pour ce qui concerne la tyrosine (le cas du tryptophane est d'interprétation plus difficile en raison de la présence de l'azote indolique) n'atteint pas 75 %; *d.* que le phénomène de diauxie ne se retrouve pas, comme le montre l'exemple du tryptophane (*fig.* 3), puisque l'addition d'un substrat azoté aisément assimilable [$SO_4(NH_4)_2$, sérine] entraîne l'attaque immédiate de ce substrat (sans que nous sachions d'ailleurs si l'attaque de la mauvaise source est alors interrompue).

Ces premiers résultats permettent de préciser sur certains points les notions de « bonne » et de « mauvaise » croissance. On peut noter en effet : *a* que la

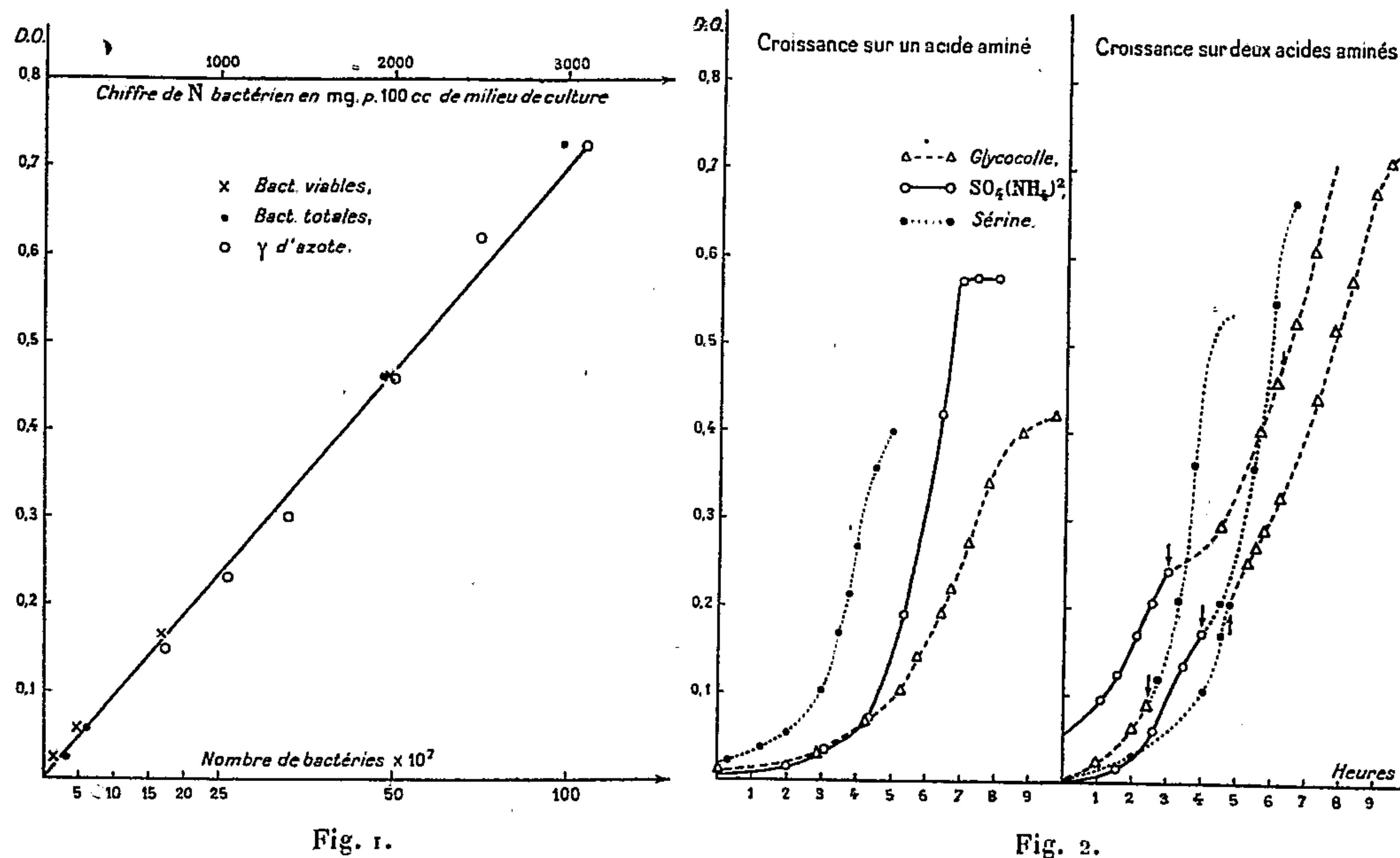


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Croissance de *E. coli* B sur milieu 56, pH 7,4, 37°.

Fig. 2. — « Bonne » croissance de *E. coli* B sur milieu 56 *bis* + source d'azote, pH 7,4. 37°.

phase de ralentissement post-exponentielle est d'autant plus longue que le taux de croissance exponentielle est plus faible (ainsi, le glycocolle comparé à

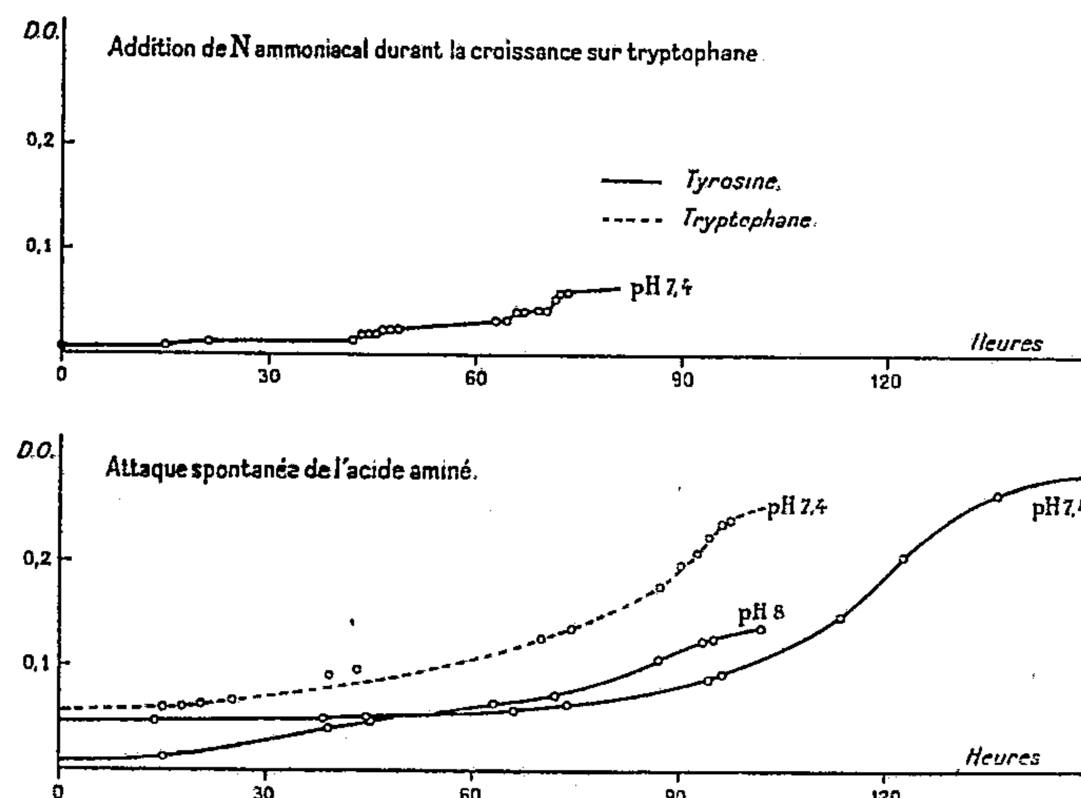


Fig. 3. — « Mauvaise » croissance de *E. coli* B sur milieu 56 *bis* + source d'azote, 37°

$SO_4(NH_4)_2$ et à la sérine); *b*. que la « diauxie » est très courte entre substrats assurant des taux de croissance voisins [par exemple, sérine et $SO_4(NH_4)_2$] et

se produit « à sens unique », c'est-à-dire lorsque la culture passe d'une source d'azote donnée à une source moins favorable; *c.* que lorsque deux sources de N sont fournies simultanément (par exemple un acide aminé de « bonne » croissance et un de « mauvaise » croissance; ou bien encore deux acides aminés de « bonne » croissance), la plus favorable est attaquée la première; lorsque la croissance s'effectue sur une source de N donnée, l'addition d'une source plus favorable entraîne l'attaque immédiate de cette dernière (avec, probablement, attaque simultanée de la première source, lorsque celle-ci est également un acide aminé de « bonne » croisssance : par exemple, sérine sur glycocolle (*fig.* 3); *d.* que l'alcalinisation du milieu n'améliore pas la croissance, au moins pour ce qui concerne les substrats étudiés ici (*fig.* 3); cette dernière remarque est en désaccord avec les observations de Gale et Epps (¹), selon qui la désamination des acides aminés serait favorisée par l'élévation du pH. Nous donnerons d'ailleurs ultérieurement une explication de ce désaccord.

On voit, d'après ces résultats que rien ne permet de considérer comme différents des systèmes enzymatiques attaquant $SO_4(NH_4)_2$, ceux qui désaminent les acides aminés dits de « bonne croissance ». Il en va autrement pour la tyrosine et le tryptophane dont l'utilisation médiocre comme source d'azote ne résulte pas de l'accumulation de produits de transformation toxiques, puisque, comme nous le montrerons prochainement, il est possible d'améliorer sensiblement les conditions de croissance d'*E. Coli* B sur des acides aminés.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence de triiodothyronine dans la thyroglobuline.* Note de MM. **Jean Roche, Serge Lissitzky** et **Raymond Michel**, présentée par M. Maurice Javillier.

La thyroglobuline renferme, en dehors de la thyroxine, Tx (3.5.3′.5′-tétraiodothyronine) et de la 3.5-diiodotyrosine, des dérivés cycliques monosubstitués de la tyrosine et de l'histidine. Or, l'halogénation de la 3.5-diiodothyronine (DITN) en thyroxine comporte la formation de 3.5.3′-triiodothyronine (TITN) (¹); aussi convenait-il de rechercher si celle-ci est présente dans la thyroglobuline (²).

Des lots de rats, ♂ ayant reçu 250 μ CI¹³¹ (I* Na sans entraîneur) en deux injections intrapéritonéales (temps 0 et 24 h) par groupe de trois animaux, ont été sacrifiés 24 h après la dernière injection. La thyroglobuline de

(¹) *Bioch. J.*, 36, 1942, p. 600.

(¹) J. Roche, S. Lissitzky et R. Michel, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 997.

(²) Nous avons mentionné dans une précédente Note (¹) l'existence de TITN dans la thyroglobuline. La présence de ce corps a été tout récemment mise en évidence dans le corps thyroïde et dans le plasma sanguin par J. Gross et R. Pitt-Rivers Nº du 1ᵉʳ mars de (*Lancet*, 262, 1952, p. 349), au moyen de techniques différentes des nôtres.

leur corps thyroïde a été hydrolysée par voie enzymatique (trypsine non fractionnée). Les acides aminés marqués libérés ont été extraits par le *n*-butanol et leur solution (A) analysée par radiochromatographie ([3]).

Des prises d'essai de 50 μl, additionnées de DITN, de TITN et de Tx servant d'entraîneurs, ont été déposées sur des feuilles de papier Whatman n° 1 en vue de leur analyse chromatographique. Celle-ci a été opérée en deux dimensions en utilisant comme solvant, dans la première direction, le *n*-butanol saturé de $NH_4OH\,2n$ et, dans la seconde, l'isopentanol saturé de $NH_4OH\,6\,n$. Les taches d'acides aminés ont été révélées à la ninhydrine et les radioautogrammes correspondants ont été établis, afin de confronter les positions des taches radioactives et de celles colorées par la réaction à la ninhydrine.

Les radioautogrammes obtenus présentent plusieurs taches radioactives parmi lesquelles deux, dont la première est très notablement plus forte, sont identiques à celles de Tx et de TITN par leur position et par leur forme, et une troisième, beaucoup plus faible, est centrée sur la tache témoin de DITN.

La caractérisation de la TITN a été complétée par d'autres essais. La chromatographie en une dimension de mélanges de Tx, TITN et de DITN permet de séparer ces trois acides aminés, en utilisant comme solvant l'isopentanol saturé de $NH_4OH\,6n$ (R_f : 0,15 pour Tx, 0,27 pour TITN et 0,38 pour DITN). Une tache radioactive de R_f : 0,27 est présente sur les chromatogrammes de la solution A. Le corps qu'elle renferme a été concentré, puis soumis à l'action d'un petit excès d'iode en milieu ammoniacal ([1]). La même opération a été réalisée sur l'éluat de la tache radioactive correspondant à celle de TITN sur les chromatogrammes en deux dimensions. Dans les deux cas, la tache étudiée a disparu et a été remplacée par celle propre à Tx. Ces faits complètent la caractérisation de la triiodothyronine (TITN) et excluent toute confusion du corps identifié avec des peptides de Tx. Les résultats de Gross et Pitt-Rivers ([2]) sont donc en accord avec les nôtres.

L'étude des caractères chromatographiques de TITN et DITN a montré que l'on n'obtenait une séparation satisfaisante de ces deux corps qu'en présence de solvants particuliers. Il a été établi que la tache de $R_f = 0,71$ attribuée antérieurement ([4]) à DITN sur les chromatogrammes d'hydrolysats de thyroglobuline développés, en présence de butanol saturé de $NH_4OH\,2n$ ne contient qu'une faible proportion de cet acide aminé;

([3]) L'ensemble de ces opérations a été décrit en détail dans : J. Roche, M. Jutisz, S. Lissitzky et R. Michel, *Biochim. Biophys. Act.* 7, 1951, p. 257.

([4]) J. Roche, R. Michel et S. Lissitzky, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2047.

son principal constituant est TITN, dont aucune description n'avait alors été donnée.

Ni Tx, ni DITN, ni TITN ne sont sensibles à l'action de la désiodase thyroïdienne. Aussi est-il probable que la formation des deux dernières, au sein de la thyroglobuline est due à la condensation d'un reste de diiodotyrosine avec un reste soit de monoiodotyrosine, soit de tyrosine, selon un processus calqué sur celui de la biosynthèse de la thyroxine et ne portant que sur une fraction relativement faible de la diiodotyrosine.

Conclusions. — La thyroglobuline renferme de la triiodothyronine (TITN), dont la séparation chromatographique a été réalisée à partir de la protéine marquée par I^{131}. La fraction de la thyroglobuline appartenant à l'acide aminé triiodé, assez variable d'une expérience à l'autre est beaucoup plus importante que celle de la diiodothyronine (DITN) présente à l'état de traces.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherches sur les composés aminés non saturés.* V. *Influence de la position de la triple liaison sur les activités pharmacologiques de sels d'ammonium quaternaires acétyléniques.* Note de MM. **Joseph Jacob, Israël Marszak, Roland Epsztein** et **Jean-Pierre Guermont**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Des sels d'ammonium quaternaires β-acétyléniques, de formule générale



$$R{-}C{\equiv}C{-}(CH_2)_2N(CH_3)_3I \qquad (R = H,\ CH_3,\ \ldots,\ C_4H_9)$$

ont été synthétisés. Leurs activités parasympathomimétiques sont inférieures à celles de leurs isomères α-acétyléniques et n'excèdent celles des sels d'ammonium quaternaires saturés à même nombre d'atomes de carbone que dans le cas du dérivé en C_5.

Dans une Note précédente (1) nous avons décrit la synthèse et les propriétés physiologiques de sels d'ammonium quaternaires α-acétyléniques. Il est apparu que, dans cette position, la triple liaison intensifie nettement les activités parasympathomimétiques.

Nous nous sommes proposé d'étendre cette étude aux sels d'ammonium contenant $-C{\equiv}C-$ ailleurs qu'en α afin de déterminer si l'influence de ce groupement dépend de sa position par rapport à la fonction ammonium quaternaire.

Dans le présent travail nous étudions les composés de formule générale $R{-}C{\equiv}C{-}CH_2{-}CH_2{-}N(CH_3)_3I$, dans lesquels R est successivement :

(1) I. Marszak, J. P. Guermont, R. Epsztein et J. Jacob, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 530.

H (I, F 224-226°), CH_3 (II, F 285-286°), C_2H_5 (III, F 221-223°), C_3H_7 (IV, F 216-217°), C_4H_9 (V, F 146-147°).

Ces composés ont été préparés par l'action de l'iodure de méthyle sur les amines tertiaires β-acétyléniques correspondantes, série à notre connaissance entièrement nouvelle et dont le premier terme a été obtenu par action de la diméthylamine sur l'ester benzène sulfonique du butyne-I o-*l*-4. Les termes suivants ont été obtenus à partir du premier, par condensation de son dérivé sodé, dans l'ammoniac liquide, avec les halogénures d'alcoyle. Les détails sur la synthèse de ces produits seront décrits ailleurs.

Le tableau suivant résume les résultats de nos expériences.

	Activités			
	parasympathomimétiques (¹)			nicotiniques (²)
	a.	*b.*	*c.*	*d.*
I. $HC{\equiv}C{-}CH_2{-}CH_2N(CH_3)_3I$....	0,2–0,5	0,8–1	0,2	0,75
II. $CH_3{-}C{\equiv}C{-}CH_2{-}CH_2N(CH_3)_3I$....	1,5–2,5	5	0,2	1,5–2
III. $C_2H_5{-}C{\equiv}C{-}CH_2{-}CH_2N(CH_3)_3I$....	0	0/0	0	≥ 2
IV. $C_3H_7{-}C{\equiv}C{-}CH_2{-}CH_2N(CH_3)_3I$....	0	–	0	0,5
V. $C_4H_9{-}C{\equiv}C{-}CH_2{-}CH_2N(CH_3)_3I$....	0	–	0	0

(¹) Arrêt cardiaque chez le Chien à vagues sectionnés.
(²) Hypertension chez le Chien atropinisé.
a et *d*. Activités exprimées par rapport à celle de l'acétylcholine (= 1).
b. Activités exprimées par rapport à celle du composé saturé correspondant.
c. Activités exprimées par rapport à celle de l'isomère α-acétylénique.

Pour les propriétés nicotiniques, peu influençables par la présence et la position de la triple liaison, nous indiquerons seulement que, comme dans le cas des composés α, l'activité est maximum pour le terme comprenant une chaîne aliphatique de six atomes de carbone et qu'elle est nulle pour le terme en C_8. L'activité parasympathomimétique est la plus développée pour le dérivé II (colonne *a*), c'est-à-dire, encore une fois et conformément à la règle de Ing (²), pour celui qui comporte, en plus, de la tête cationique $N^+(CH_3)_3$, une chaîne de cinq atomes, Il est curieux de constater que, comme dans la série précédente, il s'agit aussi du terme dont le point de fusion est le plus élevé. On voit (colonne *b*) que le composé II représente le seul cas dans lequel la substitution d'un groupement $-C{\equiv}C-$ en β, au groupement $-CH_2{-}CH_2-$ entraîne une augmentation de l'activité, le dérivé I n'étant pas plus efficace que l'iodure de butyltriméthylammouium et le composé III étant, comme l'iodure d'hexyltriméthylammonium, incapable de provoquer un bloc auriculoventriculaire chez le chien à nerfs vagues sectionnés. La colonne *c* montre les effets défavorables du déplacement de la triple liaison d'α en β; I et II sont

(²) H. R. Ing, *Sciences*, **109**, 1949, p. 364.

cinq fois moins actifs, que, respectivement $CH_3—C≡C—CH_2N(CH_3)_3I$ et $C_2H_5—C≡C—CH_2N(CH_3)_3I$; III, IV et V sont inefficaces, alors que leurs isomères en α, en C_6, C_7 et C_8, avaient des activités (acétylcholine = 1) de, respectivement, environ 0,5, 0,2 et 0,1.

Il apparaît donc que les influences de la triple liaison et de la fonction ammonium quaternaire sur l'activité parasympathomimétique de la molécule sont elles-mêmes conditionnées par des interactions de ces groupements; dans la série α leur rapprochement conduit à une exaltation ou à l'apparition de ces propriétés même dans le cas où les dimensions moléculaires sont défavorables; par contre, dans la série β leur éloignement limite l'accroissement d'activité, par ailleurs plus modéré, au seul terme en C_5.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Note préliminaire sur l'activité antituberculeuse de la thiosemicarbazone de l'aldéhyde 4-benzyloxybenzoïque chez le Cobaye.* Note (*) de MM. **Maurice Welsch, N. P. Buu-Hoï, Georges Dechamps, Henri Le Bihan** et **Fernand Binon**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

En continuation de nos recherches sur la chimiothérapie de la tuberculose, il est montré que la thiosemicarbazone de l'aldéhyde 4-benzyloxybenzoïque possède une activité antituberculeuse intéressante.

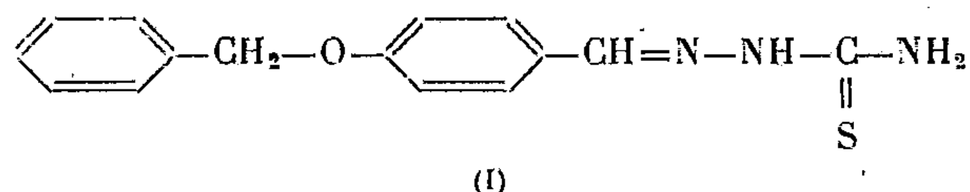
Au cours de ces dernières années, de nombreux travaux ont été consacrés à la recherche de dérivés de la thiosemicarbazide pouvant être utilisés dans le traitement de la tuberculose [1], et qui seraient moins toxiques que le produit initialement proposé par Domagk et encore couramment utilisé aujourd'hui : la thiosemicarbazone de l'aldéhyde 4-acétamino-benzoïque (Conteben, T. B. 1, etc.). Malheureusement, les résultats obtenus dans ce domaine ont été jusqu'à présent décevants, car de nombreuses thiosemicarbazones très actives contre le bacille tuberculeux *in vitro* ou même *in vivo* chez l'animal, possèdent en même temps une toxicité générale qui en entrave l'utilisation clinique.

Ces phénomènes de toxicité et d'intolérance sont particulièrement accentués chez les thiosemicarbazones d'aldéhydes dérivés des hétérocycles azotés, qui, par ailleurs, sont fortement tuberculostatiques. La recherche d'une thiosemicarbazone utilisable en thérapeutique humaine est ainsi conditionnée par la nécessité de tenir compte de deux exigences simultanées : haute activité tuberculostatique et faible toxicité générale.

(*) Séance du 3 mars 1952.

[1] J. Jouin et Buu-Hoï, *Ann. Inst. Pasteur*, 72, 1946, p. 580; Domagk, Behnisch, Mietzsch et Schmidt, *Naturwissenschaften*, 33, 1946, p. 315; Hoggarth, Martin, Storey et Young, *Brit. J. of Parmacology*, 4, 1949, p. 280; Donovick, Pausy, Stryker et Bernstein, *J. of Bacteriology*, 59, 1950, p. 667, etc.

Parmi les nombreuses substances que nous avons examinées ces dernières années à la lumière de ces deux exigences, un composé nous est apparu particulièrement remarquable de ce point de vue : la thiosemicarbazone de l'aldéhyde 4-benzyloxybenzoïque (I).



(I)

Cette substance inhibe la croissance d'une souche B. C. G. de *Mycobacterium tuberculosis* en milieu de Middlebrook-Dubos, à la concentration de $< 0,1\ \gamma$ par centimètre cube, l'observation étant portée jusqu'à 30 jours ([2]). A l'encontre des thiosemicarbazones d'aldéhydes azotés, le produit ne possède qu'une faible toxicité, et ne provoque pas de lésions appréciables du foie, aux doses thérapeutiques. L'activité tuberculostatique *in vivo* a été déterminée de préférence chez le Cobaye, ce dernier animal donnant en général des résultats plus voisins de ceux qu'on obtiendrait chez l'Homme, qu'avec d'autres animaux comme la Souris. Voici le résultat d'une telle expérience : 12 cobayes de 550 à 700 g, ayant réagi négativement à une injection intradermique de tuberculine brute, reçoivent 0,1 cm^3 d'une culture en milieu de Dubos, âgée de 6 jours, de *Mycobacterium tuberculosis* (souche H 37 Rv). Deux semaines plus tard, six animaux reçoivent le traitement décrit ci-après, tandis que les six autres servent de témoins.

a. Traitement. — Les 10 premiers jours, on administre 50 mg par jour et par animal, mélangés à la nourriture; l'ingestion du médicament n'étant pas satisfaisante, on alterne pendant les 10 jours suivants l'administration *per os* avec une injection sous-cutanée de 50 mg de produit en suspension dans 1 cm^3 d'huile d'arachide. A partir du 22e jour, on injecte deux fois par semaine une dose de 50 mg du produit en suspension huileuse.

b. Résultats. — Le premier animal témoin meurt 2 mois après l'infection expérimentale, et les cinq autres témoins meurent l'un après l'autre, durant les 45 jours qui suivent. Tous présentent à l'autopsie des ganglions inguinaux caséeux fortement hypertrophiés, des lésions tuberculeuses caractéristiques étendues de la rate, du foie et des poumons. Chez les animaux traités, un seul meurt durant cette période (trois mois après l'inoculation); il présente des ganglions inguinaux caséeux, de rares foyers pulmonaires et des lésions multiples mais de très petites tailles, au niveau du foie et de la rate. Un second animal traité est sacrifié au moment où le dernier témoin meurt spontanément. Le contraste à l'autopsie est frappant :

([2]) *Voir* aussi Welsch, Buu-Hoï, Dechamps, Hoán, Le Bihan et Binon, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1608.

ganglion inguinal caséeux, mais de petites dimensions, petites granulations discrètes du foie et de la rate, aucune lésion macroscopique au niveau du poumon. Le traitement de deux des animaux survivants est interrompu après trois mois, et celui des deux autres a été poursuivi, mais tous ces animaux sont encore vivants, plus de deux mois après la mort du dernier témoin.

Des expériences plus étendues sont en cours, comportant un nombre élevé d'animaux, ainsi que des thiosemicarbazones d'aldéhydes 4-benzyl-oxybenzoïques substitués; mais la présente observation montre déjà l'intérêt du composé (I) comme substance antituberculeuse nouvelle.

RADIOSCOPIE. — *Nouveau dispositif de radioscopie médicale.* Note de MM. **Louis Bazy**, **André Léauté**, **Claude Brachet** et **Marcel Boisot**, présentée par M. Léon Binet.

En vue d'ouvrir de nouvelles possibilités à la radioscopie dans le domaine médical ou chirurgical, nous nous sommes appliqués à créer un appareil d'observation radioscopique en chambre claire, comportant un grossissement réglable à volonté et soustrayant radicalement le praticien au danger d'une illumination prolongée par les rayons X. Le nouveau dispositif donne, en outre, la possibilité de faire suivre la radioscopie sur des écrans répétiteurs par des personnes groupées à une certaine distance du lieu d'opération.

Le problème avait fait l'objet de plusieurs tentatives, notamment aux États-Unis. Entre autres, J. W. Coltmann, procédant selon une suggestion de Langmuir (1), a recouru dans ce but à une transformation photoélectrique du rayonnement X intercepté par un écran primaire et à son amplification électronique avant réception sur un écran secondaire. Selon une autre voie, R. J. Moon (2) a proposé de procéder à un balayage électronique de l'anti-cathode d'un tube générateur de rayons X et de suivre au moyen d'une cellule photoélectrique, la variation du rayonnement X selon les zones de l'organe traversé par lui. Mais le premier procédé n'atteint pas tous les objectifs visés, et le second, qui se heurte à des difficultés de construction, exigerait le remplacement des générateurs existants.

Dans notre dispositif, le rayonnement X, engendré comme à l'accoutumée et ayant traversé les substances soumises à l'examen radioscopique, est intercepté par une large et mince plaque, formée de cristaux accolés et

(1) *Cf.* N. E. Chamberlain, *Radiology*, 38, 1942, p. 383.

(2) *Amer. J. Reentg and Rad. Therm.*, 59, 1948, p. 888.

possédant la photoconductibilité sous les rayons X; la plaque est analysée par un faisceau électronique qui la balaie et qui gouverne des circuits d'amplification et de reproduction selon les principes connus de télévision. La faible intensité du courant dans le pinceau d'exploration requiert l'adoption d'un photoconducteur ayant, en l'absence de rayonnement, une résistance assez élevée pour permettre l'accumulation capacitive du courant de conduction dans l'intervalle de temps qui sépare deux balayages.

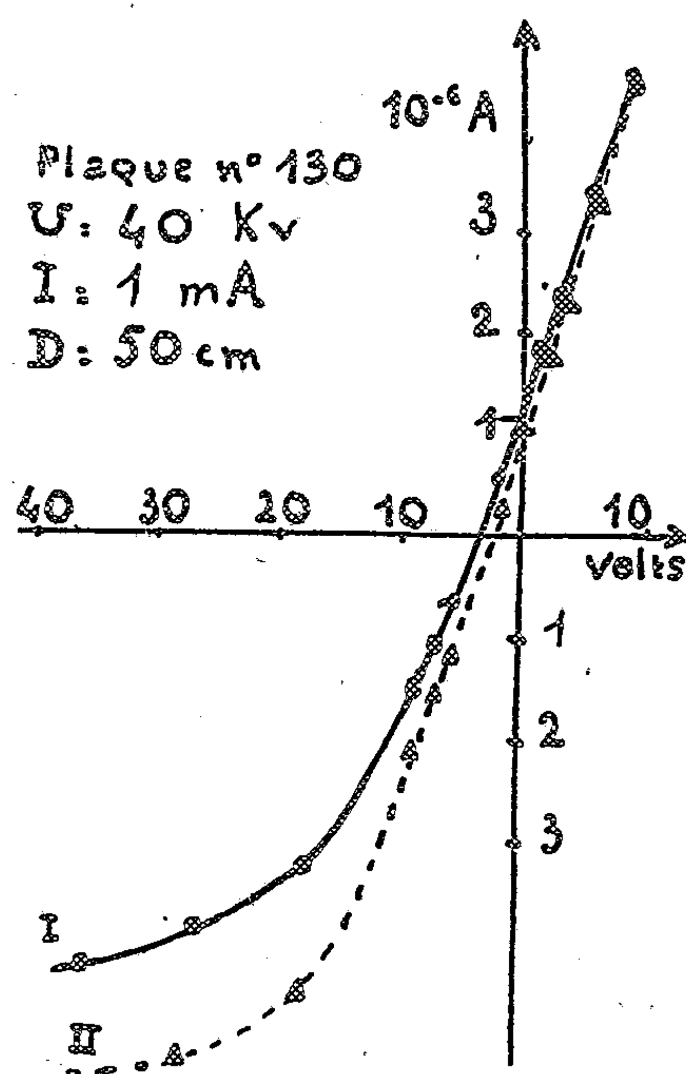


Fig. 1.



Fig. 2.

Simultanément, l'épaisseur de la couche sensible doit être assez faible pour empêcher une diffusion latérale du courant photoconducteur, tout en assurant l'absorption du rayonnement X avec un bon rendement électronique. La figure 1 précise les valeurs relatives à une plaque obtenue, en formant sur carbone poli par chauffage inductif à haute fréquence, un dépôt cristallin à partir de compositions à base de soufre et de cadmium. Le dépôt, d'une épaisseur régulière et approximativement égale à 30 μ, recouvre un disque de 9 cm de diamètre, maintenu pendant l'opération à une température supérieure à 300° C et soumis éventuellement à une activation ultérieure d'impuretés sensibilisatrices ([3]).

([3]) L. Bazy, C. Brachet, A. Léauté et G. Mayer, brevet 665 824 du 7 janvier 1949; la publication de ce document a été différée jusqu'au 1er octobre 1951 pour les besoins de la défense nationale.

Les courbes de la figure 1 font ressortir en ordonnées les intensités de courant pour une tension d'accélération de 800 V et en abscisses, les tensions de polarisation de la plaque par rapport à l'anode, d'une part en l'absence de tout rayonnement, d'autre part en faisant tomber sur la plaque un rayonnement X de 40 000 V et de 7,5 μW : cm^2. L'incurvation de la première de ces courbes révèle qu'il s'agit d'une conductivité induite par les électrons de balayage. Le courant photoconductif sous rayonnement X croît en valeur absolue avec la polarisation, ce qui permet un fonctionnement sans résistance de fuite au point d'inversion du courant d'obscurité.

Sur la base d'un intervalle de 2,5 V entre la bande de conductibilité et la bande pleine, le calcul montre qu'à chaque photon X absorbé correspondent 700 électrons de conduction, dont le transfert dans la bande de conductivité exigerait environ 6 % de l'énergie du photon X.

Une plaque jouissant de ces propriétés a été mise en essai au laboratoire de télévision de la Compagnie pour la Fabrication des Compteurs de Montrouge. A titre d'exemple des premières radioscopies obtenues, la figure 2 reproduit l'image formée sur l'écran de télévision lors de l'examen d'un interrupteur électrique de type miniature. L'image apparaissait au grossissement 5; en dépit de ce grossissement, la netteté des détails fait ressortir la finesse de définition de la radioscopie.

Ces premiers résultats montrent qu'un dispositif de radioscopie médicale et chirurgicale, construit selon la méthode adoptée, permet en principe d'atteindre tous les objectifs visés. Un prototype destiné à une deuxième étape d'expérimentation est actuellement en fabrication.

ÉPIDÉMIOLOGIE. — *La diffusion de la fièvre Q en Oubangui-Chari est liée aux mouvements des troupeaux.* Note (*) de MM. **Paul Giroud**, **Paul Le Gac** et **Alain Le Hénaff**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Le comportement des habitants de deux villages des savanes de l'Oubangui-Chari, l'un situé sur une voie de communication, l'autre en dehors de tout transit, apporte une explication à l'épidémiologie de la fièvre Q qui, dans cette région, est une maladie d'importation, tandis que les autres rickettsioses sont des affections autochtones.

Plusieurs enquêtes effectuées depuis mars 1950 sur la fièvre Q en Oubangui-Chari nous ont fait connaître certains faits qui concordent tous pour attribuer une date récente à l'apparition de cette endémie dans le Territoire. De tous ces renseignements, on peut déduire que l'introduction

(*) Séance du 25 février 1952.

de la fièvre Q en Oubangui-Chari remonterait au début de la deuxième guerre mondiale (1941).

Pour les uns, elle aurait fait son apparition lors du transport de viande séchée de bibovins abattus au Tchad. Ce ravitaillement avait été nécessité par l'afflux considérable des troupes à Bangui lors de la formation des bataillons de Leclerc. Dans ce cas, Bangui, chef-lieu du Territoire, aurait été le point de départ d'où la fivre Q aurait diffusé dans toute l'étendue de l'Oubangui-Chari.

Pour les autres, la fièvre Q liée aux troupeaux et au personnel en assurant l'exploitation, aurait fait son apparition dans ces territoires deux ou trois ans plus tôt, lors de la migration des populations Bororos. Ces nomades se sont établis au Nord-Ouest de l'Oubangui-Chari, dans les zones de pâturages de l'Ouham-Pendé, d'où, par la suite, ils ont rayonné, gagnant la région de la Ouaka, au centre de la colonie, où ils se sont fixés à proximité de Bambari.

Il est certain que l'affection que l'on peut qualifier de fièvre Q a atteint une extension de plus en plus grande à mesure que se sont effectuées les migrations des troupeaux. Il est certain aussi, que toutes les enquêtes que nous avons pu effectuer tant sur le bétail que sur le personnel qui en assure l'exploitation militent en faveur de cette thèse.

Aussi, considérant à nouveau ce problème, nous nous sommes demandé s'il existait une différence de comportement entre les sujets résidant dans un village desservi par une grande voie de communication et ceux habitant une agglomération en dehors de toute circulation.

L'enquête épidémiologique a été réalisée à l'aide du test d'hypersensibilité pratiqué avec les antigènes épidémique, murin, boutonneux et celui de la fièvre Q, uniquement sur des sujets adultes, en bon état de santé.

Deux villages de l'Ouham ont été choisis pour ce contrôle : l'un, Sassara, habité par 300 M'Bayas, l'autre, Bimbanou, groupant une population de 200 Boudigris.

Le premier de ces villages, composé de chasseurs, de pêcheurs et de cultivateurs, est situé de part et d'autre de la route de Bozoum à proximité de Bossangoa. C'est une des principales voies de transit empruntées par les troupeaux se rendant du Tchad en Oubangui.

Sur 50 M'Bayas comprenant 33 cultivateurs, 7 pêcheurs et 10 chasseurs de buffles et d'antilopes, 11 cultivateurs réagissent à l'antigène *R. burneti*, 2 à l'antigène boutonneux, 2 au murin, mais aucun à l'épidémique.

Sur 10 chasseurs, 7 réagissent à l'antigène fièvre Q, 7 à l'antigène boutonneux, 7 au murin et 3 à l'épidémique.

Sur 7 pêcheurs, 4 réagissent à l'antigène fièvre Q, 3 à l'antigène boutonneux, 2 au murin et aucun à l'épidémique.

Donc sur 50 sujets que leurs occupations permettent de classer en deux

groupes distincts : itinérants et sédentaires, 22 réagissent à l'antigène de la fièvre Q, ces réactions positives étant réparties également dans les deux groupes.

Le deuxième village, situé sur une piste en cul-de-sac en dehors de toute voie de communication, est éloigné d'une trentaine de kilomètres du premier. Il est composé de chasseurs réputés, recensés seulement depuis peu et dont la seule occupation se borne à la chasse aux buffles et aux antilopes. Or, chez ceux-ci, 2 sujets seulement sur 30 réagissent à l'antigène de la fièvre Q, tandis que la majeure partie d'entre eux réagissent aux antigènes murin et boutonneux, 15 fois et 17 fois. De plus, six réactions se montrent positives vis-à-vis de l'antigène épidémique.

L'absence presque complète de réactions à l'antigène de la fièvre Q ne peut être imputable qu'à son absence sur les buffles et les animaux sauvages de la région qu'ils chassent constamment, tandis que leurs déplacements incessants multiplient les occasions de contracter d'autres rickettsioses.

A 15 h 45 mn l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section d'Économie rurale, par l'organe de M. **Louis Lapicque**, au nom du Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *Émile Schribaux* :

En première ligne...........	M. **Maurice Lemoigne**
En seconde ligne, ex æquo, *et par ordre alphabétique*.....	MM. **René Fabre** **Constantin Levaditi**
En troisième ligne, ex æquo, *et par ordre alphabétique*......	MM. **Clément Bressou** **René Dujarric de la Rivière** **Henri Simonnet**

A cette liste, l'Académie ajoute les noms de MM. **Camille Guérin**, **Philibert Guinier** et **Maurice Piettre**.

Les titres de ces candidats sont discutés. L'élection aura lieu en la prochaine séance.

La séance est levée à 17 h 30 mn.

R. C.

ERRATA

(*Comptes rendus* du 14 janvier 1952.)

Note présentée le même jour, de Mlle *Giuliana Ghilardi* et M. *Henry Gault*, Sur l'action des dérivés organomagnésiens mixtes sur l'ester β-méthyl α-céto-paraconique :

Page 337, 8e ligne en remontant, *au lieu de* lactone, *lire* cétone.

(*Comptes rendus* du 28 janvier 1952.)

Note présentée le même jour, de MM. *Gabriel Bertrand* et *Lazare Silberstein*, Sur la teneur des vins en méthanol. II :

Page 493, dernière ligne du tableau I, *au lieu de* blanc, *lire* rouge.

Note présentée le même jour, de M. *Raymond-Hamet*, Sur les isomères de la yohimbine :

Page 557, légende de la figure 8, *après* γ-yohimbine, *ajouter* (hydrochlorique, solution dans l'eau).

Page 558, note (8) de bas de page, *au lieu de* p. 1509, *lire* p. 509.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de février 1952.

Travaux neurologiques de guerre, par Georges Guillain et J. A. Barré. Préface de Pierre Marie. Paris, Masson, 1920; 1 vol. 23 cm.

Technique de la réaction du benjoin colloïdal, par Georges Guillain, Guy Laroche et P. Lechelle. Paris, Masson, 1926; 1 fasc. 23 cm.

Études neurologiques, par Georges Guillain. Troisième série. Paris, Masson, 1920; 1 vol. 23 cm.

Id., par Georges Guillain et Th. Alajouanine. Quatrième série. Paris, Masson 1930; 1 vol. 23 cm.

Id., par Georges Guillain. Cinquième et sixième séries. Paris, Masson, 1932 et 1935; 2 vol. 23 cm.

Id., par Georges Guillain et P. Mollaret. Septième série. Paris, Masson, 1936; 1 vol. 23 cm.

Id., par Georges Guillain. Huitième série. Paris, Masson, 1939; 1 vol. 23 cm.

Les gliomes infiltrés du tronc cérébral, par Georges Guillain, Ivan Bertrand et Jean Gruner. Paris, Masson, 1945; 1 vol. 23 cm.

Encyclopédie mycologique. XVII. *Phytopathologie des pays chauds*, par L. Roger. T. I. Paris, Paul Lechevalier, 1951; 1 vol. 25,5 cm (présenté par M. R. Heim).

Traité d'électricité théorique. T. I. *Électrostatique*, par Marc Jouguet. Paris, Gauthier-Villars, 1952; 1 vol. 24 cm.

Éléments d'optique électronique, par Gaston Dupouy. Préface de Jean Cabannes. Paris, Armand Colin, 1925; 1 vol. 16,5 cm.

Comité national français de géodésie et géophysique. Année 1946. *Compte rendu*, par Pierre Tardi. Paris, au Secrétariat général du Comité français; 1 fasc. 24 cm.

Comptes rendus du Comité national français de géodésie et géophysique. Années 1947, 1948 et 1949, par Pierre Tardi; 1 fasc. et 1 vol. 24 cm.

Collection de logique mathématique. Série A. II. *Leçons de logique algébrique*, par Haskell B. Curry. Paris, Gauthier-Villars, et Louvain, E. Nauwelaerts, 1952; 1 fasc. 25 cm.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 MARS 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Marshall Harvey Stone**, Professeur à l'Université de Chicago, Président de l'Union Internationale de mathématiques, qui assiste à la séance.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section d'Économie rurale, en remplacement de M. *Émile Schribaux*, décédé.

Le scrutin donne les résultats suivants :

	1er tour	2e tour
Nombre de votants	62	63
	Nombre de suffrages.	
M. Maurice Lemoigne	22	32
M. Constantin Levaditi	13	21
M. Philibert Guinier	10	5
M. René Fabre	8	4
M. Camille Guérin	5	–
M. René Dujarric de La Rivière	3	–
M. Maurice Piettre	1	1

M. **Maurice Lemoigne**, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement de la République.

DÉSIGNATIONS.

MM. **Roger Heim** et **Maurice Bouly de Lesdain** sont désignés pour représenter l'Académie aux Cérémonies qui auront lieu à Lille, du 26 avril au 4 mai 1952, à l'occasion des Floralies lilloises.

CORRESPONDANCE.

THÉORIE DE LA MESURE. — *Adaptation d'une mesure à une prétopologie. Passage de la Propriété Forte de Vitali réduite à la propriété complète.* Note (*) de M. **Christian Pauc**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Dans les recherches sur la théorie de la différentiation de fonctions d'ensemble où est postulée une topologie, la Propriété Forte de Vitali est énoncée sans la condition de débordement, car celle-ci peut toujours être réalisée grâce à la propriété d'approximation supérieure des ensembles ouverts (1) par élagage de la famille couvrante. Cette Note étudie la transposition prétopologique de ce processus.

Nous reprenons dans 4 le cadre d'une Note précédente (2).

4. Adaptation d'une mesure a une prétopologie. Point de vue externe. — *Hypothèses :* [Axiome I d'adaptation (1)]. Les ensembles O sont mesurables. (G app.). Quels que soient l'ensemble C et $\varepsilon > 0$, il existe un ouvert **D** *externe* G incluant C tel que μ-ext. $(G - C) < \varepsilon$. (C) E est une union dénombrable d'ensembles C de mesure finie. *Notation :* Nous désignons par $\mathfrak{Z}$ la famille des sous-ensembles mesurables de E, par $\mathfrak{Z}'$ celle des ensembles Z' tels que, pour tout $\varepsilon > 0$, il existe un ensemble G incluant Z' avec μ-ext. $(G - Z') < \varepsilon$. *Propositions :* Les ensembles Z' sont caractérisés parmi les ensembles Z par la propriété suivante : pour tout $\varepsilon > 0$, il existe un ensemble C inclus dans Z' pour lequel $\mu(Z' - C) < \varepsilon$. La famille $\mathfrak{Z}'$ est une σ-algèbre booléenne d'unité E. *Définition :* nous entendons par *mesure adaptée à la prétopologie* la restriction μ' de μ sur les ensembles $M' = M.(\mathbf{R} - E) + Z'$ où $M \in \mathfrak{M}$.

4.1 Application. — *Hypothèses complémentaires :* (A) Les constituants de la base $\mathfrak{B}$ sont des ensembles A. (VFr) $\mathfrak{B}$ possède la propriété de Vitali Réduite.

Théorème III. — *Sous les hypothèses énoncées, $\mathfrak{B}$ possède la Propriété Forte de Vitali* (en abrégé : VF) *si nous remplaçons μ par μ'. Toute μ-intégrale admet, sauf sur un ensemble* N, *un $\mathfrak{B}$-dérivé qui est égal à un μ'-intégrant* [selon

(*) Séance du 25 février 1952.

(1) Haupt-Pauc, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 711. Cette Note est développée dans Haupt-Aumann-Pauc, *Differential-und Integralrechnung*, III, Berlin (en préparation).

(2) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1119.

Andersen et Jessen ([3])]. *Les ensembles* Z′ *sont les ensembles* Z *pour lesquels vaut* VF.

Illustration. — 𝔅 est la base striée (ou polarisée) définie dans ([4]). Les ensembles Z′ sont produits d'ensembles mesurables Lebesgue de $I=[0,1]$ par I. μ' est strictement plus grossière que μ. Le 𝔅-dérivé ψ d'une mesure de Radon Φ est un μ'-intégrant de Φ.

5. BASES **D**(ENJOY). — Comme dans 1., **R** est un espace mesuré. 𝔖 représente un système d'ensembles mesurables, chacun de mesure finie positive, δ une fonction positive finie, définie sur 𝔖. Une suite convergeant sur x est définie comme une suite (ordinaire) $M_1, \ldots, M_i, \ldots$ d'ensembles de 𝔖 contenant x et telle que $\lim \delta(M_i)=0$. E est l'ensemble des points pourvus de suites convergentes. Nous appelons la base 𝔅 ainsi définie base **D**, $𝔅=(𝔖, \delta)$. Toute sous-famille 𝔗 de 𝔖 définit une sous-base **D**, à savoir $(𝔗, \delta)$. *Hypothèses :* (G), (A) et (H_α) de 2.2. et $(C_\sigma^\times)$: E est une réunion dénombrable d'ensembles C de mesure extérieure finie. *Propositions :* Le domaine de définition de toute sous-base $(𝔗, \delta)$ est mesurable. Les ensembles C sont mesurables. VF est valide pour les ensembles C ainsi que pour les ensembles $Z''=C_\sigma(\text{mod } \mathfrak{N}.E)$. Ces ensembles Z″ forment une σ-algèbre booléenne $\mathfrak{Z}''$ d'unité E. Nous désignons par μ'' la restriction de μ sur les ensembles $M''=M.(\mathbf{R}-E)+Z''$ où $M\in\mathfrak{M}$. Le passage de μ à μ'' constitue une *adaptation du point de vue interne* (c'est-à-dire : dans la relativisation à E) *de la mesure* μ *à la prétopologie.*

THÉORÈME IV. — *Même formulation qu'au théorème* III *en changeant* μ' *en* μ'' *et* $\mathfrak{Z}'$ *en* $\mathfrak{Z}''$.

5.1. *Relation avec la théorie de M. Denjoy* ([5]). — Une famille régulière de Denjoy [*loc. cit.* en ([5]) p. 333] définit une base **D** pour $\delta=\mu$. μ-ext. **R** est finie, ainsi sont vérifiées (G) et $(C_\sigma^\times)$. (A) est postulée. Pour $\Delta=\mu$, (H_α) est satisfaite sous la forme où elle apparaît dans le théorème restreint 2.1. L'hypothèse de *parfaite régularité* de Denjoy (*loc. cit*, p. 352) exprime la validité du *second axiome d'adaptation d'une mesure à une prétopologie, elle équivaut à* $\mu''=\mu$.

TOPOLOGIE. — *Sur les groupes d'Eilenberg-MacLane.*

Note de M. **JEAN-PIERRE SERRE**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Détermination des cup-produits et des i-carrés dans la cohomologie mod 2 des complexes K(Π; n) d'Eilenberg-MacLane. Application aux groupes d'homotopie des sphères.

Dans ce qui suit, $H^*(\Pi; n)$ désignera l'algèbre de cohomologie du complexe $K(\Pi; n)$ à coefficients dans le corps à deux éléments. Nous étudierons cette

([3]) *Danske Vid. Selsk. Math.-Fys. Medd.*, 25, n° 5, 1948, p. 4.

([4]) PAUC, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1387.

([5]) *Amer. J. Math.*, 73, 1951, p. 314-356.

algèbre par induction sur n, grâce à la méthode introduite dans [1] (chap. VI); rappelons que cette méthode consiste à considérer $K(\Pi; n)$ comme la base d'un espace fibré contractile dont la fibre est $K(\Pi; n-1)$.

1. *Détermination de* $H^*(\Pi; n)$. — Prenons d'abord $\Pi = Z_2$; si $n=1$, $H^*(Z_2; 1) = \mathbf{S}(x)$, algèbre de polynomes à un générateur x de dimension 1 (ce n'est rien d'autre que la cohomologie de l'espace projectif réel); mais une algèbre de polynomes sur un corps de caractéristique 2 admet pour système simple de générateurs [au sens de A. Borel [2]] les puissances 2^k-ièmes ($k=0, 1, \ldots$) de ses générateurs au sens usuel; ici, ce système simple est donc : $\{x, Sq^1 x, Sq^2 Sq^1 x, Sq^4 Sq^2 Sq^1 x, \ldots\}$. Dans la suite spectrale définie par la fibration qui relie $K(Z_2; 1)$ à $K(Z_2; 2)$ les éléments de ce système simple sont *transgressifs* puisque x l'est et que les i-carrés commutent à la transgression [*voir* [1] (chap. II)]; désignons par $y \in H^2(Z_2; 2)$ l'image de x par transgression; il résulte alors d'un théorème de A. Borel [2] que $H^*(Z_2; 2)$ est isomorphe à l'algèbre de polynomes admettant pour générateurs y, $Sq^1 y$, $Sq^2 Sq^1 y$, $Sq^4 Sq^2 Sq^1 y$, ... :

$$H^*(Z_2; 2) = \mathbf{S}(y, Sq^1 y, Sq^2 Sq^1 y, Sq^4 Sq^2 Sq^1 y, \ldots).$$

Cette algèbre, à son tour, possède un système simple de générateurs transgressifs, à savoir les puissances 2^k-ièmes de y, $Sq^1 y$, ...; d'où, par le même raisonnement que plus haut :

$$H^*(Z_2; 3) = \mathbf{S}(z, Sq^1 z, Sq^2 z, Sq^2 Sq^1 z, \ldots), \qquad \text{avec } \dim z = 3.$$

De façon générale, on voit ainsi que *l'algèbre de cohomologie* $H^*(Z_2; n)$ *est une algèbre de polynomes dont les générateurs sont certains i-carrés itérés de la classe fondamentale de dimension n.*

Un résultat analogue vaut pour le groupe $Z_{(2^k)}$ et le groupe Z; par exemple :

$$H^*(Z; 3) = \mathbf{S}(z, Sq^2 z, Sq^4 Sq^2 z, Sq^8 Sq^4 Sq^2 z, \ldots), \qquad \text{avec } \dim z = 3.$$

On tire de là le calcul de $H^*(\Pi; n)$ lorsque le groupe Π est de type fini.

Bien entendu, la détermination de proche en proche esquissée plus haut permet de déterminer exactement quels sont les i-carrés itérés qui interviennent pour former les générateurs de $H^*(Z_2; n)$; le résultat complet est trop compliqué pour être donné ici. Indiquons seulement ce que vaut la « partie stable » des $H^*(Z_2; n)$: notons $A^q(\Pi)$ les groupes de cohomologie $H^{n+q}(\Pi; n)$ où n est assez grand, et soit u la classe fondamentale de $A^0(Z_2)$; alors *l'espace*

---

(1) J.-P. Serre, *Ann. of Math.*, 54, 1951, p. 425-505.

(2) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1628 et 2392. *Voir* aussi *Thèse*, Paris, 1952, à paraître aux *Ann. of Math.*

vectoriel $A^q(Z_2)$ (*sur le corps* Z_2) *admet pour base l'ensemble des éléments* $Sq^{i_1} Sq^{i_2} \ldots Sq^{i_k} u$, *où les indices vérifient les conditions :*

$$(1) \qquad k \geqq 0,\ i_1 \geqq 2i_2,\ i_2 \geqq 2i_3,\ \ldots,\ i_{k-1} \geqq 2i_k,\ i_1 + i_2 + \ldots + i_k = q.$$

Exemple. — $A^8(Z_2)$ a pour base $Sq^8 u$, $Sq^7 Sq^1 u$, $Sq^6 Sq^2 u$, $Sq^5 Sq^2 Sq^1 u$.

On déduit de ce qui précède *la composante 2-primaire du groupe d'homologie* $A_q(Z_2)$ *à coefficients entiers : c'est une somme directe de groupes* Z_2 *en nombre égal au nombre des partitions de q sous la forme* $q = i_1 + i_2 + \ldots + i_k$ *où les* $i_1, i_2, \ldots, i_k$ *vérifient les conditions* (1) *et où* i_1 *est pair.*

Les résultats précédents valent aussi bien pour $A^q(Z)$, ou $A_q(Z)$, à condition d'ajouter à la condition (1) la condition supplémentaire que $i_k \neq 1$.

2. *Applications.* — *a.* Comme il est bien connu, il y a une correspondance biunivoque entre les constructions cohomologiques partout définies et les éléments des groupes de cohomologie d'Eilenberg-Mac Lane; notre résultat montre donc que, *en cohomologie* mod 2, *toute construction cohomologique partout définie s'obtient par des cup-produits appliqués à des i-carrés itérés.*

b. En fait, le calcul des groupes $A^q(Z_2)$ donne un résultat plus précis; il montre que les *i*-carrés itérés dont les indices vérifient les conditions (1) forment une *base* de l'espace vectoriel sur Z_2 des *i*-carrés itérés. En particulier, tout autre *i*-carré itéré est une combinaison linéaire de ceux-là; ce résultat montre l'existence de relations entre les *i*-carrés (dont la relation $Sq^1 Sq^{2n} = Sq^{2n+1}$ est un exemple élémentaire), mais ne fournit pas de procédé mécanique pour déterminer ces relations. En fait, on peut les obtenir par une méthode toute différente, due à J. Adem (3).

c. On peut utiliser les calculs des $H^*(\Pi;\ n)$ et les relations entre *i*-carrés itérés pour déterminer certains groupes d'homotopie des sphères. Utilisant la méthode introduite par H. Cartan et l'auteur (4), on obtient assez aisément :

$$\pi_6(\mathbf{S}_3) = Z_{12}\,(^5), \qquad \pi_7(\mathbf{S}_4) = Z + Z_{12}, \qquad \pi_{n+3}(\mathbf{S}_n) = Z_{24}\,(^6) \qquad (n \geqq 5);$$
$$\pi_7(\mathbf{S}_3) = Z_2\,(^7), \qquad \pi_8(\mathbf{S}_4) = Z_2 + Z_2, \qquad \pi_9(\mathbf{S}_5) = Z_2, \qquad \pi_{n+4}(\mathbf{S}_n) = 0 \qquad (n \geqq 6).$$

(3) Résultats non publiés.

(4) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 288 et 393.

(5) Ce résultat n'est pas nouveau; en effet, d'une part il est connu que $\pi_6(\mathbf{S}_3)$ a 12 éléments [W. Massey et G. Whitehead, *Bull. Amer. Math. Soc.*, 57, 1951, *Abstract* 545; *Cf.* aussi H. Cartan et J.-P. Serre, *loc. cit.* (4)], et d'autre part M. G. Barratt et G. F. Paechter viennent de démontrer qu'il contient un sous-groupe isomorphe à Z_4 (*Voir* une Note à paraître dans les *Proc. Nat. Acad. Sc. U. S. A*, 38, 1952.)

(6) On obtient un générateur de ce groupe en appliquant la suspension de Freudenthal à l'application de Hopf : $\mathbf{S}_7 \to \mathbf{S}_4$.

(7) On savait que $\pi_7(\mathbf{S}_3)$ contient un sous-groupe isomorphe à Z_2; *Cf.* P. Hilton, *Proc. London Math. Soc.*, 1, 1951, p. 462-493.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Délais d'attente des avions atterrissant selon leur ordre d'arrivée sur un aéroport à s pistes.* Note de M. **Félix Pollaczek**, présentée par M. Émile Borel.

Dans deux Notes antérieures (¹) dont nous conservons le schéma et les notations, nous avons étudié l'influence de la quantification des délais d'attente (d. a.) sur leur fonction de répartition (f. r.).

Écartant cette hypothèse, nous admettons maintenant, pour $m = 1, \ldots, n$, que :

a. $\mathrm{Prob}(x < X_m < x + dx) = dx/\mathcal{T}\ (0 < x < \mathcal{T})$;

b. $\mathrm{Prob}(t < T_m < t + dt) = df(t)$;

c. ceux des avions qui sont mis en attente, subissent de ce fait des retards supplémentaires M_m qui sont des v. a. de f. r. donnée $g(t)$ (laquelle dépend du procédé de mise en attente utilisé), donc $\mathrm{Prob}(\mu < M_m < \mu + d\mu) = dg(\mu)$;

d. tous les avions sont dirigés *selon leur ordre d'arrivée* sur les pistes libres.

Afin de simplifier nos formules, nous prenons la quantité $\int_0^\infty t\,df(t) + \int_0^\infty \mu\,dg(\mu)$ pour unité de temps.

A l'aide des méthodes que nous avons développées (²) pour traiter les problèmes correspondants qui se posent pour un groupe de s lignes téléphoniques (où $M \equiv 0$), on montre que dans le cas présent tous les problèmes concernant soit la construction de f. r. à une ou plusieurs variables, soit le calcul de fonctions génératrices (f. g.) de certaines probabilités, nécessitent la résolution du système suivant de s équations intégrales linéaires simultanées :

$$(1)\quad (p - z - y)\,\mathcal{F}_\lambda(z_1, \ldots, z_\lambda; y) + \frac{z}{2\pi i}\int_{-i\infty-0}^{i\infty-0}\left[K_\lambda \mathcal{F}_{\lambda+1}(z_1, \ldots, z_\lambda \zeta; y) + (1 - K_\lambda)\,\mathcal{F}_{\lambda+1}\left(z_1, \ldots, z_\lambda, \zeta; \sum_1^\lambda z_\nu + \zeta\right)\right]\frac{\varepsilon(-\zeta)}{\zeta}\,d\zeta = C_\lambda$$

$$\left[K_\lambda = \frac{\gamma(-\zeta)\left(y - \sum_1^\lambda z_\nu\right)}{y - \sum_1^\lambda z_\nu - \zeta};\ \lambda = 0, \ldots, s-1;\ R(z_1), \ldots, R(z_{s-1}) \leqq 0\right],$$

$$(2)\qquad \sum_{\lambda=0}^{s}\ \sum_{1', \ldots, \lambda'}^{s} \mathcal{F}_\lambda(z_{1'}, \ldots, z_{\lambda'}; y) = 0.$$

(¹) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1901 et p. 2286.

(²) *Ann. Inst. H. Poincaré*, **11**, 1949, p. 113-133 et p. 135-173.

Ici, p et y ($\neq p$) sont respectivement un paramètre tel que $R(p) > 0$ et une variable complexe, et les indices $1', \ldots, \lambda'$ parcourent toutes les combinaisons λ à λ des nombres $1, \ldots, s$; nous avons posé

$$\varepsilon(z) = \int_0^\infty e^{zt}\, df(t), \qquad \gamma(z) = \int_0^\infty e^{zt}\, dg(t).$$

Les deuxièmes membres $C_\lambda(z_1, \ldots, z_\lambda; y, p, z, \ldots)$ de ces équations [dont nous n'utilisons que l'unique solution $(\mathcal{F}_0, \ldots, \mathcal{F}_s)$ qui, pour $p, y, z, \ldots, z_{s-1}$ donnés, soit holomorphe pour $z=0$] sont des fonctions données, en général symétriques en $z_1, \ldots, z_\lambda$, et holomorphes pour $z=0$, $R(z_1), \ldots, R(z_\lambda) \leqq 0$.

Donnons par exemple aux C_λ ($\lambda = 0, \ldots, s-1$) les valeurs suivantes :

$$C_\lambda = \delta_\lambda^0\left(\frac{q\gamma(-q)}{q-y} + 1 - \gamma(-q)\right) \qquad [R(q)>0], \tag{3}$$

$$\left\{\begin{array}{l} C_\lambda = (x-1)^\lambda + \delta_\lambda^{s-1}\, x^s z\left[\dfrac{1-\varepsilon(-\rho)\gamma(-\rho)}{p-xz-y} + \dfrac{\varepsilon(-\rho)}{\rho}\left(1-\gamma(-\rho)\right)\right] \\ \qquad\qquad \left(\rho = p - xz - \displaystyle\sum_1^{s-1} z_i, \qquad |x|<1\right), \end{array}\right. \tag{4}$$

et soient $\mathcal{F}_0(y; q, p, z)$ et $\widetilde{\mathcal{F}}_0(y; x, p, z)$ les valeurs correspondantes de la solution $\mathcal{F}_0(y)$ de (1) et (2). Dans les hypothèses a, b, c, d, la fonction caractéristique (f. c.) de la f. r. des d. a. et la f. g. des probabilités $\widetilde{p}_i(\mathcal{C}, n)$ pour que, à un instant donné, exactement i avions soient ou en attente ou en cours d'atterrissage, sont alors respectivement égales à

$$\left\{\begin{array}{l} \dfrac{(n-1)!}{\mathcal{C}^n}\,\dfrac{1}{(2\pi i)^2}\displaystyle\int_{c_p}\int_{k_z}\frac{e^{p\mathcal{C}}}{z^n(p-z)}\,\mathcal{F}_0(0; q, p, z)\,dp\,dz \\ \text{et} \quad \displaystyle\sum_{i=0}^\infty \widetilde{p}_i x^i = \frac{(n-1)!}{\mathcal{C}^n}\,\frac{1}{(2\pi i)^2}\int_{c_p}\int_{k_z}\frac{e^{p\mathcal{C}}}{z^n(p-z)}\,\widetilde{\mathcal{F}}_0(0; x, p, z)\,dp\,dz. \end{array}\right. \tag{5}$$

En admettant, au lieu de a, que la répartition des instants d'arrivée suit la loi de Poisson de paramètre c (nombre moyen d'arrivées par unité de temps), ces expressions deviennent respectivement

$$\left\{\begin{array}{l} \varphi(q, c) = \displaystyle\lim_{p \to c+0}(p-c)\mathcal{F}_0(0; q, p, c) \quad \text{et} \quad \sum_{i=0}^\infty \widetilde{P}_i x^i = \lim_{p\to c+0}(p-c)\widetilde{\mathcal{F}}_0(0; x, p, c) \\ \qquad\qquad (c < s), \end{array}\right. \tag{6}$$

où $\widetilde{P}_i = \lim\limits_{n\to\infty}\widetilde{p}_i[(n/c), n]$; pour $c \geqq s$, les deuxièmes membres de (6) s'annulent, aucun trafic stationnaire n'étant alors possible.

Si $\varepsilon(z)$ et $\gamma(z)$ sont ou entiers et rationnels en e^{hz} ($h>0$), ou rationnels en z, $\mathcal{F}_0(y; q, p, z)$ et $\widetilde{\mathcal{F}}_0(y; x, p, z)$ sont des fonctions rationnelles de y dont la construction ne nécessite que le calcul de certaines racines d'une équation,

transcendante dans le premier, algébrique dans le second cas. Dans le cas d'une seule piste qui peut être traité de manière plus simple, il vient (pour des arrivées réparties selon la loi de Poisson),

$$(7)\quad \left\{\begin{array}{l} \varphi(q, c) = \dfrac{1-c}{1-c\gamma'(0)}\,\dfrac{q-c+c\gamma(-q)}{q-c+c\gamma(-q)\varepsilon(-q)};\\ \displaystyle\sum_{i=0}^{\infty}\widetilde{P}_i x^i = \varphi(c-cx, c)\,\varepsilon(cx-c)\\ (s=1,\ c<1,\ \varepsilon'(0)+\gamma'(0)=1;\ R(q)\geqq 0,\ |x|\leqq 1). \end{array}\right.$$

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Solutions élémentaires des équations régissant les écoulements des fluides compressibles.* Note (*) de M. **Paul Germain**, présentée par M. Joseph Pérès.

On indique un procédé simple pour construire des solutions élémentaires de certaines équations, en utilisant l'extension de la transformation de Fourier due à L. Schwartz [1]. On peut ainsi généraliser quelques résultats obtenus précédemment dans le cas de l'équation simple de Tricomi.

1. L'étude des écoulements compressibles conduit à la recherche de solutions d'une équation

$$(1)\qquad \mathcal{L}(u) = u_{zz} + k(z)\,u_{xx} = 0;$$

nous en recherchons ici des solutions élémentaires. En adoptant le langage de la théorie des distributions de L. Schwartz [1], il s'agit de trouver une distribution $E(M; P) = E(x, z; x_0, z_0)$ telle que $\mathcal{L}(E) = \delta(P)$, si $\delta(P)$ est la masse de Dirac dans $R^2(x, z)$ placée en $P(x_0, z_0)$. Nous utilisons la transformation de Fourier à une seule variable x (α désignera la variable duale de x) opérant sur l'espace des distributions tempérées; en supposant que $E(M; P)$ est tempérée et que $x_0 = 0$, on voit [2] que $g = \mathcal{F}E$ est solution de l'équation différentielle

$$(2)\qquad L(g) = g_{zz} - \alpha^2 k_1(z)\,g = \delta(z_0) \qquad [k_1(z) = 4\pi^2 k(z)],$$

$\delta(z_0)$ désignant la masse de Dirac dans $R^1(z)$ placée au point $z = z_0$. On obtient aisément des solutions de (2) à partir de deux solutions $K_1(\alpha, z)$ et $K_2(\alpha, z)$ de $L(v) = 0$, dont le Wronskien $K'_{1z}K_2 - K_1K'_{2z}$ est égal à 1, quel

(*) Séance du 10 mars 1952.

[1] *Théorie des distributions*, 2, Hermann, Paris, 1951.

[2] Le symbole $\mathcal{F}u$ désigne la fonction de α, transformée de Fourier de $u(x)$; si u est sommable, on a

$$\mathcal{F}u = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-2i\pi\alpha x}\,u(x)\,dx;$$

$\mathcal{F}^{-1}$ désigne la transformation inverse.

que soit z. Il suffit de prendre pour g la fonction identique $K_1(|\alpha|, z)K_2(|\alpha|, z_0)$ pour $z \geqq z_0$ et à $K_1(|\alpha|, z_0)K_2(|\alpha|, z)$ pour $z \leqq z_0$. Si l'on choisit $K_1(\alpha, z)$ et $K_2(\alpha, z)$ pour que g soit une distribution tempérée, on a $E = \mathcal{F}^{-1}g$.

2. Nous supposons $k(z)$ définie dans l'intervalle $(-z_1, +\infty)$, z_1 étant une constante positive, et que dans cet intervalle $k(z)$ a le signe de z. Soient $I_1(\alpha, z)$ et $I_2(\alpha, z)$ deux solutions de $L(v) = 0$ définies pour $\alpha > 0$, telles que si z est un nombre positif fixé, on ait pour α réel augmentant indéfiniment

$$2^{\frac{1}{2}}[k_1(z)]^{\frac{1}{4}}I_1 \sim \alpha^{-\frac{1}{2}}e^{-\alpha s}, \qquad 2^{\frac{1}{2}}[k_1(z)]^{\frac{1}{4}}I_2 \sim -\alpha^{-\frac{1}{2}}e^{\alpha s} \qquad (ds = \sqrt{k_1}\,dz).$$

L'existence de I_1 et de I_2 ne fait aucune difficulté (³). On peut prendre alors $K_1(\alpha, z) = I_1(\alpha, z)$, $K_2 = I_2(\alpha, z) + \lambda(\alpha)I_1(\alpha, z)$, $\lambda(\alpha)$ étant définie pour $\alpha \geqq 0$, croissant moins vite qu'un polynome arbitraire mais fixé.

Si $z_0 > 0$, $E(M; P)$ est une fonction uniforme pour tout $z > -z_1$, sauf au point $P(0, z_0)$, où elle admet la singularité logarithmique classique. On notera que $E(M; P) = E(P; M)$ si M et P sont dans le demi-plan $z > 0$. Si $z_0 < 0$, $E(M; P)$ est une fonction de M pour $z > 0$, mais pour $z < 0$ c'est une distribution identique à une fonction en tout point M extérieur aux caractéristiques issues de P et à leurs réfléchies sur $z = 0$. On remarquera que

$$\mathcal{R}(M; P) = \mathcal{F}^{-1}[K_1(|\alpha|, z)K_2(|\alpha|, z_0) - K_1(|\alpha|, z_0)K_2(|\alpha|, z)]$$

est égale à la fonction de Riemann de P à l'intérieur du triangle limité par $z = 0$ et les caractéristiques de P et qu'elle est identiquement nulle dans les régions limitées par les caractéristiques de P ne contenant pas l'axe des z (ce dernier résultat s'obtient en remarquant que pour $z = z_0$, $x \neq 0$, $\mathcal{R} = \mathcal{R}_z = 0$). Dans ces régions, on peut donc indifféremment définir E comme l'originale de $K_1(|\alpha|, z)K_2(|\alpha|, z_0)$ ou de $K_1(|\alpha|, z_0)K_2(|\alpha|, z)$. Ceci permet de vérifier la propriété de symétrie $E(M; P) = E(P; M)$ pour tout couple M, P situé dans le demi-plan $z > -z_1$.

3. Nous prendrons dans la suite $\lambda(\alpha) = \text{const.}$; dans ces conditions la solution E ne peut avoir sur les caractéristiques issues de P et sur leurs réfléchies que des singularités du type suivant : discontinuité proportionnelle à la valeur de la fonction de Riemann sur une caractéristique $[-k(z)]^{-1/4}$, singularité logarithmique dont le coefficient est proportionnel à $[-k(z)]^{-1/4}$. Les solutions E ainsi définies généralisent donc les solutions H définies précédemment dans le cas de l'équation de Tricomi(⁴); on peut alors en tirer les mêmes conséquences. En particulier la fonction :

$$\mathcal{E}(M; P) = E(M; P) - \left[\frac{k(z_2)}{k(z_1)}\right]^{-\frac{1}{4}}[E(M; P_3) - E(M; P_2)],$$

(³) R. E. LANGER, *Trans. Amer. Soc.*, 33, 1931.

(⁴) P. GERMAIN et R. BADER, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1203.

P_1 et P_2 étant les deux points situés sur les caractéristiques de P d'ordonnée z_2, ($z_0 \geqq z_2 \geqq z_1$), présente les singularités de la fonction de Green du problème de Tricomi ; on en déduit que la résolution d'un problème de Tricomi et celle du problème conjugué sont des problèmes équivalents.

4. Donnons pour finir quelques exemples. Si $k_1(z) = z$ (équation de Tricomi), on peut prendre

$$I_1(\alpha, z) = 2^{\frac{1}{6}} 3^{-\frac{1}{6}} \pi^{-\frac{1}{2}} s^{\frac{1}{3}} K_{\frac{1}{3}}(\alpha s), \qquad I_2(\alpha, z) = -2^{\frac{1}{6}} 3^{-\frac{1}{6}} \pi^{\frac{1}{2}} s^{\frac{1}{3}} I_{\frac{1}{3}}(\alpha s);$$

c'est sous cette forme que A. Weinstein ([5]) a donné la solution élémentaire de l'équation de Tricomi. Si $k_1(s) = 1 - e^{-2z}$, équation envisagée par S. Tomotika et K. Tamada ([6]), on peut poser $t = e^{-z}$ et prendre

$$I_1(\alpha, z) = \pi^{\frac{1}{2}} J_\alpha(\alpha t), \qquad I_2(\alpha, z) = 2^{-\frac{1}{2}} \pi^{\frac{1}{2}} Y_\alpha(\alpha t).$$

Enfin dans le cas de l'équation régissant les écoulements des fluides réels ([7]) [qui peut se mettre sous la forme (1)], on prendra (on pose $\beta = 2\pi\alpha$)

$$I_1(\alpha, z) = \frac{\tau^{\frac{\beta}{2}}}{2\sqrt{\pi\beta}} F(a_\beta, b_\beta, \beta + 1; \tau),$$

$$I_2(\alpha, z) = \sqrt{\frac{1}{2\beta\pi}} \left[\tau^{-\frac{\beta}{2}} F(a_{-\beta}, b_{-\beta}, 1 - \beta; \tau) + \frac{2(\pi\beta)^{\frac{3}{2}} \operatorname{cotg} \pi\beta \, \Gamma(a_\beta) \Gamma(\beta + 1 - b_\beta)}{\Gamma(a_\beta - \beta) \Gamma(1 - b_\beta) [\Gamma(1 + \beta)]^2} I_1(\alpha, z) \right].$$

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur le principe de la constance de la vitesse de la lumière.* Note (*) de M. **Karl Drago Stiegler**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. On peut fonder la théorie de la Relativité restreinte sans supposer le principe de la constance de la vitesse de la lumière si l'on part du système d'axiomes suivant :

Ax. 1. — L'espace est homogène et isotrope, c'est-à-dire pour la transformation des coordonnées et du temps entre deux systèmes de référence galiléens S et S' existent les relations

$$x' = a_{11} x + a_{12} t, \tag{1}$$

$$y' = y, \tag{2}$$

$$z' = z, \tag{3}$$

$$t' = a_{21} x + a_{22} t. \tag{4}$$

([5]) *Trans. Amer. Soc.*, 63, 1948 et *Bull. Amer. Math. Soc.*, 55, 1949.

([6]) *Quart. Appl. Math.*, 9, 1951.

([7]) M. J. Lighthill, *Proc. Roy. Soc.*, 191, 1947, p. 341-351.

(*) Séance du 3 mars 1952.

et

(5) $$\dot{x} = v = -\frac{a_{12}}{a_{11}},$$

(6) $$\dot{x}' = -v = \frac{a_{12}}{a_{22}};$$

où les coefficients de transformation ne peuvent pas dépendre d'aucun paramètre variable, mais tout au plus de la vitesse constante relative v des systèmes de référence S et S'.

Ax. 2. — Pour la propagation de la lumière on doit avoir

(7) $$x^2 + y^2 + z^2 - c^2 t^2 = 0,$$

où la constante c signifie la vitesse de la lumière qui pourrait varier quand on change de système de référence.

Ax. 3. — Dans tous les systèmes de référence galiléens les lois physiques sont les mêmes.

D'après (5) et (6) il s'ensuit que

(8) $$a_{11} = a_{22},$$

(9) $$a_{12} = -a_{11} v.$$

On doit avoir dans le système S d'après l'Ax. 2 :

(10) $$x^2 + y^2 + z^2 - c^2 t^2 = 0$$

et aussi d'après l'Ax. 3 dans S'

(11) $$x'^2 + y'^2 + z'^2 - c'^2 t'^2 = 0.$$

Si nous substituons les expressions (1), (2), (3), (4), (8) et (9) dans l'équation (11), nous obtenons

(12) $$x^2(a_{11}^2 - a_{21}^2 c'^2) - 2xt(a_{11}^2 v + a_{11} a_{21} c'^2) - c^2 t^2 \left(a_{11}^2 \frac{c'^2}{c^2} - \frac{a_{11}^2 v^2}{c^2} \right) = 0$$

et aussi avec la comparaison entre (10) et (12) :

(13) $$a_{11}^2 - a_{21}^2 c'^2 = 1,$$

(14) $$a_{11}^2 v + a_{11} a_{21} c'^2 = 0,$$

(15) $$a_{11}^2 \frac{c'^2}{c^2} - \frac{a_{11}^2 v^2}{c^2} = 1.$$

De (14) résulte

(16) $$a_{21} = -\frac{a_{11} v}{c'^2}.$$

Au moyen des formules (13), (15) et (16) on obtient la *relation fondamentale*

(17) $$c = c'.$$

Cela veut dire : *La vitesse de la lumière est indépendante du mouvement des systèmes de référence* S *et* S′. Ainsi nous avons prouvé que le prétendu Principe de la constance de la vitesse de la lumière n'*est pas un axiome indépendant du Principe de la Relativité*, comme on l'a pensé jusqu'à présent, mais qu'au contraire, ce Principe est une conséquence nécessaire de notre système d'axiomes. Des équations (1)-(17) il est facile de déduire les transformations de Lorentz et d'Einstein.

2. Des équations de Maxwell :

$$(18)\qquad \operatorname{rot}\mathfrak{E} = -\frac{1}{c}\frac{\partial\mathfrak{H}}{\partial t};\qquad \operatorname{rot}\mathfrak{H} = \frac{1}{c}\frac{\partial\mathfrak{E}}{\partial t};\qquad \operatorname{div}\mathfrak{E} = 0;\qquad \operatorname{div}\mathfrak{H} = 0,$$

c étant une constante qui pourrait varier quand on change de système de référence, on peut déduire aussi la relation (17). De (18) résulte l'équation de la propagation des ondes dans le système S :

$$(19)\qquad \frac{\partial^2 u_S}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_S}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u_S}{\partial z^2} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 u_S}{\partial t^2} = 0,$$

tandis que dans S′ d'après l'Ax. 3 on doit avoir

$$(20)\qquad \frac{\partial^2 u_{S'}}{\partial x'^2} + \frac{\partial^2 u_{S'}}{\partial y'^2} + \frac{\partial^2 u_{S'}}{\partial z'^2} - \frac{1}{c'^2}\frac{\partial^2 u_{S'}}{\partial t'^2} = 0$$

où $u_S(x, y, z, t)$ resp. $u_{S'}(x', y', z', t')$ signifie une des fonctions E_x, E_y, E_z, H_x, H_y, H_z resp. $E'_{x'}$, $E'_{y'}$, $E'_{z'}$, $H'_{x'}$, $H'_{y'}$, $H'_{z'}$. A cause de l'Ax. 2 de toutes les intégrales particulières de l'équation (19) resp. (20), il ne faut considérer que celles dont la surface d'ondes est la sphère. Une telle intégrale est par exemple :

$$u_S(x, y, z, t) = \frac{A}{R}\cos\omega\left(t - \frac{R}{c}\right),\qquad R = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2},$$

$$\text{resp. } u_{S'}(x', y', z', t') = \frac{A'}{R'}\cos\omega'\left(t' - \frac{R'}{c'}\right),\qquad R' = \sqrt{x'^2 + y'^2 + z'^2},$$

où A resp. A′ est une constante. Ainsi on arrive de nouveau aux équations (10) et (11) dont nous avons déduit la relation (17).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur un type de calcul opératoriel applicable à la théorie des perturbations*. Note de M. **Antoine Visconti**, présentée par M. Louis de Broglie.

Étude des solutions de (1) : $\mathcal{H}(t)\mathcal{U} = i(\partial/\partial t)\mathcal{U}$. [$\mathcal{H}(t)$ opérateur linéaire, borné; $\mathcal{U}(t, t_0)$ un certain opérateur (d'évolution si $\mathcal{H}$ est un hermitien) tel que : $\mathcal{U}(t_0, t_0) = 1$] en supposant qu'on puisse attacher à $\mathcal{H}$ un domaine D_t à l'intérieur duquel (1) soit équivalent à (2) $\mathcal{U}(t, t_0) = \mathbf{1} - i\int_{t_0}^{t}\mathcal{H}(\tau)\,\mathcal{U}(\tau, t_0)\,d\tau$.

1. Cette étude peut commodément se faire par l'introduction d'un produit dyadique d'opérateurs

Définition : $\mathcal{F}(t, \tau)$ étant un opérateur fonction de t et τ, sommable par rapport à chacune de ses variables dans le carré t_0, t; l'opérateur intégral

$$\int_{t_0}^{t} \mathcal{F}(t, \tau)\{\quad\} \qquad \text{avec} \quad t > t_0$$

est tel qu'appliqué à un certain opérateur $V(t)$ jouissant des mêmes propriétés de sommabilité, on ait

$$\int_{t_0}^{t} \mathcal{F}(t, \tau)\{\quad\} V(t) = \int_{t_0}^{t} \mathcal{F}(t, \tau) V(\tau)\, d\tau.$$

Si le noyau ne dépend que de t, on écrira $\int_{t_0}^{t} \mathcal{H}\{\quad\}$ au lieu de $\int_{t_0}^{t} \mathcal{H}(\tau)\{\quad\}$. Ce produit est évidemment associatif et distributif par rapport à l'addition. On peut facilement définir sa $n^{\text{ième}}$ puissance positive entière $\int_{t_0}^{t} \mathcal{F}(t, \tau)\{\quad\}^n$ ($n^{\text{ième}}$ itéré d'une équation intégrale de noyau $\mathcal{F}(t, \tau)$) et par application du lemme de Dirichlet montrer que

$$(3) \quad \int_{t_0}^{t} \mathcal{F}_1(t, \tau)\{\quad\}^n \int_{t_0}^{t} \mathcal{F}_2(t, \tau)\{\quad\} = \int_{t_0}^{t} \mathcal{F}(t, \tau)\{\quad\}, \qquad \mathcal{F}(t, \tau) = \int_{\tau}^{t} \mathcal{F}_1(t, \tau')\{\quad\} \mathcal{F}_2(t, \tau).$$

La propriété d'additivité caractéristique des puissances se vérifie et par définition la puissance o sera l'opérateur $\mathbf{1}$. Remarquons aussi

$$\int_{t_0}^{t} \mathcal{F}(t, \tau)\{\quad\} \mathbf{1} = \int_{t_0}^{t} \mathcal{F}(t, \tau)\, d\tau.$$

Par définition, la dérivée d'un tel opérateur est

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_{t_0}^{t} \mathcal{F}(t, \tau)\{\quad\} = \mathcal{F}(t, t) + \int_{t_0}^{t} \frac{\partial \mathcal{F}(t, \tau)}{\partial t}\{\quad\}$$

et l'on vérifie qu'on trouve bien l'expression de la dérivée d'un produit.

2. Appliquons ces définitions à la solution de (2) par approximations successives, (2) peut s'écrire sous forme dyadique

$$(4) \quad \left\{\mathbf{1} + i \int_{t_0}^{t} \mathcal{H}\{\quad\}\right\} \mathcal{U}(t, t_0) = \mathbf{1} \qquad \text{de sorte que} \quad \mathcal{U}(t, t_0) = \left\{\mathbf{1} + i \int_{t_0}^{t} \mathcal{H}\{\quad\}\right\}^{-1} \mathbf{1},$$

à condition que le développement en série ait un sens : or il en est bien ainsi dans le domaine D_t puisqu'il est facile de voir qu'on obtient ainsi les approximations successives de Picard pour (1). On peut démontrer, par une application du lemme de Dirichlet, le théorème : *Si les produits $\mathcal{F}(t, \tau_n) \ldots \mathcal{F}(\tau_2, \tau_1)$ sont invariants pour toute permutation des variables indépendantes τ, on a*

$$\int_{t_0}^{t} \mathcal{F}(t, \tau)\{\quad\}^n \mathbf{1} = (n\,!)^{-1} \int_{t_0}^{t} d\tau_n \int_{t_0}^{t} d\tau_{n-1} \ldots \int_{t_0}^{t} d\tau_1 \mathcal{F}(t, \tau_n) \ldots \mathcal{F}(\tau_2, \tau_1).$$

Le deuxième membre est, toutes intégrations faites, un opérateur ordinaire fonction de t. Dans le cas où $\mathcal{F}(t, \tau) \equiv \mathcal{H}(t)$, *la condition s'écrit* $[\mathcal{H}(t_m), \mathcal{H}(t_n)] = 0$ *et l'on a*

$$(5)\quad \begin{cases} \mathcal{U}(t, t_0) = \Sigma(-i)^n \int_{t_0}^{t} \mathcal{H}\{\quad\}^n \mathbf{1} \\ \qquad = \Sigma(n!)^{-1}\left(-i\int_{t_0}^{t} \mathcal{H}(\tau)\,d\tau\right)^n = \exp\left[-i\int_{t_0}^{t} \mathcal{H}(\tau)\,d\tau\right]. \end{cases}$$

L'application de la règle sur le calcul de la dérivée permet de montrer que (4) aussi bien que (5) satisfait à (1) (principe des permanences fonctionnelles pour tout prolongement). On peut se proposer à cause de certaines interprétations physiques, de représenter $\mathcal{U}(t, t_0)$ par l'exponentielle (5) même lorsque les $\mathcal{H}$ ne commutent pas, on peut montrer que c'est possible lorsqu'on postule que les opérateurs dans un produit doivent être ordonnés de telle sorte que le temps aille en décroissant vers la droite et que l'approximation d'ordre n s'obtient en décomposant l'intégrale n-uple de (5) en $n\,!$ intégrales (égales) obtenues en décomposant l'intervalle de variation de τ_{n-1} en deux sous-intervalles, celui de τ_{n-2} en trois, les deux premiers coïncidant avec ceux de $\tau_{n-1}, \ldots$, celui de τ_1 en n sous-intervalles, les $n-1$ premiers coïncidant avec ceux de τ_2 : on rejoint ce faisant le « calcul des opérateurs ordonnés » de R. P. Feynman [1].

3. Les règles énoncées permettent également un calcul des perturbations. Utilisant, en effet, la relation (3) avec $\mathcal{F}_1(t, \tau) = \mathcal{H}_1(t)$, $\mathcal{F}_2(t, \tau) = \mathcal{H}_2(t)$. on obtient

$$\left\{\mathbf{1} + i\int_{t_0}^{t} \mathcal{H}_1\{\quad\}\right\}^{-1} \int_{t_0}^{t} \mathcal{H}_2\{\quad\} = \int_{t_0}^{t} \mathcal{U}_1(t, \tau)\,\mathcal{H}_2(\tau)\{\quad\},$$

où

$$\mathcal{U}_1(t, \tau) = \left\{\mathbf{1} + i\int_{\tau_0}^{t} \mathcal{H}_1\{\quad\}\right\}^{-1} \mathbf{1}.$$

Considérons alors $\mathcal{H}(t) = \mathcal{H}_1(t) + \mathcal{H}_2(t)$ avec $\mathcal{H}_2$ terme perturbateur, d'après $(A - B)^{-1} = A^{-1} + A^{-1}BA^{-1} + \ldots$, il vient, tous calculs faits,

$$\mathcal{U}(t, t_0) = \left\{\mathbf{1} + i\int_{t_0}^{t} \mathcal{H}_1\{\quad\} + i\int_{t_0}^{t} \mathcal{H}_2\{\quad\}\right\}\mathbf{1} = \sum(-i)^n \int_{t_0}^{t} \mathcal{U}_1(t, \tau)\,\mathcal{H}_2\{\quad\}^n\, \mathcal{U}_1(t, t_0)$$
$$= \left\{\mathbf{1} + i\int_{t_0}^{t} \mathcal{U}_1(t, \tau)\,\mathcal{H}_2(\tau)\{\quad\}\right\}^{-1} \mathcal{U}_1(t, t_0)$$

inversant l'opérateur entre accolades, on obtient l'équation intégrale d'évolution [2]

$$\mathcal{U}(t, t_0) = \mathcal{U}_1(t, t_0) - i\int_{t_0}^{t} \mathcal{U}_1(t, \tau)\,\mathcal{H}_2(\tau)\,\mathcal{U}(\tau, t_0)\,d\tau.$$

---

(1) *Phys. Rev.*, **84**, 1951, p. 109.
(2) *Journ. Phys.*, **12**, 1951, p. 726.

4. Les transformées de Fourier des opérateurs intégraux sont intéressants pour $\mathcal{F}(t, \tau)=\mathcal{F}(t-\tau)$ ou $\mathcal{H}(t)$. Les opérations se font dans l'espace des images, on obtient $\mathcal{L}\left\{ 1 + i\int_{t_0}^{t} \mathcal{H} \{ \ \ \} \right\}^{-1} = \lambda\{\lambda - \mathcal{H}\}^{-1}$, si $\mathcal{H}$ est indépendant de t.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la théorie relativiste des forces nucléaires.* III. *Corrections relativistes à l'interaction produite par un champ scalaire.* Note de M. **Maurice Lévy**, présentée par M. Louis de Broglie.

On utilise le formalisme décrit dans deux Notes précédentes (¹) pour calculer les corrections relativistes d'ordre v/c et $(v/c)^2$ à l'interaction entre deux nucléons produite par un champ scalaire neutre ou symétriquement chargé.

Nous considérons d'abord les corrections qui ne proviennent pas des créations de paires de nucléons virtuels. Dans ce cas, les amplitudes $a_\lambda^{(0,0)}$ et $a_{11}(\mathbf{p})$, définies par (I, 2) et (II, 4), sont identiques; nous les désignons toutes deux par $a(\mathbf{p})$. Elles obéissent à l'équation

$$(2E_p - W)\, a(\mathbf{p}) = \lambda \int K(\mathbf{p}, \mathbf{p}')\, a(\mathbf{p}')\, d\mathbf{p}', \tag{1}$$

où nous avons posé $\mathbf{p}' = \mathbf{p} + \varkappa$ et

$$K(\mathbf{p}, \mathbf{p}') = \omega_\varkappa^{-2} + K_1(\mathbf{p}, \mathbf{p}'). \tag{2}$$

Le premier terme de (2) correspond au potentiel de Yukawa. A l'approximation non relativiste, où l'on néglige $K_1(\mathbf{p}, \mathbf{p}')$, $a(\mathbf{p})$ est remplacée par $a_0(\mathbf{p})$, λ par λ_0 et l'on a : $g^2/4\pi = 2\pi^2\lambda_0 = 2{,}453(\mu/M)$. La valeur moyenne du moment $p = |\mathbf{p}|$ est telle que $\langle p/M \rangle = \langle v/c \rangle = 0{,}843(\mu/M)$. Les quantités $g^2/4\pi$, $\langle v/c \rangle$, et μ/M sont donc toutes trois du même ordre de grandeur. Le second terme de (2) introduit les corrections qui proviennent :

a. de la partie relativiste des éléments de matrice $\Gamma_{11}^{(r)}$ définis par (II, 3), avec $\mathcal{O}^{(r)} = 1$;

b. des termes qui, dans l'interaction, correspondent au recul des nucléons;

c. des processus d'ordre supérieur faisant intervenir l'échange de plus d'un méson.

Pour un champ scalaire, les éléments de matrice $\Gamma_{ik}^{(r)}$ ont pour valeur

$$\Gamma_{ik}^{(r)}(\mathbf{p}, \mathbf{p}') = \left\{ \frac{[M + E_i(p)][M + E_k(p')]}{4E_i(p)\, E_k(p')} \right\}^{\frac{1}{2}} \times \{1 - \mathbf{R}_i(p).\mathbf{R}_k(p') + i\boldsymbol{\sigma}^{(r)}[\mathbf{R}_i(p) \times \mathbf{R}_k(p')]\}, \tag{3}$$

(¹) M. Lévy, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 815-922. Ces Notes seront désignées dans la suite par I et II.

où nous avons posé : $\mathbf{R}_i(p) = [M + E_i(p)]^{-1} \cdot \mathbf{p}$, et où $\sigma^{(r)}$ désigne le vecteur de spin du nucléon (r). L'équation (3) montre que les corrections qui proviennent de $\Gamma_{11}^{(r)}$ sont de l'ordre de $(v/c)^2$.

Pour calculer la correction λ_1 à la valeur « non relativiste » λ_0 de la constante de couplage ([2]), on utilise la formule

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_0^2} = -\frac{\iint \mathbf{a}_0^*(\mathbf{p})\, K_1(\mathbf{p}, \mathbf{p}')\, \mathbf{a}_0(\mathbf{p}')\, d\mathbf{p}\, d\mathbf{p}'}{\iint \mathbf{a}_0^*(\mathbf{p})\, K_0(\mathbf{p}, \mathbf{p}')\, \mathbf{a}_0(\mathbf{p}')\, d\mathbf{p}\, d\mathbf{p}'}, \tag{4}$$

qu'il est facile d'établir. Si l'on se borne à l'approximation « de l'échelle » de l'équation de B. S., l'expression de $K_1(\mathbf{p}, \mathbf{p}')$ qui contient les corrections d'ordre v/c s'écrit :

$$K_1(\mathbf{p}, \mathbf{p}') = -\frac{E_p + E_{p'} - W}{\omega_\chi^3} + \frac{\lambda_0}{2} \int \frac{d^3 \chi'}{\omega_{\chi'}\, \omega_{\chi-\chi'}^2 (\omega_\chi + \omega_{\chi-\chi'})}. \tag{5}$$

Le premier terme correspond au recul des nucléons ; le second aux processus d'échange simultané de deux mésons ne faisant pas intervenir le croisement des lignes d'univers des mésons. Pour calculer ceux qui font intervenir un tel croisement, il faut utiliser les équations générales (I, 4, 7). Faisant usage du fait que $\mathbf{a}_0(\mathbf{p})$ est solution de (1), avec $K(\mathbf{p}, \mathbf{p}') = \omega_\chi^{-2}$, on trouve que le terme d'interaction qui contient toutes les corrections d'ordre v/c s'écrit maintenant :

$$K_1(\mathbf{p}, \mathbf{p}') = \frac{p'^2 - p^2}{2 M \omega_\chi^3}. \tag{6}$$

Si l'on porte cette expression dans (4), on trouve, en raison de la symétrie des intégrations sur $\mathbf{p}$ et $\mathbf{p}'$: $\lambda_1 = 0$. Ce résultat est très important, car il prouve que l'approximation « de l'échelle », dans l'équation de B. S., n'est pas correcte physiquement. En effet, la solution de l'équation de Schrödinger non relativiste est exacte à $(v/c)^2$ près, tandis que celle de l'équation de B. S. à l'approximation de l'échelle ne l'est qu'à (v/c) près ([3]).

Les corrections relativistes qui proviennent des créations de paires de nucléons virtuels peuvent être calculées à partir de (I, 8) et (II, 9), en utilisant une formule analogue à (4), mais généralisée au cas où les amplitudes possèdent plusieurs composantes $\mathbf{a}_{ij}(\mathbf{p})$. On trouve sans difficulté que le rapport λ_1/λ_0 ainsi obtenu est de l'ordre de $(v/c)^4$ et peut être négligé.

En résumé, les corrections relativistes exactes d'ordre $(v/c)^2$ sont obtenues en considérant, d'une part, les processus d'échange de mésons virtuels inclus

---

([2]) Nous supposons, ce qui est conforme à la situation physique, que l'énergie de l'état fondamental est connue, et que λ est la valeur propre à déterminer.

([3]) Ce résultat est valable aussi en électrodynamique. Il n'est pas valable pour un champ scalaire purement chargé, car les processus qui font intervenir le croisement des lignes d'univers des mésons sont interdits, dans ce cas, par la loi de conservation de la charge.

dans les termes d'interaction Δ_2, Δ_4 et Δ_6 de (I, 7); et d'autre part la partie relativiste des éléments de matrice $\Gamma_{11}^{(r)}$ *dans l'expression de* Δ_2 *seulement*. Ces dernières corrections créent une séparation des états singulets et triplets, qui, par conséquent, est aussi de l'ordre de $(v/c)^2$.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Spectre d'énergie des mésons* μ *provenant de la désintégration des mésons* $\varkappa$. Note de MM. **Louis Michel** et **Raymond Stora**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

Le spectre d'énergie des mésons μ, secondaires des mésons $\varkappa$, est calculé en admettant le schéma de désintégration $\varkappa \to \mu + 2\nu$ et une interaction directe; si l'on choisit la « même » que celle qui donne $\mu \to \varepsilon + 2\nu$, on trouve que $\tau_\varkappa$ est entre 10^{-10} et 10^{-9} s.

Des résultats expérimentaux récents sont en faveur de l'existence dans le rayonnement cosmique d'une nouvelle particule chargée de masse 1200 m_e environ appelée méson $\varkappa$ (1) dont la désintégration spontanée au repos produit un méson μ d'énergie variable; il est donc nécessaire d'admettre l'émission de deux particules neutres pour assurer la conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement : nous admettons ici qu'il s'agit de deux neutrinos, ce qui donne au méson $\varkappa$ un spin demi entier que nous supposons égal à 1/2.

L'hypothèse que la désintégration $\varkappa \to \mu + 2\nu$ est due à une interaction directe entre les quatre fermions, donne pour le spectre d'énergie $P(u)$ (2) du méson μ provenant de la désintégration d'un méson $\varkappa$ isolé (3) au repos $\left[\text{avec la condition } \tau_\varkappa \int_1^{w} P(u)\,du = 1\right]$:

$$\tau_\varkappa P(u) = \frac{u\sqrt{u^2-1}}{A+\eta B}\left[3(w-u) + \frac{2}{3}\rho\left(4u - 3w - \frac{1}{u}\right) + 3\eta\left(\frac{w}{u} - 1\right)\right],$$

où $\tau_\varkappa$ est la vie moyenne du méson $\varkappa$; u est l'énergie réduite du méson μ

(1) O'Ceallaigh, *Phil. Mag.*, **42**, 1951, p. 1032; Crussard, Mabboux, Morellet, Trembley et Orkin-Lecourtois, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 84; Menon et al., à la réunion de Bristol (18 décembre 1951); Levicetti, Communication privée.

(2) Les calculs sont identiques à ceux de la désintégration $\mu \to \varepsilon + 2\nu$; Tiomno et Wheeler, *Rev. Mod. Phys.*, **21**, 1949, p. 144; Michel, *Nature*, Londres, **163**, 1949, p. 959; *Proc. Phys. Soc.*, A **63**, 1950, p. 514 et 1371.

Il suffit de changer les valeurs des masses dans les spectres obtenus par Michel. Dans le cas $\mu \to \varepsilon + 2\nu$, les coefficients du paramètre η sont négligeables.

(3) Les effets dus à ce que : *a* les mésons $\varkappa^-$ sont sur des orbites de Bohr des noyaux et *b*. qu'un photon peut être émis dans l'accélération de la charge électrique passant de $\varkappa$ à μ sont négligeables. Ils sont inférieurs aux effets correspondants pour $\mu \to \varepsilon + 2\nu$, effets qui ont été calculés par : *a*. Porter et Primakoff, *Phys. Rev.*, **83**, 1951, p. 849; *b*. Abragam et Horowitz, *J. Phys. Rad.*, **12**, 1951, p. 952.

avec $1 \leqq u \leqq w = (\varkappa^2 + \mu^2)/2\mu\varkappa$; $\varkappa$, μ, masses des mésons correspondants;

$$A = \frac{1}{8}\left[(2w^2 - 5)\,w\sqrt{w^2 - 1} + 3\,\mathrm{Log}\left(w + \sqrt{w^2 - 1}\right)\right];$$

$$B = \frac{1}{2}\left[(w^2 + 2)\sqrt{w^2 - 1} - 3\,w\,\mathrm{Log}\left(w + \sqrt{w^2 - 1}\right)\right];$$

ρ et η étant deux paramètres, fonctions seulement des constantes de couplage.

Deux cas sont à distinguer :

Premier cas. — Les deux neutrinos émis sont discernables (par exemple par le signe de leur moment magnétique). Alors $0 \leqq \rho \leqq 1$, et pour $0 \leqq \rho \leqq (3/4)$, $(2/3)\rho - 1 \leqq \eta \leqq 1 - (2/3)\rho$, pour $(3/4) \leqq \rho \leqq 1$, $2(\rho - 1) \leqq \eta \leqq 2(1 - \rho)$.

Deuxième cas. — Les deux neutrinos émis sont identiques : ils sont soit deux particules ou deux antiparticules de la théorie des trous de Dirac, ou bien ils sont décrits par la théorie de Majorana suivant laquelle tous les neutrinos sont identiques.

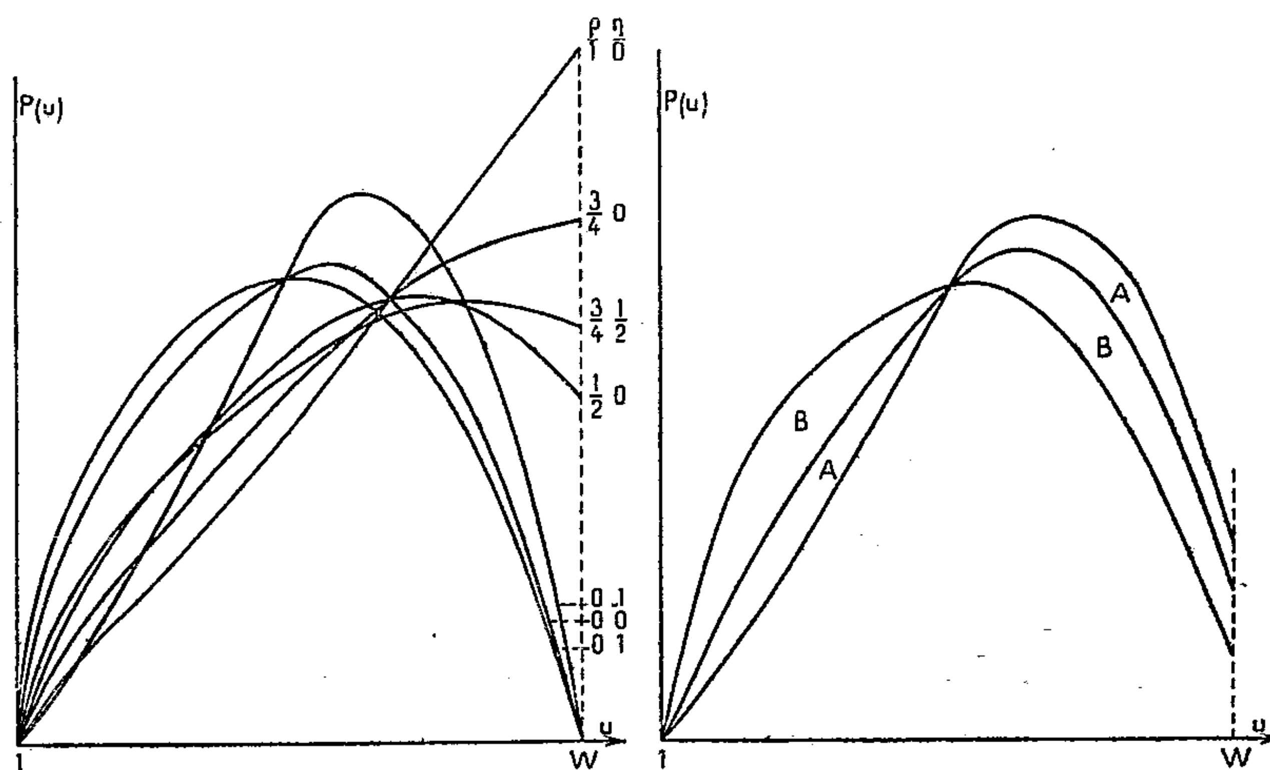


Fig. 1.

Fig. 2.

Alors $0 \leqq \rho \leqq (3/4)$ et $2\rho - 1 \leqq \eta \leqq 1 - (2/3)\rho$.

Des exemples de tels spectres sont trouvés sur la figure 1, où les valeurs correspondantes de ρ et η sont indiquées.

En admettant de plus que la « même » (4) interaction directe est responsable

(4) Une « même » interaction directe ne peut être définie pour deux ensembles différents de quatre fermions que si l'on admet une correspondance biunivoque entre les particules de ces deux ensembles. Il est cependant pratiquement suffisant de se fixer une correspondance entre paires de particules. *Voir* référence (2), ainsi que Michel : communication au Congrès de Copenhague, juillet 1951, sous presse au *Phys. Rev.* La correspondance $(\varkappa, \nu) \rightleftharpoons (\mu, \nu) \rightleftharpoons (\varepsilon, \nu)$ est admise ici.

des désintégrations $\varkappa \rightarrow \mu + 2\nu$ et $\mu \rightarrow \varepsilon + 2\nu$, on déduit à partir de $\tau_{\mu} = 2,15.10^{-6}$ s, les limites suivantes pour $\tau_{\varkappa}$ en fonction de η :

$\varkappa$ (m_0).	1 080.	1 200.	1 320.
$\eta = 1$	$4,6\ 10^{-10}$ s	$3,0\ 10^{-10}$ s	$1,4\ 10^{-10}$ s
$\eta = 0$	7,2 »	4,6 »	2.1 »
$\eta = -1$	16,8 »	10,0 »	4,1 »

A partir de la valeur expérimentale (0,20) de ρ [5], obtenue pour la désintégration du méson μ et qui est la même ici, les courbes des spectres correspondants pour $\varkappa \rightarrow \mu + 2\nu$ passent toutes par un même point, et sont comprises entre deux courbes limites tracées sur la figure 2. Dans le premier cas (neutrinos discernables), l'ensemble des spectres possibles couvre l'aire A + B; dans le deuxième cas, l'aire B seulement. L'étude expérimentale de ce spectre fournira donc un test assez sensible pour les hypothèses faites dans cette Note.

En admettant la « même » interaction pour la désintégration $\varkappa \rightarrow \varepsilon + 2\nu$, les valeurs de $\tau_{\varkappa \rightarrow \varepsilon}$ correspondant aux masses choisies pour $\varkappa$, sont respectivement 6,3; 3,7 et $2,3.10^{-10}$ sec. Cela rend plausible une compétition entre les désintégrations $\varkappa \rightarrow \mu + 2\nu$ et $\varkappa \rightarrow \varepsilon + 2\nu$.

ACOUSTIQUE. — *Jets gazeux sensibles aux infrasons.*

Note de M. **Maurice Dubois**, présentée par M. Eugène Darmois.

La très vive réaction des « jets sensibles » aux fréquences élevées (sifflements, bruits de clés, etc.) a attiré longtemps l'attention des chercheurs et beaucoup ne se sont pas écartés du domaine des sons aigus.

Dans un récent travail [1], nous nous sommes efforcé d'établir les relations entre les diverses variables (diamètre de l'orifice, vitesse du jet, fréquence du son) pour des jets d'air issus de tubes cylindriques, puis pour d'autres gaz, et ceci en étendant le domaine le plus possible jusqu'aux ultrasons. Des jets lents se sont révélés sensibles aux fréquences les plus basses des sons audibles : 60 ou même moins.

Nous recherchons maintenant des jets sensibles aux infrasons. Les conclusions acquises imposent le choix suivant : gaz à faible vitesse critique d'écoulement, tube assez gros (3 à 4 mm de diamètre), pression très faible, de manière à avoir une vitesse de sortie sensiblement inférieure à la vitesse critique.

---

(5) Lagarrigue et Peyrou, *J. Phys. Rad.*, 12, 1951, p. 848 ($\rho = 0,19 \pm 0,12$); Bramson, Communication privée ($\rho = 0,22 \pm 0,13$).

(1) M. Dubois, *Publ. scient. et techn. Minist. Air*, n° 249, 1951.

Le butane convient particulièrement en raison de sa faible viscosité cinématique et les jets suivants se sont montrés satisfaisants dans les conditions ci-dessous :

Diamètre (mm).	Vitesse de sortie (cm : s).	Fréquence de vibration.
3,23-3,88	30 à 50	5 à 10

Nous ferons toutefois quelques remarques relativement à ces jets :

1° Ces jets peu rapides sont fortement troublés par les courants d'air, mêmes faibles. Il est utile de les protéger par un manchon de verre de quelques centimètres de diamètre, à la condition que l'orifice du jet ne soit pas enfermé dans le manchon, pour ne pas être soustrait à l'onde incidente.

2° On observe à l'œil nu les mêmes déformations du jet que l'on observe en stroboscopie pour les jets sensibles au son. En effet, pour ces faibles fréquences, la permanence des impressions lumineuses ne joue plus et l'on observe le phénomène dans son détail. Le panache caractéristique n'apparaît plus touffu et massif : c'est une divergence progressive du jet dentelé.

3° L'effet ne paraît plus instantané : au début de l'émission d'onde, on peut suivre les déformations allant de l'orifice au panache.

4° Ces aspects assez différents du « jet sensible » traditionnel pouvaient faire croire à un phénomène distinct, mais l'étude suivie dans tout le domaine audible assure qu'ils sont de même nature.

En pratique, pour la détection des infrasons, les dispositifs habituels (²) (flamme de gaz issue d'un grand réservoir sous faible pression) restent plus sensibles.

ÉLECTRICITÉ. — *Un générateur de fluctuations électriques de caractère unipolaire*. Note de M. **Gérard Wlérick**, présentée par M. André Danjon.

J'ai observé que l'effet Bernamont d'une couche mince semi-conductrice peut être dissymétrique dans des cas où les autres propriétés électriques sont symétriques. La Thermodynamique ne s'y oppose pas. J'ai réussi à reproduire et à étudier des couches présentant cette propriété.

Johnson et Nyquist (¹) ont montré qu'un conducteur *quelconque* est le siège d'une f. é. m. de fluctuation dont la composante spectrale $\bar{e}_\nu^2$, pour la fréquence ν, est

$$\bar{e}_\nu^2 = 4k\mathrm{RT}, \qquad (1)$$

(²) E. Esclangon, *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 181.

(¹) *Phys. Rev.*, **32**, 1928, p. 97-112.

k, constante de Boltzmann; R, résistance électrique du conducteur; T, température absolue.

Bernamont [2] et de nombreux auteurs [3] ont mesuré dans les résistances semi-conductrices parcourues par un courant i une tension de fluctuation supplémentaire qu'ils expriment sous la forme

$$\bar{e}_\nu^2 \propto \frac{i^m}{\nu^n}, \tag{2}$$

les valeurs de m étant dispersées autour de 2, tandis que n est très voisin de 1 dans la gamme des basses fréquences (par exemple 10 c:s à 10 000 c:s).

J'ai étudié cet effet dans les couches minces, microcristallines et photoconductrices de PbS préparées au laboratoire [4]. Comme Harris, Abson et Roberts [5], j'ai vérifié la formule (2).

Pour certaines couches, l'effet n'était mesurable qu'en intégrant les fluctuations dans une bande large. Avec $\nu_1 = 150$ c:s, $\nu_2 = 6\,000$ c:s, j'ai mesuré

$$\bar{E}^2 = \int_{150}^{6000} \bar{e}_\nu^2 \, d\nu.$$

J'ai observé que l'effet peut être unipolaire. *Pour certaines couches, ayant des propriétés électriques symétriques, suivant la loi d'Ohm, non photovoltaïques, la grandeur de la fluctuation dépend non seulement de la grandeur du courant, mais de son sens.* Ces couches ont un taux de fluctuation normal. La figure 1 représente, en fonction de la tension appliquée, la fluctuation $\sqrt{\bar{E}^2}$ d'une couche préparée par voie chimique. En l'absence de tension on a la fluctuation théorique. La dissymétrie apparaît avec le courant. On a dans ce cas $m = 1,7$ pour les deux polarités et le rapport des énergies de fluctuation est égal à 2 quand on inverse la tension.

Y a-t-il contradiction avec les principes de la Thermodynamique? Non. Il ne s'agit pas ici d'une fluctuation d'énergie libre comme celle qui provoque l'effet Johnson-Nyquist, mais de la fluctuation de l'énergie empruntée à la source de tension par la résistance. Or la source de tension fournit l'énergie calorifique et par suite l'énergie de fluctuation *à la demande*. Cette dernière peut donc varier quand on renverse le sens du courant, même si la résistance est symétrique.

J'ai réussi à créer cette unipolarité de la fluctuation, en particulier avec des électrodes dissymétriques. La figure 2 montre une couche à trois électrodes :

---

(2) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1755 et 2144.

(3) On trouve une bonne bibliographie dans l'article de CAMPBELL et CHIPMAN, *Proc. Inst. Rad. Eng.*, 37, 1919, p. 938.

(4) *Diplôme d'Études supérieures*, Paris, 1949.

(5) *T. R. E. Report*, (Angleterre), 1946, NO.T.2051.

les électrodes 1-3 sont symétriques, les électrodes 1-2 et 2-3 sont dissymétriques. Avec les trois systèmes, la couche suit la loi d'Ohm. Avec 1-3, la fluctuation est symétrique; avec 1-2 (et de même 2-3), elle est dissymétrique

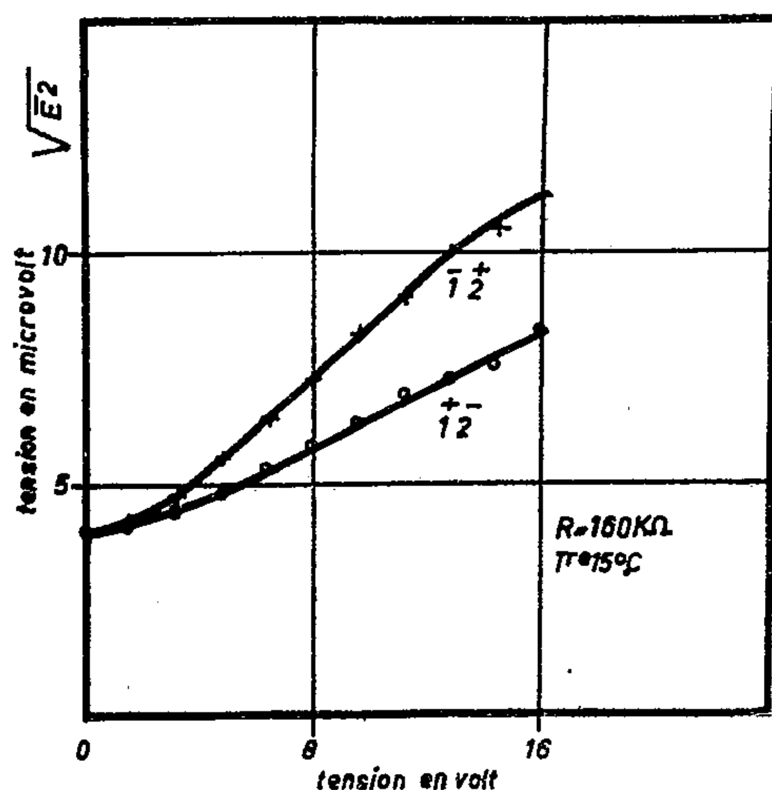


Fig. 1.

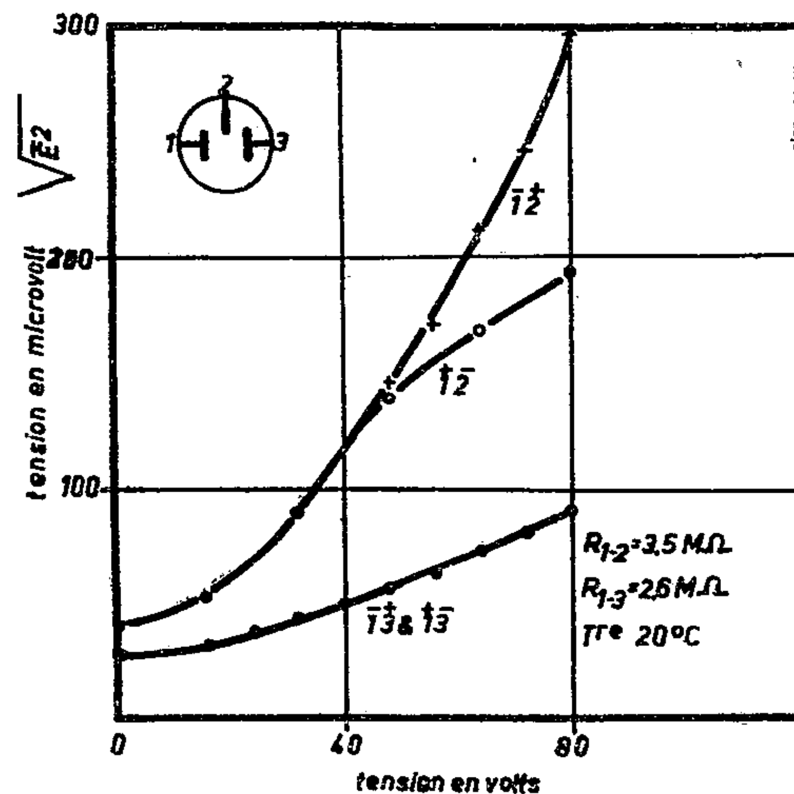


Fig. 2.

surtout à partir d'une certaine tension. Donc, pour cette couche, les fluctuations comprennent au moins deux composantes dont une dissymétrique. Cette dernière a très probablement sa source au contact couche-électrode dont l'importance est ainsi soulignée.

Je note enfin la sensibilité des phénomènes de fluctuation qui révèlent des dissymétries assez fines pour passer inaperçues par d'autres méthodes telles que les mesures de la conductibilité et de la photoconductibilité.

ÉLECTRICITÉ. — *Fonctionnement d'une lampe à cathode creuse à refroidissement par eau, travaillant en atmosphère d'hélium.* Note (*) de MM. **Jean Roig** et **Maurice Bécart**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous donnons le réseau des caractéristiques de la lampe; le dégazage de la cathode les modifie très nettement.

1. La cathode (1) est un cylindre plein en aluminium, percé d'un trou axial de 4 mm de diamètre et 15 mm de profondeur. Pour des pressions de l'ordre du millimètre, la décharge, très brillante, se rassemble sur le trou cathodique. L'atmosphère est constamment régénérée par une circulation de gaz; les

(*) Séance du 10 mars 1952.

(1) Schüler et Gollnow, *Z. Physik.*, 93, 1935, p. 611; Kopferman, *Kernmomente*, Leipzig, 1940, p. 89; Newbound et Fish, *Canad J. Phys.*, 29, 1951, p. 357.

impuretés, brûlées dans un four à CuO se condensent dans des pièges à air liquide. Si l'on place à l'intérieur de la cathode, des traces d'un sel métallique, la pulvérisation cathodique fait apparaître des raies intenses du métal dans la lumière émise.

Nous avons travaillé en *atmosphère d'hélium, sans métal additionnel*, et avec une cathode d'aluminium, qui ne subit pas la pulvérisation. Nous n'avons pu éviter des traces de mercure dans le spectre.

2. La lampe est alimentée par un transformateur à point milieu ($V_{eff} = 2800$ V). Les deux alternances, redressées par des valves VH 600, chargent un condensateur de 2 µF. Une résistance R en série avec la lampe évite la production d'arcs.

I, courant continu dans la lampe; V', tension continue à la sortie de l'alimentation; V, tension aux bornes de la lampe (V est une fonction de I et de p, pression du gaz).

V' dépend de I ([2]); pour un large domaine d'intensité.

$$(1) \qquad V' = V_0 - \rho I, \qquad V_0 = 2500 \text{ V}, \qquad \rho = 21400\,\Omega \quad (\textit{fig. } 1).$$

La relation (1) caractérise le fonctionnement du redresseur, elle est seulement approchée : ainsi V_0 est inférieur à la tension de crête; (1) donne des valeurs de V' trop faibles pour I voisin de zéro ou I supérieur à 100 mA; on a d'autre part :

$$(2) \qquad V = V' - RI = V_0 - (\rho + R)I.$$

A R constant et p variable, le diagramme $V = f(I)$ donne un réseau de droites concourant au point $I = 0$, $V = V_0$ (*fig.* 1). Les droites tracées sur la figure ont été calculées d'après les valeurs mesurées pour R.

D'autre part les courbes isobares ($p =$ const., R variable) constituent un réseau de droites sensiblement parallèles, dans le domaine de pression où la décharge reste rassemblée (*fig.* 2).

$$(3) \qquad V = a + bI \qquad \text{(isobare)},$$

b est pratiquement constant pour l'hélium et voisin ici de 1000 Ω, a est une fonction de p.

3. La figure 3 donne les valeurs de $V = f(p)$ pour $I = 50$ mA; l'allure de la courbe change brusquement pour $p = 2,5$ mm.

La cathode avait travaillé 1 heure avant les mesures; les isobares ont été tracées par pressions décroissantes. Pour $p < 2,5$ mm, c'est-à-dire à des

([2]) SURUGUE, *Techn. générales du labo. de Phys.*, 1, Paris, 1947, p. 403.

tensions élevées, le bombardement ionique produit un dégazage énergique de la cathode; l'atmosphère de la lampe au voisinage de la cathode est modifiée, la chute de potentiel cathodique est plus faible que pour l'hélium pur. Par contre la résistance interne de la lampe (coefficient b) dépend peu de la pression d'hélium et du dégazage.

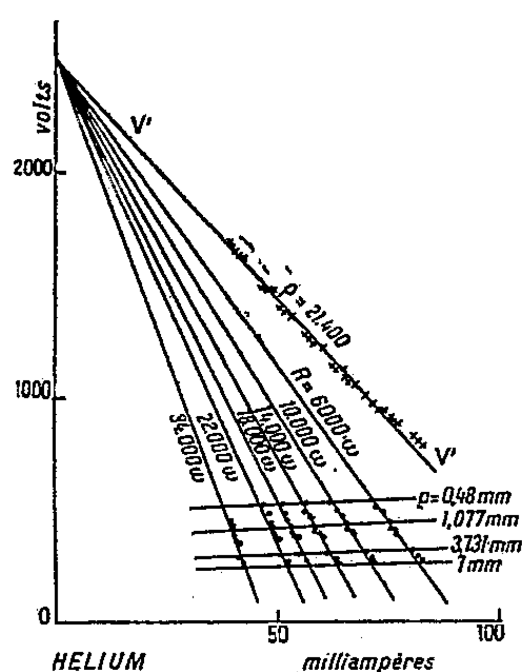


Fig. 1.

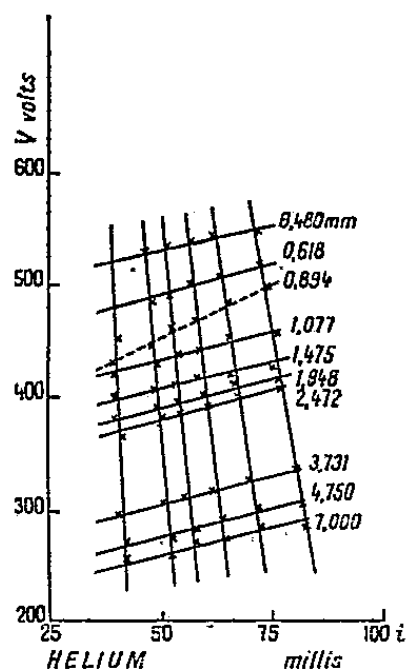


Fig. 2.

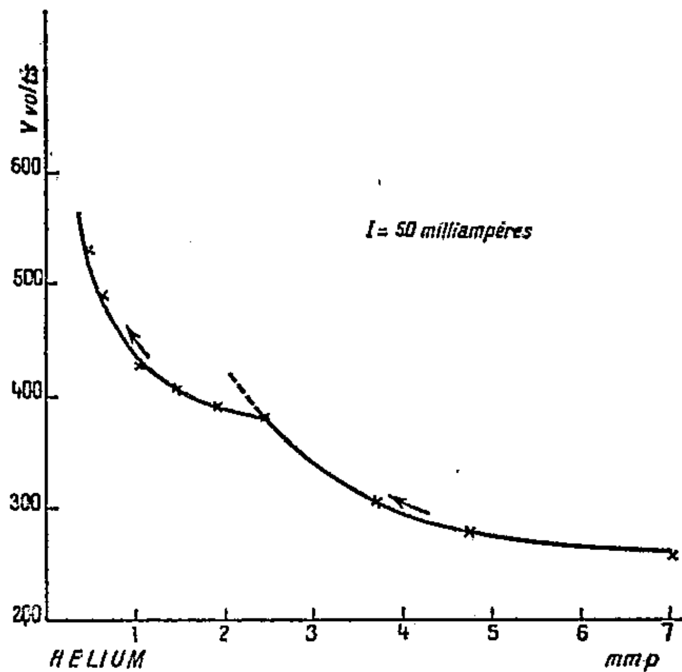


Fig. 3.

La courbe $p = 0,894$ mm est aberrante; vraisemblablement un dégazage plus important a fait varier le paramètre a pendant la variation de I. On se place systématiquement dans ces domaines de fonctionnement pour exciter les spectres de sels métalliques placés dans la cathode.

4. Nous avons confirmé ces résultats en étudiant $V = f(p)$ pour $R = 6\,000\,\Omega$. Quand on opère par pressions décroissantes, on a une courbe analogue à la figure 3; aux basses pressions le dégazage est très énergique et, par suite, la courbe de retour, par pressions croissantes, est au-dessous de la courbe d'aller et présente une variation plus régulière. Après un fonctionnement prolongé à une pression aussi basse que le permet la concentration de la décharge, les courbes d'aller et retour coïncident et ne présentent plus l'anomalie observée sur la courbe 3.

Toutes les mesures ont été faites pour la décharge rassemblée; il n'y a pas discontinuité pour V et I quand la décharge saute hors du trou cathodique (faibles et fortes pressions). Toutefois si V atteint la tension de crête de l'alimentation, la lampe s'éteint brusquement.

Nous donnerons ultérieurement les résultats légèrement différents obtenus avec l'air et l'argon.

MAGNÉTISME. — *Sur l'étude en fonction de la température de rubans minces en mumétal soumis à des champs alternatifs faibles.* Note de MM. **Claude Abgrall** et **Israël Epelboin**, présentée par M. Eugène Darmois.

Les calculs des courants de Foucault appliqués à une substance magnétique continue et homogène ne rendent compte que d'une partie des pertes observées expérimentalement; on a $\rho/\rho_a > 1$ (ρ, résistivité mesurée directement; ρ_a résistivité déduite de la mesure des pertes). Le but de cette Note est d'étudier l'anomalie ρ/ρ_a en fonction de la température dans le cas de rubans minces en mumétal au molybdène recuits à 1100°.

Pour certains rubans de mumétal relativement épais (quelques dixièmes de millimètre), ρ/ρ_a ne dépasse guère 1,6 et peut être expliqué en grande partie par une variation de la perméabilité dans l'épaisseur du ruban; cette variation a été appelée texture magnétique macroscopique et elle est assimilable à une fonction continue $\mu(x)$. Mais au-dessous d'une certaine épaisseur (quelques centièmes de millimètre), nous avons trouvé que ρ/ρ_a augmente dans de grandes proportions quel que soit le procédé d'amincissement du ruban; par exemple, dans le cas d'un ruban laminé de 3 μ, on a observé $\rho/\rho_a = 18$ et il en est de même si l'on utilise le polissage électrolytique. Le tableau I indique les résultats relatifs à un même ruban aminci par des polissages électrolytiques successifs après le traitement thermique. L'augmentation très grande de ρ/ρ_a montre que la structure magnétique dans l'épaisseur du ruban se modifie à mesure qu'on l'amincit et ceci se traduit d'ailleurs par un léger accroissement de ρ.

Tableau I.

$2e(\mu)$....	42	24,7	21	17,7	14	11
a........	15 900	15 300	15 400	15 600	16 200	15 200
$\frac{\rho}{\rho_a}$........	1,28	1,74	2,06	2,42	3,11	4,9

Cependant, les accroissements considérables de ρ/ρ_a ne sont pas accompagnés de variations notables de la constante de traînage de Jordan. L'ordre de grandeur de ρ/ρ_a écarte la possibilité d'assimiler la texture à une fonction continue; en effet, la contribution à ρ/ρ_a d'une texture macroscopique $\mu(x)$ serait

$$\frac{\rho}{\rho_a} = \frac{3}{e^3 \mu_m^2(e)} \int_0^e \mu_m^2(x) x^2 \, dx$$

[$2e$, épaisseur du ruban; $\mu_m(x)$, perméabilité moyenne dans l'épaisseur $2x$]. Pour des épaisseurs de l'ordre de 10 μ, une fonction continue n'est alors plus compatible avec la structure des domaines élémentaires étant donné les valeurs expérimentales de ρ/ρ_a. Par exemple pour la texture proposée par

K. Polivanov et vérifiée pour des rubans épais (1) $\mu(x) = \mu_0(1 + x/e)^{-2}$, $t > 0$, on a $\rho/\rho_a < 3$. Pour $t = 100$, $\rho/\rho_a = 2,81$ et $\mu(x)/\mu_0 = 1/2$, soit $x = 2.10^{-2}\ \mu$ si $2e = 10\ \mu$: cela correspond à des dimensions inférieures à l'épaisseur des parois de Bloch et il est nécessaire de tenir compte de l'effet démagnétisant de la surface [texture de forme, indiquée dans une précédente Note (2)].

Pour départager l'influence du traînage magnétique et de la texture de forme, nous avons étudié les rubans dans un large domaine de température. Nous donnons ici deux résultats expérimentaux obtenus par l'un de nous (3) et exprimés à l'aide de perméabilités effectives $\mu_1 - j\mu_2 = |\mu| e^{-j\alpha}$.

1° *Ruban d'épaisseur* 10 μ *obtenu par amincissement électrolytique* d'un ruban laminé de 50 μ et recuit par la suite (perméabilité initiale à 20° : 2 000 à 3 600. Le noyau du type self-inductance travaillant en impulsion en H. F. d'un poids de 20 mg (4) comporte plusieurs spires de ruban. La loi de Rayleigh $\mu_a = a + 2bH_1$ et la relation potentielle $b = ka^m$ sont vérifiées (pour un échantillon, on a $b = a^{1,4}/120$ entre — 150° et + 20°). L'anomalie ρ/ρ_a, relativement importante (ne dépassant pas 2,6), varie peu avec la température : elle augmente à peine de 15 % entre — 170° et + 150°, tandis que a augmente de 100 % et plus. Les courbes faisant intervenir $\operatorname{tg}\alpha$, μ_1/a, μ_2/a conservent la même allure dans tout l'intervalle de température, allure différente de celle prédite par la théorie classique : par exemple, celle-ci ne permet la linéarité de $\operatorname{tg}\alpha$ en fonction de la fréquence que jusque $\operatorname{tg}\alpha = 0,4$, alors qu'on l'observe encore pour $\operatorname{tg}\alpha = 0,8$.

2° *Ruban laminé, de* 59 μ *d'épaisseur*, obtenu à partir de produits particulièrement purs, recuit comme précédemment ($a = 15\,000$). Le noyau comporte une seule spire.

L'anomalie ρ/ρ_a est peu importante (inférieure à 1,3) et varie peu avec la température (tableau II). On observe les particularités suivantes : *a*. les courbes μ_1/a, μ_2/a en fonction de la fréquence correspondant à des températures échelonnées entre + 15° et — 100° sont différentes alors que ρ/ρ_a conserve la même valeur; *b*. à — 126°, ρ/ρ_a prend une valeur qui s'écarte de façon non négligeable (7 %) de la valeur déduite par continuité des autres températures.

TABLEAU II.

t(°C)....	+ 15°	— 53°	— 98°	— 126°	— 160°	— 180°
a........	13 100	8 040	5 850	5 050	4 200	3 500
$\frac{\rho}{\rho_a}$........	1,29	1,29	1,29	1,21	1,25	1,27

(1) I. EPELBOIN et A. MARAIS, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1110.

(2) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 358.

(3) C. ABGRALL, *Diplôme d'Études supérieures*, Paris, novembre 1951.

(4) *Rev. du Nickel*, n° 1, 1952, p. 11.

Il sera montré par ailleurs que ces particularités pourraient être attribuées à l'accroissement de l'énergie magnétocristalline aux basses températures, car elle modifie la durée de stabilisation de la diffusion par l'intermédiaire de couplages magnétocristallins (5).

Les courbes $\mu(t)/\mu(t_0)$ (t_0 fixe) relevées pour plusieurs épaisseurs d'un même anneau aminci électrolytiquement ne sont pas superposables. Pour modifier considérablement la durée de stabilisation de la diffusion, nous avons soumis l'échantillon à un cycle de température entre — 180° et + 20°; la perméabilité diminue de l'ordre de 15 % pour croître ensuite lentement à température constante (— 110°). Ceci est indépendant de l'anisotropie magnétique qui crée la texture de forme puisque le phénomène subsiste une fois les 2/3 de l'épaisseur du ruban enlevée; quant à l'anisotropie de tension, sa contribution semble négligeable, car le ruban étudié a une magnétostriction très faible. La résistivité donne lieu à des phénomènes analogues.

MAGNÉTISME. — *Étude thermomagnétique des amidosulfonates de nickel, de cobalt et de fer : ions divalents.* Note de MM. **Nicolas Perakis** et **Triphon Karantassis**, présentée par M. Gaston Dupouy.

I. Dans les sels étudiés jusqu'ici les moments magnétiques des ions Ni^{II}, Co^{II} et Fe^{II} sont supérieurs aux moments théoriques de spin. La participation de l'orbite au moment est loin d'être négligeable.

On obtient, au contraire, pour les trois ions, surtout pour Ni^{II} et Fe^{II}, des moments peu différents des moments théoriques de spin en utilisant l'amidosulfonate $[NH_2SO_3]M$. Ces composés, que l'on peut obtenir très purs, sont très stables à la température ordinaire.

II. Pour les mesures magnétiques, on a utilisé la méthode d'attraction dans un champ non uniforme. On a pris SO_4Ni, $SO_4(NH_4)_2$, $6H_2O$ comme substance étalon, avec $\chi.10^6 = 10,8$ à 20°C. L'intervalle de température exploré s'étend de la température ordinaire à celle de l'azote liquide.

Le diamagnétisme du reste de la molécule, χ_R, a été déduit de l'étude de $NH_2SO_3K = 135,2$, pour lequel on a trouvé un coefficient d'aimantation $\chi = -0,40_0.10^{-6}$. D'où $\chi_M = -54,1.10^{-6}$, et, en posant (1) $\chi_{K^+} = -16,5.10^{-6}$, $\chi_R = -2 \times 37,6.10^{-6} = -75,2.10^{-6}$.

Le tableau ci-après traduit les résultats de l'étude thermomagnétique des amidosulfonates de nickel, de cobalt et de fer.

(5) L. Néel, *Le traînage magnétique*, (XXVIIe *Colloque C. N. R. S.*, Grenoble, 1950).

(1) P. Weiss, *J. de Physique*, 1930, 1, p. 185.

Substance.	T.	$\chi_M \cdot 10^6$.	θ.	C_A.	p_m.	p_s.
$[NH_2SO_3]_2Ni$=250,9...	289,2	3 256	0	0,964	2,79	2,83
	274,4	3 419				
	250	3 806				
	210	4 515				
	84	11 419				
$[NH_2SO_3]_2Co$=251,1...	290,0	8 113	−16	2,505	4,49	3,87
	288,0	8 144				
	274,4	8 563				
	204	11 421				
	84	24 744				
$[NH_2SO_3]_2Fe$=248,0...	291,3	9 156	−4	2,729	4,69	4,90
	288,8	9 270				
	273,6	9 724				
	252	10 488				
	209	12 856				
	84	30 955				

T température en degrés absolus, χ_M coefficient d'aimantation moléculaire non corrigé, θ point de Curie, C_A constante de Curie atomique, p_m moment mesuré et p_s moment théorique de spin, exprimés en magnétons de Bohr.

3. La différence entre les moments dans les sels étudiés jusqu'ici (en général simples) d'une part, les amidosulfonates, d'autre part, voisine de 0,5 μ_B, paraît trop faible pour résulter de la présence de liaison de coordination dans les amidosulfonates. Cette diminution du moment peut seulement signifier que le couplage orbite-spin est détruit et que le moment orbital est bloqué. Dans le composé du cobalt l'orbite ne serait pas bloquée de façon complète, le moment observé étant de 14 % supérieur au moment théorique de spin (constante de Curie déterminée à 1 % près).

Par contre, les moments observés dans les composés du nickel et du fer (constantes de Curie déterminées à 6 et 9 millièmes près respectivement) sont légèrement inférieurs aux moments de spin. La différence avec ce dernier, de 4 % environ, dépasse nettement les erreurs d'expérience.

Un déficit de moment comparable à celui qui se manifeste ici à été signalé à diverses reprises pour des composés anhydres. Par exemple, les moments ioniques du manganèse dans $MnCl_2$ et du fer dans $FeCl_3$ ont pour valeur 5,78, alors que le nombre théorique est 5,92. Dans les mêmes chlorures hydratés ou dissous, on retrouve une valeur très voisine du nombre théorique [2].

Si l'effet observé résulte réellement du blocage des orbites, il décèle, l'existence de champs cristallins très marqués dans les amidosulfonates, et l'on peut s'attendre à des anisotropies magnétiques dans ces composés.

---

[2] A. LALLEMAND, *Thèse*, Strasbourg, 1934 et *Ann. de Phys.*, 3, 1935, p. 97.

PIÉZOÉLECTRICITÉ. — *Une mesure simple des caractéristiques d'un cristal de quartz.* Note de M. **Jean Coulon**, présentée par M. Camille Gutton.

La méthode proposée par l'auteur, ramène les mesures au tracé de la courbe de dérive d'un oscillateur par rapport à une fréquence fixe, à celui d'une courbe de tension, à une mesure de capacité et une mesure d'impédance.
Les diverses opérations se font simplement avec du matériel courant.

Considérons l'oscillateur Pierce représenté sur la figure 1. Le cristal de quartz a été représenté par son schéma électrique équivalent.

Nous avons montré par ailleurs ([1]), ([2]) que pour un quartz résonnant à la fréquence f_0, on était, dans une certaine mesure, maître de la fréquence de l'oscillateur. Celle-ci varie autour de la pseudorésonance, dont la fréquence est la moyenne arithmétique entre les fréquences de résonance et d'antirésonance. L'organe de commande de fréquence est la capacité variable C_3.

Si l'on effectue un battement entre un tel oscillateur et un oscillateur fixe stable, quelconque *a priori*, on peut tracer une courbe de dérive de fréquence, en fonction de la capacité C_3.

Soient Δf_1, Δf_2, Δf_3 les dérives pour trois valeurs C_{3_1}, C_{3_2}, C_{3_3} de la capacité C_3 et f_1, f_2, f_3 les dérives correspondantes, par rapport à la résonance propre du quartz. En posant :

$$\Delta f_2 - \Delta f_1 = \varphi_2, \qquad \Delta f_3 - \Delta f_1 = \varphi_3$$

on a

$$f_2 = f_1 - \varphi_2, \qquad f_3 = f_1 - \varphi_3.$$

Or l'étude analytique de l'oscillateur montre que la dérive de fréquence par rapport à la résonance, s'exprime par une expression de la forme :

$$f = \frac{f_0 \theta C_1}{2C_3 + 2\theta C_0}, \tag{1}$$

θ étant un coefficient dû à la présence de la lampe. L'examen de l'expression précédente permet de calculer tout d'abord :

$$f_1 = \frac{\varphi_2 \varphi_3 (C_{3_3} - C_{3_1})}{\varphi_3 (C_{3_2} - C_{3_1}) - \varphi_2 (C_{3_3} - C_{3_1})} \tag{2}$$

et de vérifier que la courbe de dérive que l'on tracerait par le calcul, diffère très peu de celle relevée directement, ce qui constitue une justification de la méthode.

([1]) J. Coulon, *Thèse Ingénieur-Docteur*, Faculté des Sciences de Toulouse, 1948, p. 10.

([2]) J. Coulon, *Conférence au Congrès de Radioélectricité de la Société des Radioélectriciens* (non publiée).

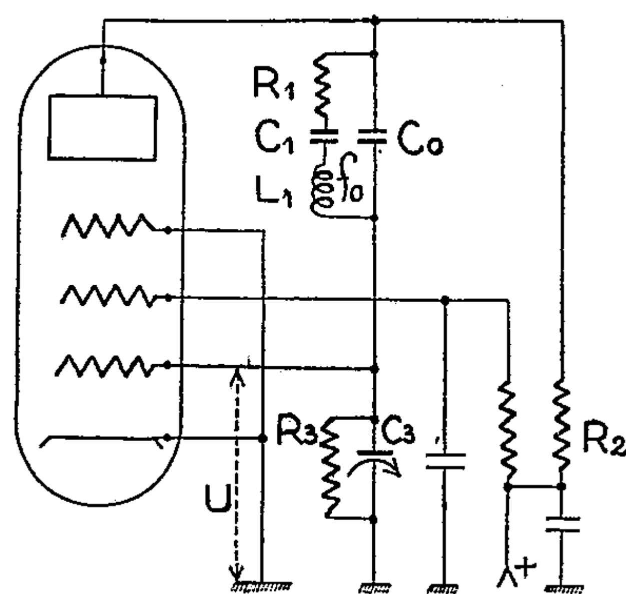
Si l'on cherche analytiquement l'expression qui donne la valeur de la tension U, on trouve l'expression :

(3)
$$u = -\frac{A}{C_3} \cdot \frac{1}{\frac{1}{\delta_0^2} - \left(\frac{1}{C_0} + \frac{1}{C_3}\right) e^{j(\omega_0 + \Delta\omega)t}}$$

dans laquelle $\Delta\omega = 2\pi f$, A est une constante, et σ_0^2 est le nombre que nous avons déjà utilisé ([3]), tel que

$$1 - L_1 C_1 \omega^2 = \frac{1}{r}(\sigma_0^2 - 1),$$

avec $r C_1 = C_0$, C_0 étant la capacité interarmatures y compris les capacités parasites dues au montage.



On montre que la tension est une fonction de la dérive, et que la combinaison des relations (I) et (III) permet de calculer

(IV)
$$r = \frac{f_0[C_{3_2} f_2 - C_{3_1} f_1]}{2 f_1 f_2 (C_{3_2} - C_{3_1})} \quad \text{et} \quad C_0 = 2r \frac{f_1 f_2}{f_0 \varphi_2}(C_{3_2} - C_{3_1}).$$

On peut donc calculer immédiatement la première constante caractéristique C_1.

La valeur calculée de C_0 diffère notablement de la valeur vraie correspondant au quartz libre. La mesure de C_0 vraie s'effectue à l'aide d'un capacimètre convenable ou d'un pont, à une fréquence très différente de la fréquence de résonance ([4]).

Puis on effectue, en un point arbitraire de la courbe de résonance, une mesure des composantes R_χ et S_χ de l'impédance équivalente au quartz, par une méthode de surtension.

Nous avons déjà montré ([3]), que les coordonnées R et S d'un point du dia-

([3]) J. Coulon, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1138.
([4]) E. Fromy, *Mesures en Radioélectricité*, 1948, p. 383.

gramme circulaire sont liées à R_χ et S_χ par

$$R = C_0 \omega R_\chi, \qquad S = C_0 \omega S_\chi.$$

Il est alors possible de tracer le diagramme circulaire, puisqu'on connaît le point M(R, S), la direction du diamètre, et le point de contact avec l'axe des S.

L'échelle étant connue, puisqu'on connaît un point invariant du diagramme (point de contact avec l'axe des S), on peut mesurer à l'échelle le diamètre

$$\lambda = \frac{Q}{r_{\text{vrai}}}, \qquad \text{avec} \quad r_{\text{vrai}} = \frac{C_{0\,\text{vrai}}}{C_{1\,\text{cal}}}.$$

On calcule alors le coefficient de surtension Q.

Disposant des valeurs de Q et de C_1, on trouve les autres caractéristiques R_1 et L_1 par les relations

$$R_1 = \frac{1}{QC_1\omega}, \qquad L_1 = \frac{QR_1}{\omega_0}.$$

OPTIQUE. — *Répartition des éclairements dans l'image d'un point formée par un instrument à écran diffusant parfait.* Note de M. **Michel Cagnet**, présentée par M. Jean Cabannes.

Étude des images successives formées par deux systèmes optiques parfaits, la première image étant reçue par un écran diffusant parfait.

Nous calculons par double intégration la répartition des éclairements dans l'image d'un point lumineux,

L'instrument à écran diffusant comprend : 1° un système « objectif » S_1 formant l'image $\varphi'\beta'$ de l'objet visé $\varphi\beta$ sur l'écran; 2° un écran travaillant par réflexion ou transmission; 3° un système « oculaire » S_2 projetant sur le récepteur R l'image définitive $\varphi''\beta''$.

Le diffuseur obéit à la loi de Lambert, son grain est négligeable, deux points voisins sont des sources incohérentes.

Les systèmes S_1 et S_2 sont supposés dépourvus d'aberrations et diaphragmés par des pupilles carrées de côté a et b. Calculons la distribution des éclairements sur le récepteur.

Un point objet à l'infini sur l'axe de l'instrument a pour image, dans le plan focal objectif P, une tache de diffraction. Chaque point de cette tache se comporte comme une source incohérente d'intensité connue et aura pour image dans le plan du récepteur R une tache de diffraction élémentaire. L'intensité résultante en un point de R est la somme des intensités dues aux diverses taches élémentaires.

Rapportons le plan P à deux axes de coordonnées rectangulaires φ'_α, φ'_β.

L'éclairement $E(\alpha, \beta)$ diffracté au point $A'(\alpha, \beta)$ est

$$E(\alpha, \beta) = a^4 \left(\frac{\sin \frac{\pi a \alpha}{\lambda F}}{\frac{\pi a \alpha}{\lambda F}} \right)^2 \left(\frac{\sin \frac{\pi a \beta}{\lambda F}}{\frac{\pi a \beta}{\lambda F}} \right)^2.$$

Découpons autour du point A′ un élément de surface ds de dimensions $d\alpha$, $d\beta$. L'éclairement y est constant et a pour valeur $E(\alpha, \beta)$. Il constitue pour le système S_2 un objet de luminance $L_{(A')} = E(\alpha, \beta)/\pi$ et d'intensité $I(\alpha, \beta) = E/\pi\, ds$, en négligeant le facteur de transmission ou de réflexion de l'écran. S_2 donnera comme image de cet élément située dans le plan du récepteur R rapporté aux axes $\varphi''\mu$, $\varphi''\nu$ une tache de diffraction centrée sur l'image géométrique $A''(\mu, \nu)$ de A′.

L'éclairement dE' produit en un point $B(\mu_0, \nu_0)$ par l'élément ds est

$$dE' = b^4 \left[\frac{\sin \frac{\pi b(\mu - \mu_0)}{\lambda f'_0}}{\frac{\pi b(\mu - \mu_0)}{\lambda f'_0}} \right]^2 \left[\frac{\sin \frac{\pi b(\nu - \nu_0)}{\lambda f'_0}}{\frac{\pi b(\nu - \nu_0)}{\lambda f'_0}} \right]^2 L_{(A')}.$$

L'éclairement total au point B sera :

$$E' = k \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \left(\frac{\sin X}{X} \right)^2 \left(\frac{\sin Y}{Y} \right)^2 \left[\frac{\sin K(X - X_0)}{K(X - X_0)} \right]^2 \left[\frac{\sin K(Y - Y_0)}{K(Y - Y_0)} \right]^2 dX\, dY,$$

k désignant un facteur de proportionnalité,

$$X = \frac{\pi a \alpha}{\lambda F}, \qquad Y = \frac{\pi a \beta}{\lambda F}, \qquad X' = \frac{\pi b \mu}{\lambda f_0}, \qquad Y' = \frac{\pi b \nu}{\lambda f_0}$$

X_0 et Y_0 les valeurs de X et Y obtenues pour $\mu = \mu_0$, $\nu = \nu_0$ sachant que $X' = -KX$ et $K = b\mathcal{G}/a$; $\mathcal{G}$, grossissement de l'appareil $\mathcal{G} = F/f$; F, distance focale de S_1; f, f'_0, abscisses des plans P et R rapportés aux points principaux de S_2.

Pour calculer E′ nous devrons distinguer deux cas :

$$(0 < K \leq 1),$$

$$E' = \frac{k}{X_0^2 Y_0^2} \left[1 + K - (1 - K) \cos 2KX_0 - \frac{\sin 2KX_0}{X_0} \right] \left[1 + K - (1 - K) \cos 2KY_0 - \frac{\sin 2KY_0}{Y_0} \right];$$

$$(1 \leq K < +\infty),$$

$$E' = \frac{k}{X_0^2 Y_0^2} \left[K(1 - \cos 2X_0) + 1 + \cos 2X_0 - \frac{\sin 2X_0}{X_0} \right] \times \left[K(1 - \cos 2Y_0) + 1 + \cos 2Y_0 - \frac{\sin 2Y_0}{Y_0} \right].$$

X_0 peut prendre la forme $X_0 = \pi\omega\mu_0/\lambda f_0$, où ω désigne la dimension qu'aurait la pupille de sortie si l'écran diffusant n'existait pas.

K peut s'écrire $K = \omega/a$; K est le rapport entre les dimensions de la pupille « oculaire », l'écran diffusant étant employé ou non.

En désignant par E'_0 l'éclairement au centre de la tache, nous avons pu tracer un tableau de valeurs du rapport E'/E'_0 en fonction de K.

$\frac{K}{X}$...	0,1.	0,5.	1.	1,5.	5.	10.	25.	50.	∞.
0.....	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$\frac{\pi}{2}$.....	0,9922	0,8398	0,6079	0,5211	0,4342	0,4193	0,4107	0,4065	0,4053
$\frac{3\pi}{4}$....	0,9829	0,6715	0,3275	0,2258	0,1239	0,1064	0,0965	0,0932	0,0901
π.....	0,9685	0,4863	0,1520	0,08685	0,0217	0,0105	0,0041	0,0020	0,0000
$\frac{3\pi}{2}$....	0,9301	0,1850	0,0675	0,0579	0,0482	0,0466	0,0456	0,0453	0,0450
2π....	0,8785	0,0601	0,0379	0,0217	0,0054	0,0026	0,0010	0,0005	0,0000
$\frac{5\pi}{2}$....	0,8156	0,0534	0,0243	0,02084	0,017	0,0168	0,0164	0,0162	0,0162
3π....	0,7437	0,0540	0,0169	0,0096	0,0024	0,0012	0,0005	0,0002	0,0000

Lorsque K tend vers l'infini; E'/E'_0 tend vers $(\sin X/X)^2$, ce qui est la distribution des éclairements dans le cas d'un instrument sans écran diffusant.

La forme de la tache de diffraction est profondément modifiée par l'emploi d'un écran diffusant. Le nombre des « anneaux » noirs peut être modifié, ils disparaissent même pour $K = 1$,

Pour des valeurs de $K > 1,5$, le nombre des « anneaux » est le même que dans le cas d'un instrument sans écran, mais leur position a varié, la tache est plus large et les minima ne sont plus nuls.

Si l'on compare deux instruments de même grossissement, l'un avec écran, l'autre sans, la dimension de la pupille d'entrée étant la même, la tache de diffraction obtenue à l'aide de l'instrument à écran est moins favorable à la vision instrumentale que celle obtenue avec l'instrument sans écran.

OPTIQUE INSTRUMENTALE. — *Phénomène de diffraction dans l'image de deux points lumineux en lumière cohérente*. Note de M. **Albert Arnulf**, M[lle] **Odette Dupuy** et M[lle] **Françoise Flamant**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous nous proposons de décrire certains aspects particuliers présentés par la diffraction dans l'image d'un couple de points éclairés en lumière cohérente, sur lesquels il ne semble pas que l'attention ait été attirée jusqu'ici.

Nous avons utilisé le montage expérimental suivant :

Deux petits trous identiques dont la distance est variable et connue, sont placés à 1,50 m de l'observateur. Leur diamètre apparent individuel est de l'ordre de 0,15 minute d'arc. Ils sont éclairés par un trou, ou une

fente perpendiculaire à la ligne qui les joint, sur lesquels on projette l'image d'une lampe très brillante (Philips SP 500).

La cohérence de l'éclairage des trous, pour une largeur de source déterminée, dépend de leur distance. On s'assure dans chaque cas qu'elle est pratiquement complète en réglant la largeur de la source, de manière que les franges d'Young formées dans le plan de la pupille d'entrée de l'œil ou de l'instrument aient atteint le contraste maximum.

L'observation est effectuée en réduisant le diamètre de la pupille d'entrée de l'œil à une valeur très petite (en fait, 0,16 mm), en sorte que l'image formée sur la rétine soit une image de diffraction pure de grand diamètre apparent, non perturbée par les défauts optiques de l'œil. Le disque d'Airy a, dans ces conditions, un diamètre apparent de 14 minutes d'arc et s'observe facilement.

Nous considérons les deux cas extrêmes suivants :

1° Le milieu d'une frange blanche d'Young passe par le centre de la pupille. Lorsque l'on rapproche progressivement les deux points objets, on constate qu'un peu avant le contact des disques d'Airy, les parties en regard se déforment en tendant l'une vers l'autre, puis se rejoignent. Si l'on examine la répartition des éclairements dans la pupille au moment où la limite de résolution est atteinte, on constate que la pupille admet la totalité de la frange blanche, plus une petite fraction des franges situées de part et d'autre et dont l'amplitude est de sens contraire. La limite de résolution dans ce cas a été calculée par Hopkins (1). Nous indiquerons prochainement les valeurs expérimentales.

2° Le milieu d'une frange noire d'Young passe le centre de la pupille. Lorsque l'on rapproche progressivement les deux points objets, l'effet constaté au voisinage du contact des disques d'Airy est inverse du précédent. Les parties en regard des taches s'écrasent comme si elles se repoussaient. Dès que la distance des points devient inférieure à la limite de résolution obtenue en 1°, la variation de la distance des centres des points images ne suit plus l'optique géométrique, mais varie beaucoup plus lentement.

Soit R le rapport de la distance D des points objets à la distance D_0 qui correspond à la limite de résolution obtenue en 1°, R′ le rapport de la distance mesurée D′ des centres des taches de diffraction à la distance des points objets, R″ le rapport D'/D_0. On a

R........	1	0,85	0,70	0,55	0,40	0,25	0,15
R′........	1,14	1,31	1,55	1,92	2,70	4,04	6,75
R″........	1,14	1,11	1,09	1,06	1,07	1,01	1,01

L'image est analogue à un disque d'Airy qui serait divisé en deux parties

(1) *Sc. J. Roy. Col. Sc.*, 20; Ph. D. H. H. Hopkins, *Proc. Roy. Soc.*, A, 208, 1951.

par une plage noire; son intensité décroît rapidement avec la distance des points. En allant jusqu'à la plus petite intensité perceptible en vision diurne, nous avons constaté le maintien de cette séparation pour une distance des points dix fois plus petite que celle qui correspond à la limite de résolution du faisceau axé sur la frange blanche. Si l'on masque l'un des deux points objets, on voit réapparaître le disque d'Airy correspondant avec son intensité normale, beaucoup plus forte.

Dans ces conditions, le centre de la pupille correspond à l'amplitude nulle des franges d'Young, et de part et d'autre, les amplitudes ont la même répartition, avec des signes contraires. Lorsque les points objets se rapprochent, les franges s'élargissent et le flux traversant la pupille diminue, mais la répartition des amplitudes a la même forme. Il n'y a pas d'autre limite à ce mode particulier de séparation des points autre que celle provenant de la trop faible intensité de l'image.

Mais il est essentiel de noter que ce cas est très différent de celui du pouvoir séparateur au sens ordinaire. La double image observée se constate, en effet, toutes les fois que l'amplitude change de sens à l'intérieur de la pupille, par exemple si l'on est axé sur un des anneaux sombres de la tache de diffraction d'un point lumineux éclairé en lumière cohérente. La mesure de la distance de deux points ou de deux lignes dont la distance est inférieure à la limite de résolution classique nécessiterait d'abord la connaissance de la nature de l'objet, ensuite la mesure de l'intensité de l'image.

Le passage progressif d'un des cas extrêmes considérés à l'autre produit un passage progressif d'un phénomène de diffraction à l'autre. La limite de résolution variera beaucoup avec la direction de l'éclairage, comme nous le montrerons dans une prochaine Note.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Mesure de la période de* ^{79}Kr.

Note (*) de M. **Pierre Radvanyi**, présentée par M. Frédéric Joliot.

La décroissance de ^{79}Kr, obtenu par la réaction Br $(d, 2n)$, a été suivie pendant plus de 6 périodes avec une chambre d'ionisation associée à un électromètre à fil. On décrit la méthode utilisée pour séparer le krypton actif. La valeur trouvée pour la période est de $(34,5 \pm 0,2)$ h.

A l'occasion d'une étude en cours sur $^{79}_{36}$Kr, nous avons pu préciser la période de cet isotope.

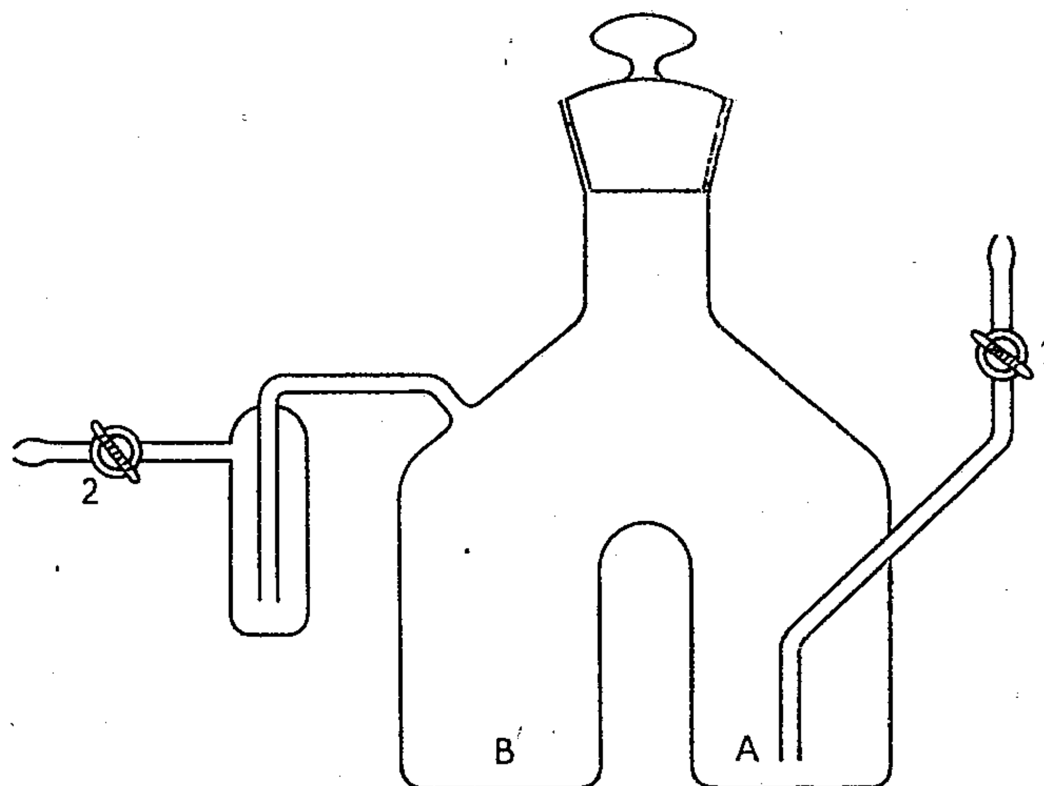
Snell, le premier, en 1937 (¹), observa une activité du krypton d'environ 18 heures. La détermination la plus précise de cette période était jusqu'à pré-

(*) Séance du 25 février 1952.

(¹) *Phys. Rev.*, 52, 1937, p. 1007.

sent de 34,5 ± 1 h (²). D'autres auteurs ont indiqué 34 h et ont montré qu'il s'agissait de l'isotope 79 de Kr (³).

Nous avons obtenu ^{79}Kr par la réaction $^{79}_{35}Br\,(d, 2n)\,^{79}_{36}Kr$ en irradiant un peu de poudre de NaBr avec les deutons sortant de la chambre du cyclotron du Collège de France, ayant donc une énergie d'environ 6 MeV, soit légèrement au-dessus du seuil de la réaction (⁴). Le krypton actif a été séparé en procédant par la méthode de dissolution sous vide (⁵). Pour cela nous avons utilisé un appareil spécial en verre représenté sur la figure : on introduit par un entonnoir la poudre irradiée dans la partie A de l'appareil et l'on remplit la partie B avec une solution de NaOH à 0,01 N. On ferme le bouchon rodé et le robinet 1 et l'on fait le vide par 2. On ferme ensuite 2 et l'on fait passer le liquide de B en A en inclinant l'appareil. Le sel se dissout assez rapidement et le krypton actif, occlus dans les cristaux, est libéré.



L'appareil est relié par l'intermédiaire d'un tube desséchant à la chambre d'ionisation préalablement vidée, et l'on remplit celle-ci avec de l'air, par le robinet 1, qui entraîne le krypton (dans nos expériences la quantité de krypton actif était de l'ordre du dixième de microcurie).

Nous avons utilisé la chambre d'ionisation construite par J. Martelly (⁶); cette chambre est reliée à un électromètre à fil de type Pohl placé directement au-dessus d'elle. La sensibilité de cet instrument n'a pas varié de plus de 1/200

(²) E. C. Creutz, L. A. Delsasso, R. B. Sutton, M. B. White et W. H. Barkas, *Phys. Rev.*, 58, 1940, p. 481.

(³) L. L. Woodward, D. M. Mc Cown et M. L. Pool, *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 761.

(⁴) E. T. Clarke et J. W. Irvine Jr, *Phys. Rev.*, 66, 1944, p. 231.

(⁵) S. C. Brown, J. W. Irvine Jr et M. S. Livington, *J. Chem. Phys.*, 12, 1944, p. 132.

(⁶) *Ann. Phys.*, 2, 1947, p. 564.

pendant la durée des mesures. La décroissance de ^{79}Kr a été suivie pendant neuf jours et nous avons trouvé pour la période la valeur de $(34,5\pm0,2)$ heures. Ce résultat est en bon accord avec celui de Creutz et al. [2], mais la précision obtenue est meilleure.

RAYONS COSMIQUES. — *Observation des gerbes de Rossi avec une chambre de Wilson.* Note (*) de MM. JEAN DAUDIN et TSAI-CHÜ, présentée par M. Frédéric Joliot.

Utilisés seuls, les compteurs donnent des renseignements parfois ambigus sur la structure des phénomènes : nous avons donc disposé les compteurs à l'intérieur d'une chambre de Wilson et appliqué d'abord cette technique aux gerbes de Rossi classiques. Dans la chambre (profondeur utile 8 cm) nous avons disposé un écran de plomb épais de 15 mm à 12 cm au-dessus d'un berceau composé de trois petits compteurs de 6 cm² chacun (*fig.* 1). Les coïncidences de ces trois compteurs commandaient la détente de la chambre située à l'Observatoire du Pic du Midi (2860 m).

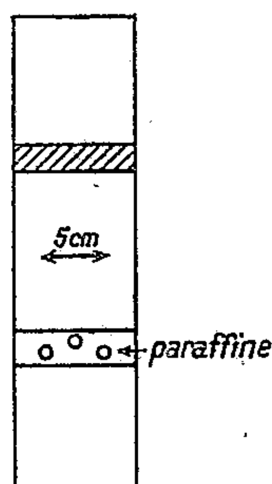


Fig. 1.

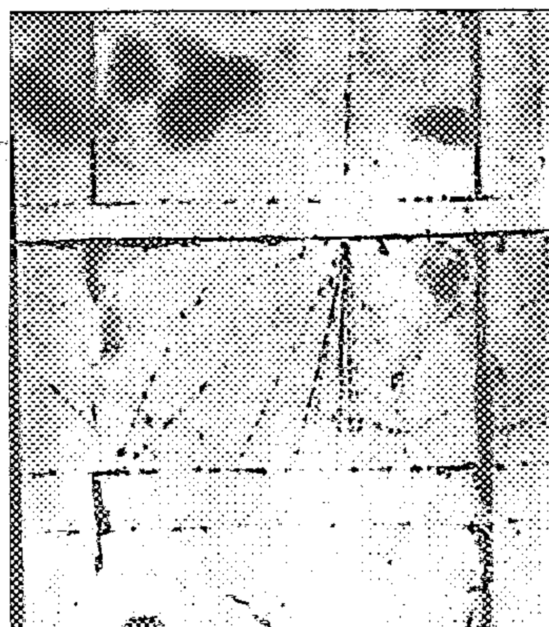


Fig. 2.

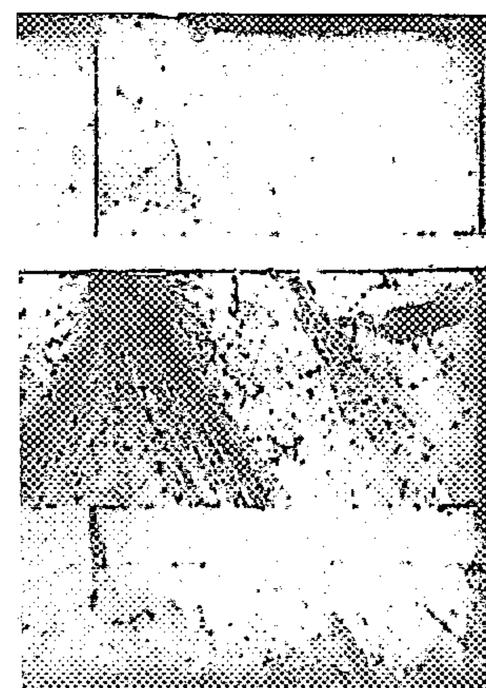


Fig. 3.

Fig. 1. — Coupe frontale de la chambre de Wilson.

1. Sous un toit de béton de 50 g : cm² environ, sur 400 clichés environ, 150 seulement représentaient des gerbes simples (venant soit du plomb, soit des parois) de primaire unique (*fig.* 2) (les photons constituant un peu plus de la moitié). Sur les autres, on voit un grand nombre de particules indépendantes; même sous un toit léger de 2 g : cm², les trajectoires incohérentes des gerbes de l'air sont visibles sur la moitié des clichés. Nous

(*) Séance du 10 mars 1952.

avions déjà montré ([1]) avec les compteurs qu'il n'était pas possible de tracer une courbe de Rossi correcte sans éliminer les gerbes de l'air denses. La chambre de Wilson fait apparaître un nombre encore plus grand de gerbes de l'air.

2. Sous un toit de béton (50 g : cm²) 86 clichés sur 400 présentent des gerbes complexes créées par plusieurs particules primaires indépendantes (*fig.* 3). Même sous un toit de 2 g : cm² il y a encore 5 clichés de ce type sur 30. Le nombre de ces primaires simultanés appartenant à des gerbes de l'air ou du toit peut atteindre 5 sur une surface de plomb de 90 cm² seulement (vue des compteurs sous un angle solide de 0,5).

3. Les gerbes issues du plomb dues à un seul primaire, qui touchent nos 3 compteurs ont de 3 à 40 trajectoires (*fig.* 2). Le nombre moyen de secondaires est 11; le nombre médian 8 ou 9. Sur l'ensemble des clichés y compris les gerbes de l'air, le nombre moyen de particules est de 15 au moins entre l'écran et les compteurs.

4. Lorsqu'on a cherché à retrouver les courbes de Rossi à partir de la théorie des cascades, les calculs ([2]) ont :

1° négligé les gerbes de l'air;

2° négligé la fréquence très élevée des primaires gerbigènes simultanés;

3° attribué, même dans le cas des gerbes simples « pures » un pouvoir sélectif très insuffisant aux compteurs : par exemple en admettant que 3 compteurs sont touchés par des gerbes de plus de 2 trajectoires alors qu'en moyenne, ils ne sont sensibles qu'à partir de 7 ou 8 trajectoires.

Ces calculs ne peuvent prétendre à aucune précision.

5. Cette conclusion avait déjà été atteinte par Montgomery ([3]), en 1935, au moyen d'une chambre d'ionisation. Il ne tenait cependant pas compte des gerbes de l'air alors inconnues, ni des nombreux électrons lents ionisants. Il opérait au niveau de la mer où le spectre des électrons doit être très différent. Néanmoins l'écart considérable entre le nombre des trajectoires qu'il observe (environ 50) et le nôtre pourrait tenir à un écran plus épais et au fait, également négligé, que la répartition angulaire des secondaires s'étale considérablement sous écran épais (2,5 cm). Toute la question serait à reprendre de ces divers points de vue.

Cette technique pourrait servir également à l'étude des gerbes nucléaires et des particules instables.

([1]) G. Carmouze et J. Daudin, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 572 et **232**, 1951, p. 2018.

([2]) Par exemple Arley, *Stochastic Processes*, New-York, 1948.

([3]) *Phys. Rev.*, 48, 1935, également Janossy, *Cosmic Rays*, p. 255 et suiv.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les chaleurs d'adsorption de* NH_3, PH_3, AsH_3 *sur le gel de silice*. Note (*) de M. **Jack Bastick**, présentée par M. Paul Pascal.

Le calorimètre à glace nous a permis de mesurer les chaleurs d'adsorption de NH_3, PH_3 et AsH_3 sur le gel de silice. Tandis que pour PH_3 et AsH_3 la nature des forces de liaison est du type Van der Waals, un phénomène de chimisorption très net est mis en évidence pour NH_3.

Au cours de l'étude de l'adsorption des gaz NH_3, PH_3 et AsH_3 sur le gel de silice, nous avons été amené à mesurer directement l'effet thermique de ce phénomène. Nous avons employé un calorimètre à glace déjà utilisé au cours d'un travail précédent ([1]). Nous préciserons simplement que le capillaire adopté pour ces expériences est tel qu'un déplacement de 1 mm du mercure correspond à 0,0430 cal : g à 15°. La préparation des gaz a été décrite ailleurs ([2]). Le gel qui est un échantillon commercial de granulation 12/20, a subi des chauffes préalables de 6 h, sous vide, à 200, 400 ou 800°, afin de suivre l'influence du traitement thermique sur la chaleur d'adsorption. Parallèlement, une adsorption d'azote à — 195° C permettait de connaître l'aire de la surface correspondante en appliquant l'équation B. E. T. Les aires ainsi déterminées sont respectivement de 650, 660, 520 m² : g pour les gels chauffés à 200, 400 et 800° C.

Les mesures calorimétriques donnent directement la chaleur intégrale q_i. Les figures 1 et 2 représentent les chaleurs différentielles q_d déduites du tracé des tangentes aux courbes $q_i = f(c)$.

On remarque que, si pour PH_3 et AsH_3 les chaleurs différentielles sont constamment comparables et voisines de 7 Kc : mol, ce qui correspond à une adsorption physique; il n'en est plus de même pour NH_3. On se trouve alors en présence de chimisorption. La courbe 1 (*fig.* 1) présente une cassure pour $c = 26\text{-}27.10^{-4}$ mole : g. q_d décroît ensuite rapidement. Cette cassure existe également sur l'isotherme d'adsorption $m = f(p)$ qui, dans cette région, change brusquement de pente. Le calcul montre que ce point ne correspond pas à la fin du recouvrement de la surface selon B. E. T. Mais, si l'on admet que l'eau qui reste dans le gel au-dessus de 115° est de l'eau de constitution et qu'elle est retenue sous forme de groupements (OH), on conçoit qu'il puisse y avoir formation d'un complexe ammonié par l'entrée en jeu de la liaison hydrogène, la cassure marquant alors la fin de la saturation des (OH) résiduels. L'adsorption devient alors physique

(*) Séance du 10 mars 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1163.

([2]) *Bull. Soc. Chim.* (en cours de publication).

et q_d tend vers des valeurs comparables à celles obtenues pour AsH_3 et PH_3. Pour le gel traité à 400°, la teneur en eau est plus faible, la cassure se

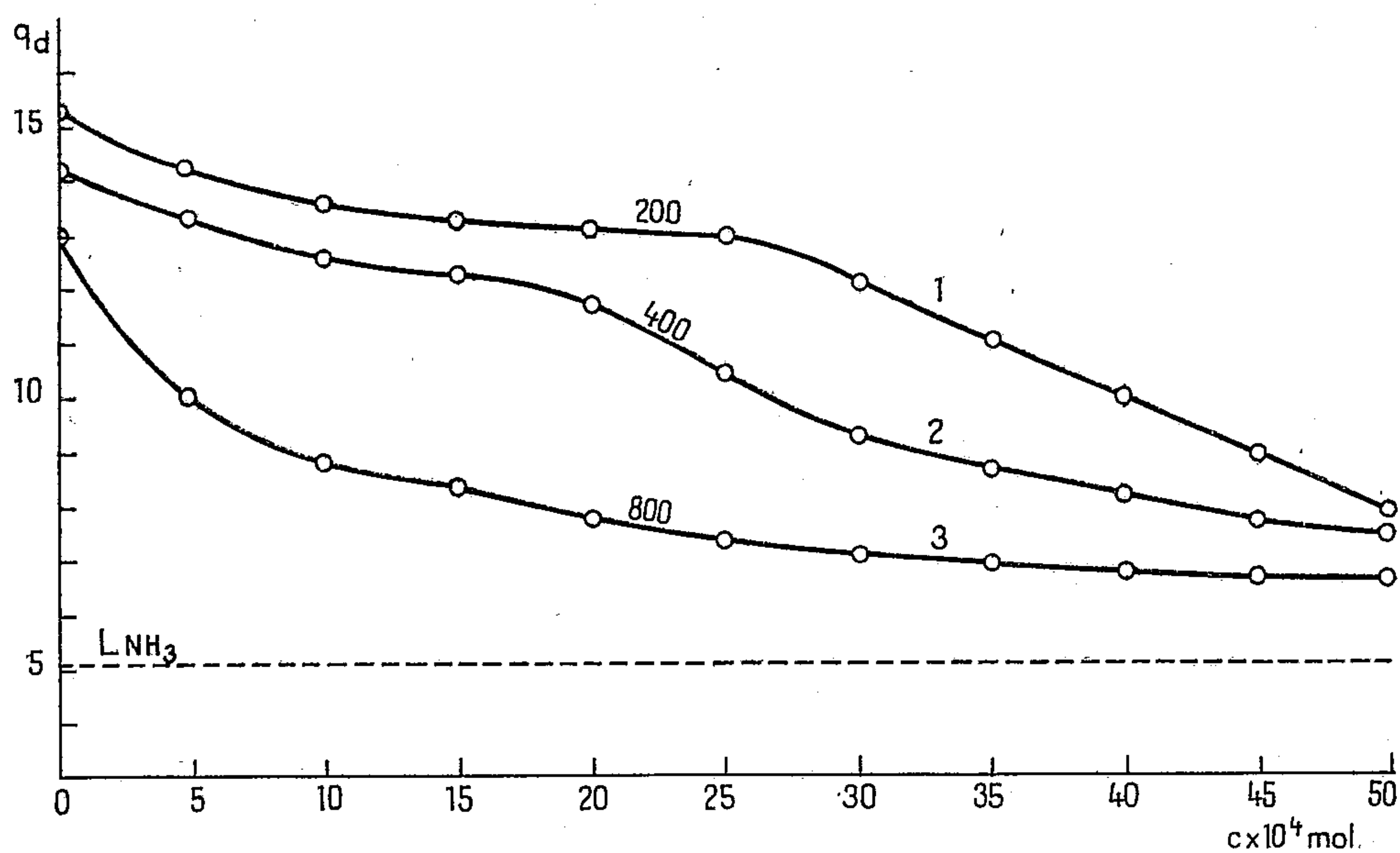


Fig. 1. — Chaleur différentielle d'adsorption de NH_3 sur le gel de silice.

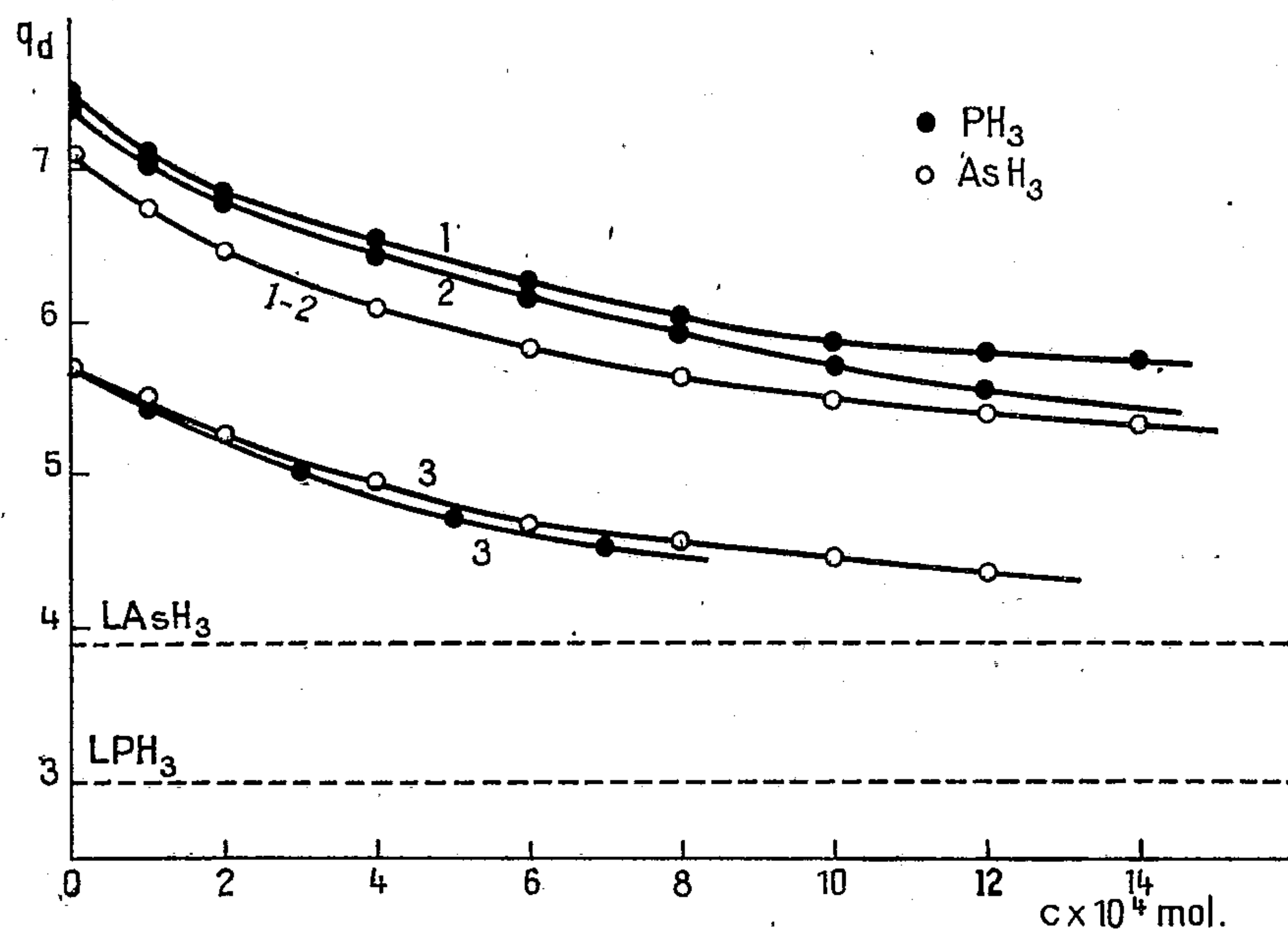


Fig. 2. — Chaleurs différentielles d'adsorption de PH_3 et AsH_3 sur le gel de silice.

manifeste pour une valeur moindre de la concentration. Le gel traité à 800° ne contient presque plus d'eau et commence à se dévitrifier; la courbe 3 révèle à la fois la disparition de la chimisorption et l'hétéro-

généité croissante du gel. Notons encore que la chaleur propre d'adsorption $\lambda = q_d - L$, qui correspond à l'énergie de formation du complexe, est de l'ordre de 7 à 9 Kc : mole, ce qui explique que ce complexe soit relativement stable. Il est, en effet, difficile de désorber tout l'ammoniac sans l'intervention d'un chauffage énergique.

En résumé, alors que l'adsorption de PH_3 et de AsH_3 sur le gel de silice est de nature physique, celle de NH_3 est de nature chimique et peut s'interpréter par la formation d'un complexe ammonié sur les (OH) résiduels.

ÉLECTROCHIMIE. — *Étude cryoscopique de solutions de certains oxydes métalliques dans l'eutectique cryolithe-fluorure de sodium.* Note (*) de M. **Georges Petit**, présentée par M. Eugène Darmois.

Le but du travail est l'étude par la méthode cryoscopique de la structure des solutions de certains oxydes métalliques dans l'eutectique fondu cryolithe-fluorure de sodium.

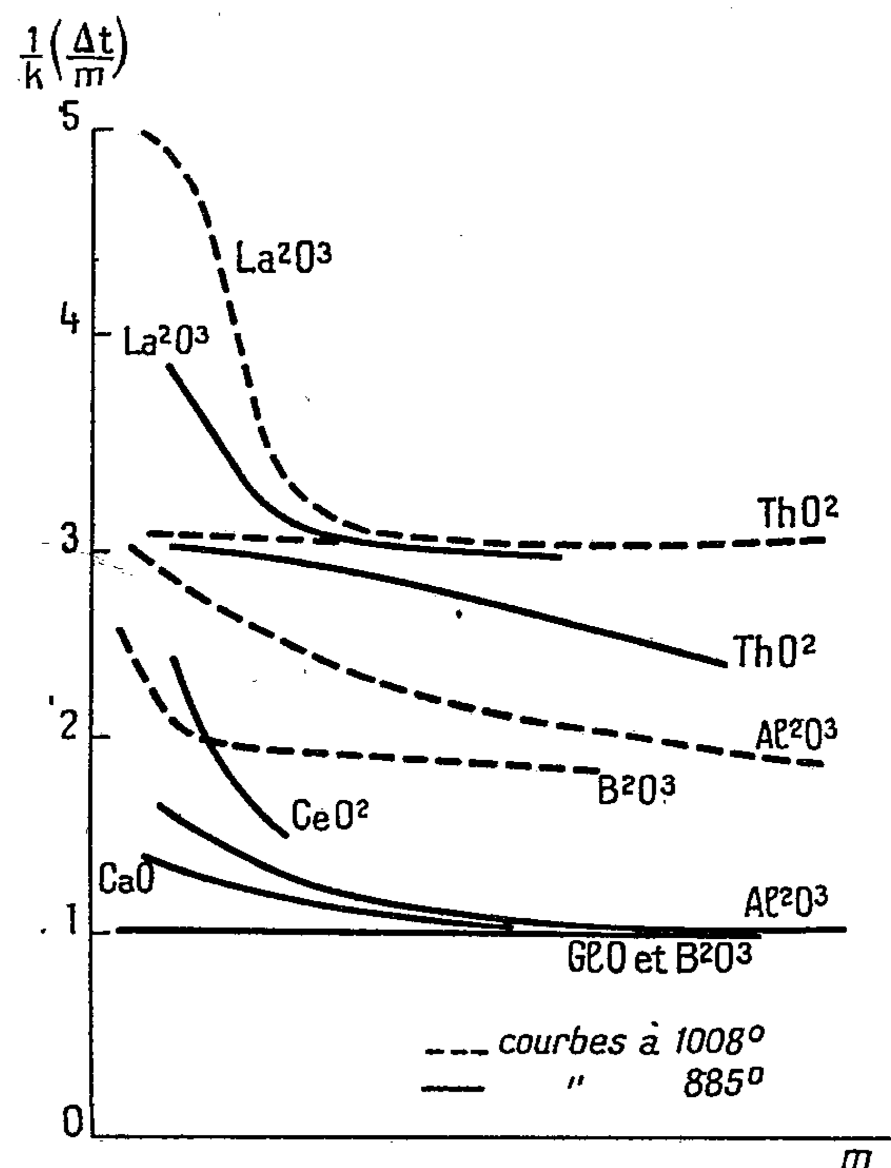
La cryolithe et l'eutectique en question ont des compositions assez voisines : ils contiennent respectivement 25 et 14 % moles F_3Al; leurs points de fusion sont 1008 et 885°C. L'eutectique représente un excellent solvant cryoscopique par suite de sa non-volatilité et de la constance de son point de fusion, qualités qui le rendent à ce point de vue supérieur à la cryolithe. Sa constante cryoscopique est toutefois seulement 27 au lieu de 41 pour la cryolithe. Les différences entre les deux solvants tiennent sans doute surtout à la température.

La comparaison des deux solvants montre que la solubilité est en général moindre dans l'eutectique. C'est ainsi que la silice, TiO_2, SnO_2, ZrO_2 s'y dissolvent peu ou difficilement; par contre l'oxyde de lanthane, l'alumine, l'anhydride borique y sont assez solubles, ainsi que la magnésie, la chaux, la glucine et l'oxyde de cérium. Nous donnons dans la figure les courbes cryoscopiques de ces oxydes obtenues en portant en abscisses la molarité et en ordonnées la valeur du rapport $(1/K)(\Delta t/m)$ (K, constante cryoscopique; $\Delta t/m$, dépression thermique molaire). Ce rapport représente à la limite le nombre de particules données en solution par une molécule initiale. Pour faciliter la comparaison avec la cryolithe, nous avons ajouté les courbes cryoscopiques obtenues, soit par Rolin (1), soit par nous-même (2) dans la cryolithe. On constate d'une façon générale une coupure en ions moins aisée dans l'eutectique. Par exemple B_2O_3 et GlO ne se coupent pas, du moins dans les limites de dilutions étudiées, CaO et CeO_2 se coupent difficilement et la courbe cryo-

(*) Séance du 3 mars 1952.
(1) *Thèse*, Paris, 1951.
(2) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1555.

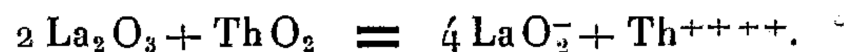
scopique de la thorine s'affaisse à des dilutions où elle était encore horizontale dans la cryolithe.

Le cas de l'oxyde de lanthane est particulièrement intéressant; dans la cryolithe, il donnait cinq particules; il n'y arrive ici qu'à des dilutions inaccessibles à l'expérience, mais dans les deux cas il se produit une sorte de palier



Courbes cryoscopiques dans l'eutectique ($F_3Al\,3FNa$)—FNa.

aux environs de trois particules. Si nous admettons l'hypothèse qu'en milieu fondu la courbe cryoscopique doit tendre vers la courbe théorique d'Arrhénius ([3]), on peut se demander si ce palier ne correspond pas à la formation d'un système stable à trois particules. Pour trouver leur nature, nous avons mis en présence un oxyde donneur d'ions d'oxygène, la thorine, et l'oxyde de lanthane. Si l'ion LaO_2^- existe, il devrait se produire la réaction



$$2\,La_2O_3 + ThO_2 \rightleftharpoons 4\,LaO_2^- + Th^{++++}.$$

On devrait donc observer la formation de cinq particules; ce n'est pas le cas. Aux molarités étudiées, on a toujours des ordonnées supérieures à cette valeur. Il en résulte qu'il y a mélange et non combinaison. LaO_2^- ne semble pas exister dans ces conditions. Les trois particules seraient alors 2 LaO^+

([3]) G. Petit, *Rev. Gén. Sc.*, 58, 1951, p. 324.

et O^{--}. A dilution plus grande et à température plus élevée (cryolithe), l'ion LaO^{-} se dissocierait en La^{+++} et O^{--}. L'ensemble des résultats offerts par les oxydes permet d'admettre les équilibres suivants :



$$M_2O_3 \rightleftharpoons MO_2^{-} + MO^{+}, \qquad MO_2^{-} \rightleftharpoons MO^{+} + O^{--}, \qquad MO^{+} \rightleftharpoons M^{+++} + O^{--}.$$

Ces équilibres se déplacent avec la température, la dilution et l'électropositivité de l'élément métallique de l'oxyde.

ÉLECTROCHIMIE. — *Un critère de la dissociation électrolytique pour les sels fondus.* Note de Mlle **Geneviève Sutra**, présentée par M. Eugène Darmois.

Dans une Note précédente (1) j'ai montré que, lors de la fusion, on peut admettre que l'énergie de formation d'un « trou » est $(3/2)kT$; si les trous se forment autour des atomes ou des molécules, la chaleur de fusion Q_f doit être alors sensiblement $(3/2)$ RT pour l'atome *g* ou la mole. L'entropie de fusion serait alors $Q_f/T_f = (3/2)$ R, soit à peu près 3 cal : degré.

Pour les gaz nobles on trouve Ne : 3,26; A : 3,15; Kr : 3,36. Pour HCl et HI respectivement 3,02 et 3,12. On trouve aussi des nombres du même ordre pour la plupart des métaux fondus.

Nous donnons dans le tableau I les valeurs de Q_f (cal : mole) et T_f, avec l'entropie de fusion pour un certain nombre de sels fondus à 2 ions.

Tableau I.

Substance.	Q_f.	T_f.	$\frac{Q_f}{T_f}$.
ClNa	7200	1077	6,60
FNa	7800	1265	6,17
ClK	5510	1045	5,28
FK	6280	1133	5,52
ClTl	4000	700	5,71
ClAg	4380	724	6,06
NO_3Ag	2790	490	5,70
NO_3Na	3840	606	6,33
NO_3K	2580	581	4,43

L'entropie est plutôt voisine de 6 que de 3; une explication simple vient à l'esprit : au lieu de N trous par mole, il y en aurait 2N; le sel fondu serait dissocié en deux ions. Il y aurait naturellement des électrolytes plus faibles que d'autres.

Nous donnons au tableau II quelques valeurs concernant des sels à trois ions.

(1) *Comptes rendus*, **233**, 1951 p. 1027.

TABLEAU II.

Substance.	Q_f.	T_f.	$\frac{Q_f}{T_f}$.
Cl_2Ca	6 000	1 047	5,74
Cl_2Ba	5 750	1 232	4,67
Cl_2Pb	5 800	758	7,63
I_2Pb	5 310	648	8,20
I_2Hg	4 450	523	8,50
$Cr_2O_7K_2$	8 790	670	13,1

La dissociation totale en trois ions devrait donner une entropie de l'ordre de 9; on voit que certains sels s'en approchent; le bichromate donne même davantage, ce qui s'expliquerait par une dissociation de l'ion $Cr_2O_7^{--}$. J'ai appliqué le calcul précédent aux deux solvants cryoscopiques utilisés dans notre laboratoire, à savoir la cryolithe et le métaborate de lithium; on obtient les résultats ci-dessous :

$AlF_3\,3NaF$	16 600	1 280	13,0
BO_2Li	8 300	1 113	7,45

La cryolithe semble donner quatre ions, probablement AlF_6^{---} et $3Na^+$; le borate donnerait un peu plus de trois ions, ce qui supposerait une dissociation de l'ion BO_2^-, en accord avec les remarques de G. Zarzycki (²).

ÉLECTROCHIMIE. — *Électrolyse de l'acide phosphorique entre électrodes de cuivre. Cas des faibles densités de courant.* Note (*) de Mme **Denise Laforgue-Kantzer**, présentée par M. Paul Pascal.

On précise par voie expérimentale et théorique le mécanisme du début de la dissolution anodique du cuivre aux très faibles densités de courant, en particulier lorsque les ions Cu^+ sont en forte proportion. Par l'emploi d'une électrode-sonde, on montre que la dissolution à l'état cuivrique est initialement plus lente que la dissolution à l'état cuivreux.

Nous avons déjà indiqué (¹) les stades anodiques de l'électrolyse d'une solution de PO_4H_3 entre électrodes de cuivre. Avec le même dispositif (¹), nous avons modifié les divers facteurs et placé au-dessous de l'anode une électrode-sonde qui reçoit le produit anodique.

1. *Résultats expérimentaux.* — 1° Quelle que soit la teneur en PO_4H_3, les courbes Log D/V ont même allure (*fig.* 1). Par échauffement la hauteur du palier

(²) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 95.

(*) Séance du 10 mars 1952.

(¹) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 547.

de diffusion BC augmente, et la pente des segments $A'A''$ et $A''B$ diminue. Si l'on admet qu'une relation linéaire $\mathrm{Log}\, D = A + BV (B = \alpha F/RT)$, traduit la décharge d'un anion, on trouve pour $A''B$ une valeur normale $\alpha = 0,45$, mais pour $A'A''$, $\alpha \gg 1$, valeur dénuée de sens physique (²) pour la décharge d'un ion monovalent (OH^- ou $PO_4H_2^-$).

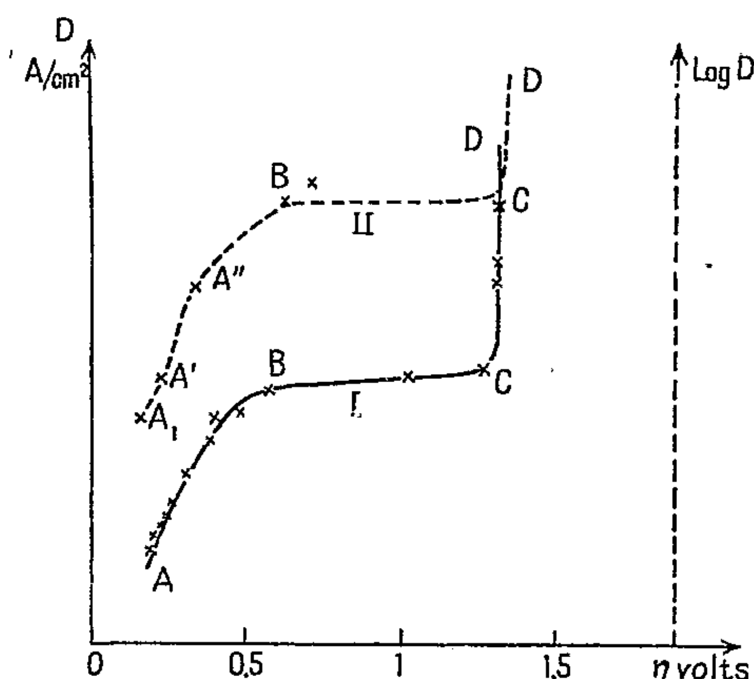


Fig. 1.

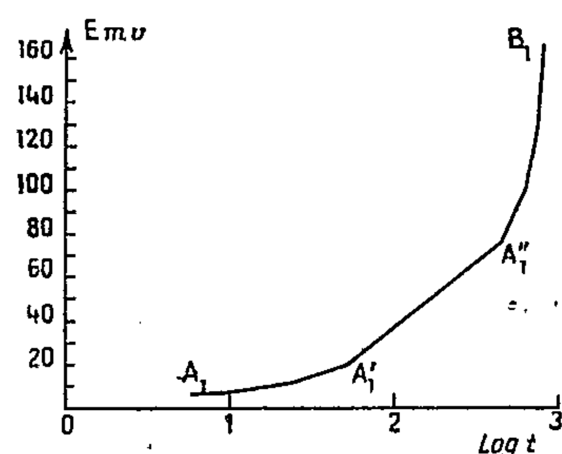


Fig. 2.

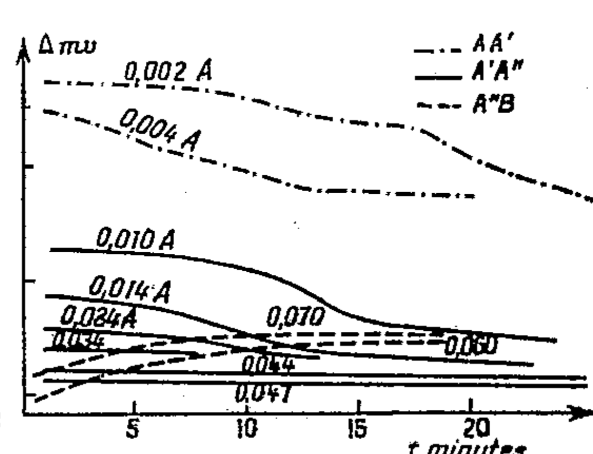


Fig. 3.

2° A chaque instant le potentiel E de l'électrode auxiliaire qui suit l'augmentation de l'activité des ions Cu passés en solution atteint sa valeur d'équilibre à 5 mV près. La courbe $E/\mathrm{Log}\, t$ (*fig.* 2), pour une électrolyse à courant lentement variable, présente trois parties, rigoureusement homologues de AA', $A'A''$ et $A''B$: selon $A_1A'_1$, E varie un peu moins vite que $E = a + b\,\mathrm{Log}\, t$, la pente moyenne b_1 est toutefois voisine de $RT/2F$. En $A'_1A''_1$, $E = a' + b'\,\mathrm{Log}\, t$ avec $b' = RT/F$ à 1 % près. En A''_1B_1, E croît très vite puis se stabilise lorsque le cuivre commence à se déposer de façon appréciable.

3° Les courbes $\Delta = (\varphi - E)/t$, tracées pour chaque valeur de la densité de courant, forment trois faisceaux correspondant exactement aux trois domaines (*fig.* 3) : 1° l'existence d'un palier suggère un processus double de vitesses différentes; 2° Δ est sensiblement constant et dépend peu de D; 3° Δ croît avec le temps.

2. *Interprétation théorique.* — Il doit y avoir à la fois dissolution du cuivre et décharge des anions :

1° $\mathrm{Log}(D/V)$ n'est plus alors linéaire en général. Le courant I observé est la somme algébrique de courants partiels I_i dus à chacun des processus en cause ($PO_4H_2^- \rightarrow PO_4H_2 + \theta$; $OH^- \rightarrow OH + \theta$; $Cu \rightarrow Cu^{++} + 2\theta$, suivi de $Cu + Cu^{++} \rightarrow 2Cu^+$, θ symbolisant l'électron). Avec les notations usuelles (²)

$$I = \Sigma I_i = \Sigma K_i C_i [1 - \exp(-\alpha_i - \beta_i) F\eta_i (RT)^{-1}] \exp(-w_i + \alpha_i FV)(RT)^{-1},$$

(²) R. AUDUBERT, *J. Phys. Rad.*, (8), 3, 1942, p. 81-89.

les termes $1 - \exp(-\alpha_i + \beta_i)F\eta(RT)^{-1}$ ne sont généralement pas négligeables aux faibles intensités (pour Cu, l'expérience donne $1 - \exp[-F\eta(RT)^{-1}] = 0{,}060$). Posant $\alpha_i + \beta_i = 1$, $\alpha_i = \alpha_m + \varepsilon_i$, α_m étant constant et $K_i C_i \exp - W_i(RT)^{-1} = \alpha_i$:

$$\begin{aligned}\operatorname{Log} I &= \alpha_m FV(RT)^{-1} + \operatorname{Log}\Sigma a_i[1 - \exp(-F\eta_i)(RT)^{-1}]\exp\varepsilon_i FV(RT)^{-1}\\ &\simeq A + \alpha_m FV(RT)^{-1} + \operatorname{Log}\Sigma a_i\eta_i \exp\varepsilon_i FV(RT)^{-1}.\end{aligned}$$

Le troisième terme, du même ordre que le deuxième, n'est généralement pas linéaire en V. L'état de surface de l'anode se modifiant ainsi que les activités des ions, les a_i sont fonction de V et de t. Il est illusoire de chercher un sens physique immédiat à la pente approchée de A′A″.

2° La dissolution anodique du cuivre est régie par les relations générales :



$$(a)\quad Cu \rightleftharpoons Cu^{++} + 2\theta \qquad \text{et} \qquad (b)\quad Cu + Cu^{++} \rightleftharpoons 2Cu^{+}.$$

Dans la phase métallique on peut admettre en première approximation que la loi d'action de masse est applicable sous la forme

$$(1)\qquad a_{Cu^{++}} \times a_\theta^2 = K.$$

L' « activité des électrons » a un sens : cette grandeur est directement liée à leur énergie libre, donc au potentiel de l'anode. Le flux d'électrons (intensité) résulte de l'ensemble des phénomènes anodiques : lorsqu'il est constant il déplace sans cesse l'équilibre (1) dans le sens (→) : du cuivre se dissout. D'autre part, en admettant (1), la surface du cuivre est en équilibre à potentiel constant et $a_{Cu^{++}}$ est constant. Il est donc nécessaire que le nombre d'ions passant dans la solution soit égal au nombre des ions formés. Si a' est l'activité de l'ion dont la vitesse de formation est la plus lente, posons

$$a' = vt + w \qquad \text{où} \quad v = \varphi(i);\ w = \Psi(i).$$

Le potentiel de l'électrode-sonde est justement, ν étant la valence de l'ion,

$$E = E_0 + \frac{RT}{\nu F}\operatorname{Log} a' = E_0 + \frac{RT}{\nu F}\operatorname{Log} v + \frac{RT}{\nu F}\operatorname{Log}\left(t + \frac{w}{v}\right).$$

Si v ne varie pas trop rapidement en fonction de I et si w/v est petit/t E est indépendant de I : $E = A + RT/\nu F \operatorname{Log} t$.

Conclusion. — 1° La zone AA′ correspond au début de la dissolution anodique $\nu = 2$, donc la vitesse de dissolution de Cu^{++} est la plus faible. Or d'après (*b*)

$$\frac{a_{Cu^+}^2}{a_{Cu^{++}}} = K\,(= 2{,}7.10^{-6} \text{ à } 25°) \qquad \text{et} \qquad \frac{da_{Cu^+}}{dt} = \frac{K}{2a_{Cu^+}}\,\frac{da_{Cu^{++}}}{dt}.$$

Tant que $a_{Cu^{++}} \leqq C$ (au début du passage en solution on a $K \gg a_{Cu^+} > a_{Cu^{++}}$ la vitesse des ions Cu^{++} est la plus faible tant que $a_{Cu^+} < K/2$. Donc en A′, fin du premier domaine, on doit donc avoir $a_{Cu^+} = 1{,}35.10^{-6}$ (à 25°).

2° Entre A′ et A″, la relation linéaire est vérifiée avec $v=1$. En prenant des valeurs expérimentales moyennes, on trouve pour A″, $a_{Cu^+}/a_{Cu^{++}}=0,2$, d'où $a_{Cu^+}\sim 10^{-5}$. On voit que des méthodes sensibles peuvent mettre en évidence les ions Cu^+.

3° Entre A″ et B, le terme w/v n'est plus négligeable devant t, l'activité cuivrique croît très rapidement.

COLLOÏDES. — *Effet des micelles ioniques sur le* pH *des solutions d'oléate de sodium.* Note de M. **Andréa Levialdi**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Bien que le moussage d'une solution aqueuse d'oléate de Na diminue la concentration et modifie sa composition chimique, *le* pH *reste constant* à partir d'une concentration initiale donnée. Ce fait est attribué à l'existence de micelles ioniques.

Nous avons vérifié au moyen de trois électrodes différentes (Corning Glass 0,15; électrode très stable vis-à-vis des solutions alcalines, et antimoine) que les mesures de solutions micellaires de savons ioniques sont reproductibles ($\pm$ 0,1).

Nous avons étudié, par des mesures de pH les phénomènes qui se produisent dans les solutions, au cours du moussage étudié par M. Raison (1), (2). Nous avons étudié le pH des solutions aqueuses d'oléate de sodium (*fig.* 1) et le pH de la solution moussante au cours du moussage (méthode d'Abribat) à partir de différentes concentrations initiales (*fig.* 2). Au-dessous d'une certaine concentration (M/300) il n'y a pas de variation du pH de la solution moussante jusqu'à épuisement de la solution.

Comme J. Perrin et Laing l'ont montré [(3), (4) et d'une manière quantitative (Raison)], le moussage enrichit en acide oléique la mousse et en soude la solution moussante, dont la concentration en oléate de sodium diminue.

Une solution initiale M/100 donne une solution épuisée dont la composition moléculaire est : 1 OlNa — 3,44 NaOH et dont le pH est 8,8; alors que la solution de synthèse a un pH de 11,3. Ces résultats ont été contrôlés sur des solutions des divers savons dans le domaine compris entre pH=6 et pH=12,5 et vérifiés par les tampons de Clark et Lubs, dont le pH ne différait pas de plus de 0,1 de celui de la solution de savon.

Une solution de même composition, mais faite de synthèse, donne un pH de 11,3 d'où l'on conclut que, dans la solution épuisée, la soude, ou plus exactement les ions OH^-, sont dissimulés.

---

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1660.
(2) *Symp.*, Bordeaux, 1947, p. 187 (University Press).
(3) J. Perrin, *Ann. Phys.*, **10**, 1918, p. 182.
(4) Mrs Laing, *Proc. Roy. Soc.*, 1925, p. 109.

Les travaux antérieurs ([5]), ([6]), ([7]) ont amené à supposer que l'existence des micelles de Hartley correspond à la concentration critique que nous avons déterminée et que la couche extérieure des micelles anioniques,

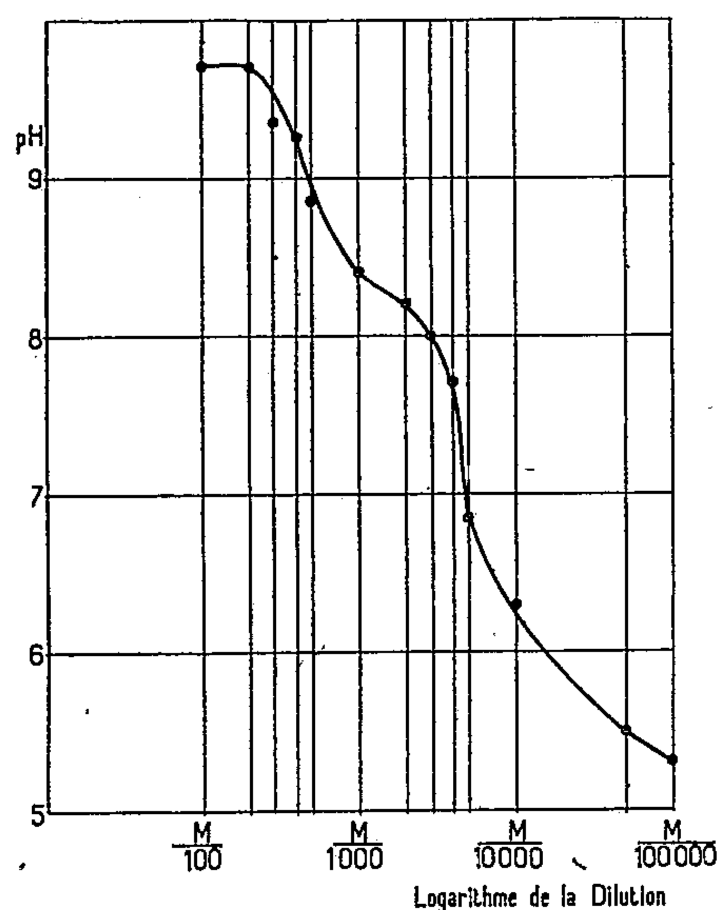


FIG. 1 - pH DES SOLUTIONS D'OLEATE DE SOUDE

Fig. 1.

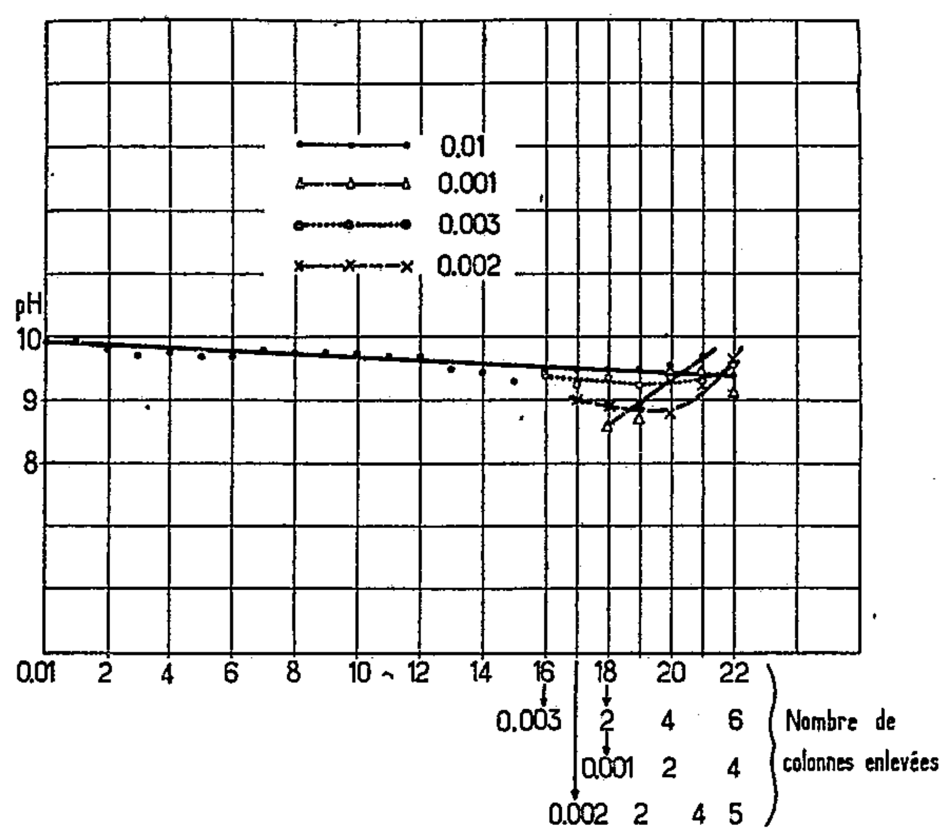


FIG. 2- VARIATIONS DU pH DE SOLUTIONS D'OLEATE DE SOUDE EN COURS DE MOUSSAGE.

Fig. 2.

partiellement neutralisée, est formée de cations qui, à leur tour, peuvent fixer de petits anions (OH^-), tandis que le Na^+ peut éventuellement former du savon neutre dans la micelle. Il en résulte une dissimulation de la soude par les micelles.

D'autre part, si l'on considère que la première micelle se produit dans la couche superficielle ([8]), tout se passe comme si les micelles stables versaient leur contenu d'acide gras dans la grande micelle superficielle (surface moussante), l'atmosphère ionique intramicellaire restant constante. L'addition d'HCl (*fig.* 3) aux deux solutions montre que les anions OH^- se trouvent dans un état différent suivant que la solution est passée ou non par l'état d'équilibre « *micelles-stables*-atmosphère ionique correspondante ».

L'allure est différente pour les deux phénomènes : dans la solution épuisée, le long palier montre que l'on détache des OH^- au fur et à mesure que l'on ajoute de l'HCl. Ces OH^- n'étaient donc pas actifs antérieure-

---

([5]) Mc Bain, *Trans. Faraday Soc.*, 9, 1913, p. 99.
([6]) Hartley, *Aqueous solutions of the paraffin Chain salts*, Hermann et Cie, Paris, 1936.
([7]) G. Stainsby et A. E. Alexander, *Trans. Faraday Soc.*, 46, 1950, p. 7 et 587.
([8]) Dervichian et Lachampt, *Bull. Soc. Chim.*, 1945.

ment dans la solution épuisée. Dans la solution de synthèse, la chute continue montre qu'on neutralise la soude libre.

En diluant dix fois (concentration inférieure à celle des micelles stables), on constate que ces deux solutions, synthèse et épuisée, ont le

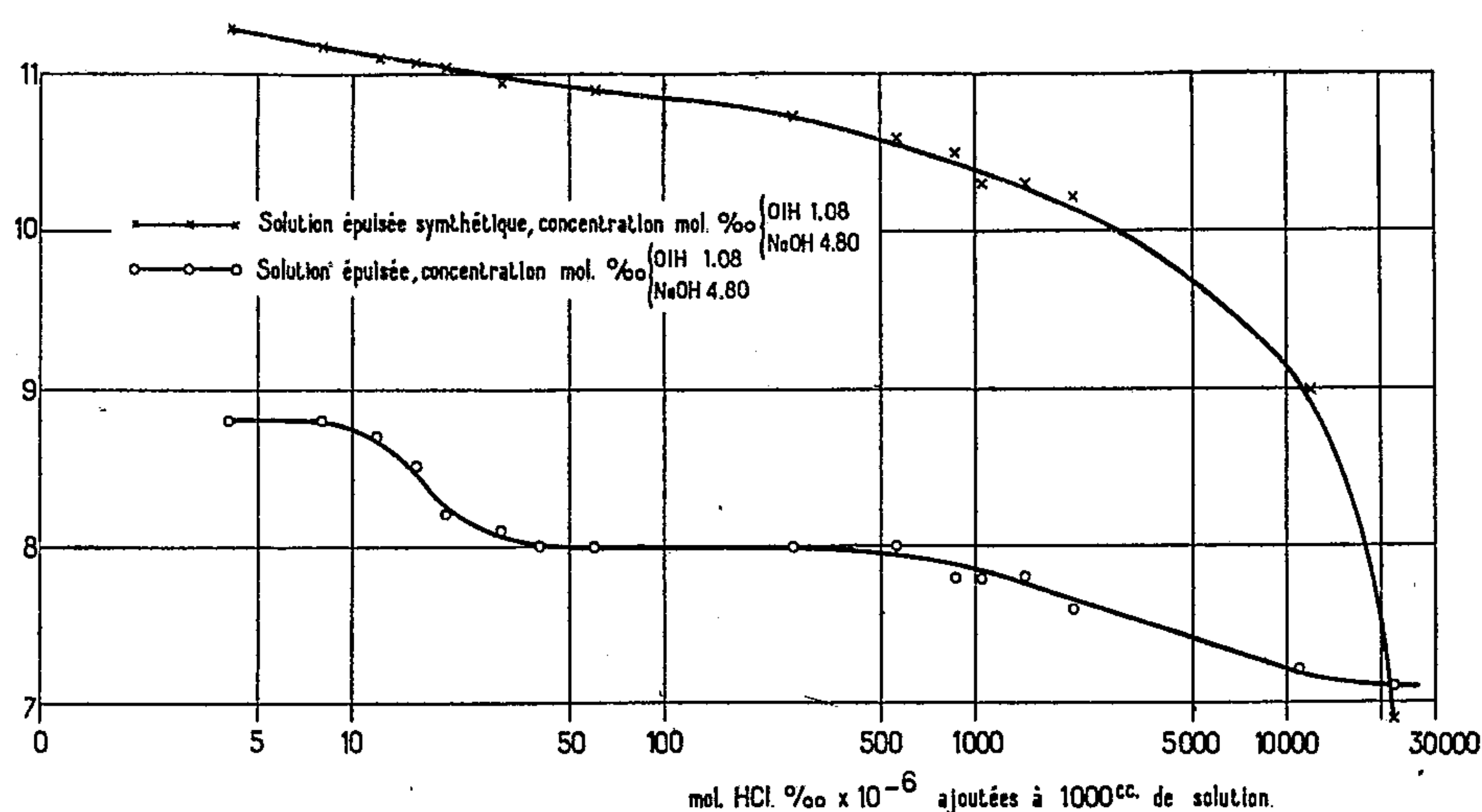


Fig. 3.

même pH (6,3). Ce pH correspond à une dilution identique (*m*/10 000, *fig.* 1) quelle que soit « l'histoire de la solution ». L'effet dû à la présence des micelles stables a disparu.

Afin d'éliminer l'erreur qui pouvait résulter de la présence de NaCl dans les solutions épuisée et de synthèse, nous avons ajouté à la solution M/10 000 d'oléate de sodium, la même quantité de chlorure de sodium. Le pH trouvé dans ces conditions est 6,45 : ce qui est en accord satisfaisant avec les résultats obtenus, aux erreurs d'expérience près.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Empêchement de l'inversion du saccharose par des échangeurs d'ions.* Note (*) de M. **Géza Austerweil**, présentée par M. Paul Pascal.

Depuis plus d'un quart de siècle, on a poursuivi des essais pour épurer des jus sucrés de la betterave à l'aide d'échangeurs d'ions et, depuis les résultats obtenus par l'emploi consécutif des échangeurs de cations et d'anions dans l'épuration des eaux industrielles, ces essais ont encore été amplifiés.

L'échec plus ou moins complet de ces efforts est dû à plusieurs causes :

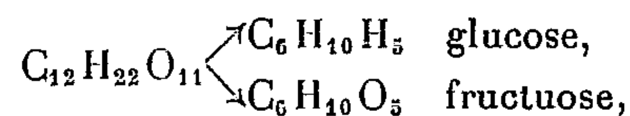
(*) Séance du 10 mars 1952.

quantité trop importante des échangeurs nécessaires, utilisation de quantités considérables de produits chimiques pour la régénération et, surtout, inversion de la saccharose des jus en sucres réducteurs : glucose, fructose, par les échangeurs de cations fonctionnant comme acides insolubles.

Dans un travail récent, Bodamer et Kunin (¹) montrent que l'effet des échangeurs de cations les plus usités : les polysulfostyrolènes est comparable, en ce qui concerne l'inversion du saccharose, à celui d'une solution N/20 de HCl.

Il a été possible d'arrêter complètement cette inversion due aux échangeurs de cations, en procédant de la façon suivante :

On sait qu'à l'interface solide-liquide, il existe une pression assez considérable : pour l'interface eau-verre 6,5 kg : cm² (²); pour l'interface échangeur de cations chaulé-H_2SO_4 à 1 %, 13,2 kg : cm² (³). Comme la réaction d'inversion



qui est catalysée par des ions H, est aussi accompagnée par une augmentation de volume, on peut prévoir la diminution de cet effet, grâce à la loi de Le Chatelier, selon laquelle des diminutions de volume lors d'une réaction sont avantagées par la pression et les augmentations empêchées. Or, la réaction d'inversion de la saccharose est accompagnée d'une augmentation de volume, 1 g-mol de saccharose, *d* : 1,588 donnant une molécule de glucose; *d* : 1,544 plus une molécule de fructose; *d* : 1,555, en moyenne un mélange de sucres intervertis d'une densité moyenne de 1,549, ce qui correspond à une dilatation moléculaire. La réaction d'hydrolyse qui cause l'inversion sera donc contrecarrée dans la zone de pression existante dans l'interface de contact échangeur-jus de sucre, si l'on arrive à éviter la réaction catalysante de l'acidité de cet échangeur.

On peut y arriver, en employant des échangeurs de cations acides, mélangés à des échangeurs d'anions à l'état basique. Ce mélange a déjà fait ses preuves dans l'épuration des eaux industrielles. L'acide libéré à partir des sels des jus sucriers par les échangeurs de cations se trouve ainsi immédiatement capté par les échangeurs d'anions, et si la réaction est conduite par des colonnes d'échangeurs mixtes traversées par le jus de betterave à épurer, on profitera non seulement de la neutralisation des acides, mais aussi d'une diminution du temps de contact. L'inversion a pu ainsi être éliminée, comme l'indique le tableau suivant, par le passage

(¹) *Ind. Eng. Chem.*, 1951, p. 1082.

(²) *J. Chim. Phys.*, 1936, p. 19.

(³) *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 1938, p. 67.

d'un jus (sirop de 65° Bé dilué trois fois) sur un mélange d'un échangeur de cations en polysulfostyrolène et d'un échangeur d'anions composé d'une amine quaternaire insoluble, avec un temps de contact de 4 mn environ à une température de 19° C.

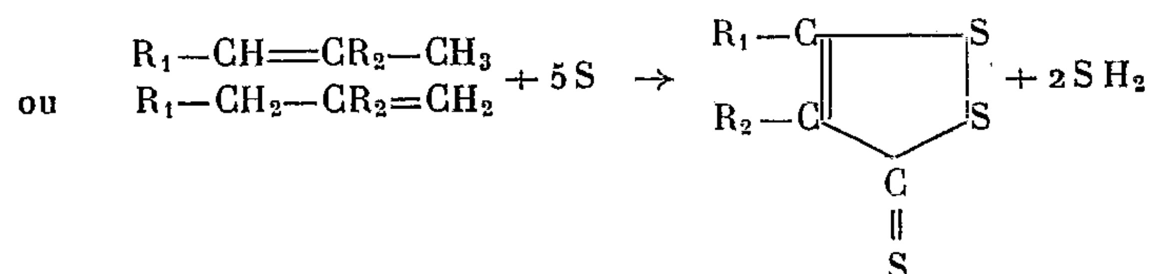
	Avant passage.	Après passage.
pH	6	6,3
d	1,41	1,349
Polarisation	12,98	12,9
Pureté Brix	89,3	95,7
Réducteurs	47,65	40,0
cendres	382	6
Coloration rouge relative	6,8	2,4

Il est à remarquer que la méthode de dosage de l'inversion par la détermination des réducteurs n'est pas absolument exacte, car il y a aussi d'autres réducteurs que les hexoses qui sont comptés; c'est pour cela que dans l'essai décrit, on trouve moins de réducteurs que ce qui correspond au sucre interverti.

Enfin, il est utile de signaler que le rendement quantitatif de cette méthode laisse tout autant à désirer que les rendements indiqués au début.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du pentasulfure de phosphore sur les esters β-cétoniques.* Note de MM. **Noël Lozac'h** et **Louis Legrand**, présentée par M. Paul Pascal.

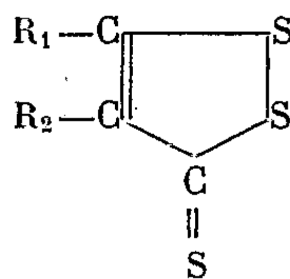
Jusqu'ici, la méthode la plus généralement utilisée pour préparer les dithiole-1.2 thiones-3, consiste dans l'action du soufre sur certains dérivés de substitution du propène ([1]), selon la réaction



Il est par ailleurs connu que l'on peut obtenir des composés thiophéniques par action du pentasulfure de phosphore sur les γ-dicétones. Nous avons pensé qu'il serait peut-être possible de préparer les dithiole-1.2 thiones-3 par action du pentasulfure de phosphore sur les esters β-cétoniques. Nous avons vérifié le bien-fondé de cette hypothèse. Par action du pentasulfure de phosphore sur les esters β-cétoniques de formule générale : $R_1—CO—CHR_2—CO—OR_3$,

([1]) N. Lozac'h, *Bull. Soc. Chim.*, 1949, p. 840; N. Lozac'h et Y. Mollier, *Bull. Soc. Chim.*, 1950, p. 1243.

nous avons obtenu les dithiole-1.2 thiones-3 de formule



Il est difficile de préciser l'expression stœchiométrique de cette synthèse, pour plusieurs raisons. En premier lieu, ces réactions sont loin d'être quantitatives, et si l'on veut faire un bilan, on est gêné par les réactions secondaires. D'autre part, cette synthèse ne se réduit pas à une simple substitution de l'oxygène par le soufre, réaction classique du pentasulfure de phosphore. Il y a également déshydrogénation, et il est difficile de déterminer par quel mécanisme l'hydrogène s'élimine sous forme d'eau, ou sous forme d'hydrogène sulfuré.

Mode opératoire. — Nous utilisons du pentasulfure de phosphore technique. Dans un ballon de 500 cm³, on place 22 g de pentasulfure de phosphore, et 0,1 mol-g d'ester β-cétonique dissous dans 75 cm³ de xylène. On adapte un réfrigérant à reflux muni d'un tube permettant d'évacuer vers une hotte les gaz dégagés. Le mélange est porté à douce ébullition pendant une heure. On laisse refroidir vers 100°, puis on ajoute 150 cm³ de benzène et 50 cm³ d'alcool. La solution organique est lavée d'abord à l'eau, puis par une lessive de soude à 5 %, et de nouveau à l'eau. Elle est enfin séchée sur carbonate de potassium.

A la solution benzénique filtrée, on ajoute 27 g de chlorure mercurique dissous dans 150 cm³ d'acétone. On agite vivement pendant 10 minutes, puis on laisse reposer pendant quelques heures. Le précipité formé, qui contient la dithiole-1.2 thione-3 sous forme de complexe mercurique, est essoré. Le précipité est mis en suspension dans de l'alcool, puis on le décompose par une solution aqueuse saturée de sulfure neutre de sodium. Le produit organique libéré est extrait au benzène. La solution benzénique est lavée à la soude diluée, puis à l'eau, et est séchée sur carbonate de potassium.

Par concentration et refroidissement, la solution benzénique abandonne des cristaux de la dithiole thione cherchée. Ces cristaux sont purifiés par cristallisation dans l'alcool ou dans l'acétone.

Méthyl-5 dithiole-1.2 thione-3. — Ce corps, fondant à 33°, a été obtenu à partir de l'acétylacétate d'éthyle. Analyse % : calculé pour $C_4H_4S_3$, C 32,40; H 2,72; trouvé, C 32,64-32,66; H 2,80-2,74.

Cette dithiole thione avait été auparavant obtenue par cracking du sulfure, ou du disulfure de *n*-butyle ([2]).

([2]) F. Wessely et A. Siegel, *Monatshefte*, 82, 1951, p. 607.

Cyclopentano-4.5 dithiole-1.2 thione-3. — Aiguilles brun-violet, fondant à 119° obtenues à partir du cyclopentanone β-carboxylate d'éthyle (ester de Dieckmann). Analyse % : calculé pour $C_6H_6S_3$, C 41,34; H 3,47; trouvé, C 41,37-41,12; H 3,56-3,53.

Nous n'avons pas trouvé ce corps décrit dans la bibliographie. Nous avons essayé sans succès de le reproduire par action du soufre sur le méthyl-1 cyclopentène.

Cyclohexano-4.5 dithiole-1.2 thione-3. — Aiguilles orange, fondant à 92°, obtenues à partir du cyclopentanone β- carboxylate d'éthyle. Analyse % : calculé pour $C_7H_8S_3$, C 44,64; H 4,28; trouvé, C 45,42-45,34; H 4,28-4,37.

Nous n'avons pas trouvé ce corps décrit dans la bibliographie. D'ailleurs, dans une Note précédente ([3]), nous avons signalé que l'action du soufre sur le méthyl-1 cyclohexène donne la benzo-4.5 dithiole-1.2 thione-3, de formule $C_7H_4S_3$, et non la cyclohexano-4.5 dithiole-1.2 thione-3.

Phényl-5 dithiole-1.2 thione-3. Cristaux orange, fondant à 125-126° préparés à partir du benzoylacétate d'éthyle. Analyse %; calculé pour $C_9H_6S_3$; C 51,39; H 2,88; trouvé; C 51,41-51,26; H 3,01-3,14.

Ce produit a le même point de fusion (pur et en mélange) que la phényl-5 dithiole-1.2 thione-3, que nous avons préparée par action du soufre sur le phényl-1 propène-1.

Méthyl-4 phényl-5 dithiole-1.2 thione-3. — Cristaux orange, fondant à 103-104°, obtenus à partir du benzoylpropionate d'éthyle.

Cette dithiole thione était déjà connue ([4]). Elle avait été préparée par action du soufre sur le méthyl-2 phényl-1 propène-1. Le point de fusion indiqué par les auteurs est 104,5-104°,8.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'ouverture du cycle des oxydes d'éthylène par l'ester malonique sodé.* Note (*) de M. **Robert Rothstein** et Mlle **Jacqueline Ficini**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Une fonction éther oxyde, alcoyl ou aryl en α par rapport au carbone porteur d'un groupe époxyde n'influe pas l'ouverture de celui-ci dans son action sur l'ester malonique sodé. Le groupe malonyl se fixe sur le carbone le moins substitué.

Dans un travail déjà ancien, nous avons montré que si l'on pouvait envisager l'ouverture du pont d'oxygène des époxydes primaires secondaires par l'ester malonique sodé suivant deux schémas différents, en fait, le groupe malonyle se fixait sur le carbone le moins substitué. Après la saponification de l'ester-

([3]) N. Lozac'h et L. Legrand, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2330.

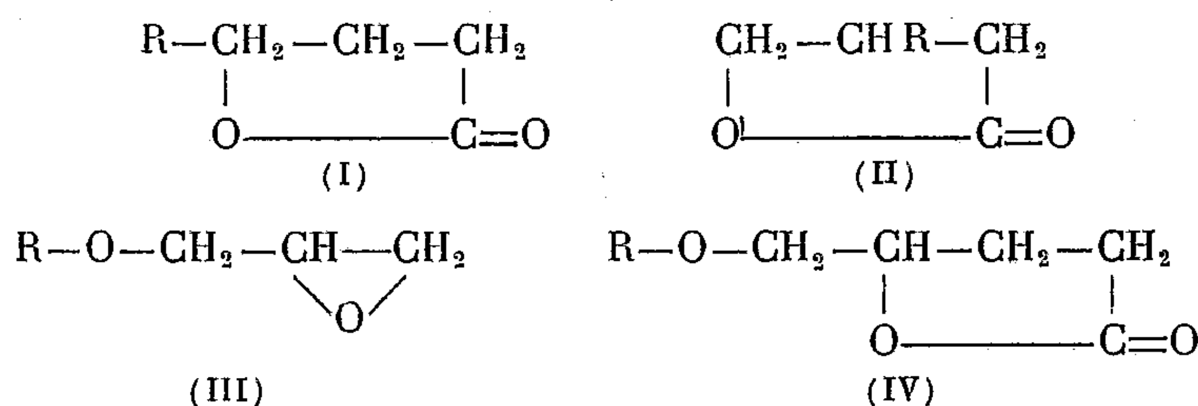
([4]) M. G. Voronkov, A. S. Broun et G. B. Karpenko, *Zhurnal Obschei Khimii*, **19**, 1949, p. 1927.

(*) Séance du 10 mars 1952.

lactone obtenu, la mise en liberté du diacide de son sel de sodium et sa décarboxylation par distillation dans le vide, on obtient une γ-butyrolactone γ substituée (I), et non pas une butyrolactone β substituée (II) également possible *a priori* (1).

La présence d'une fonction éther-oxyde en α par rapport à l'époxyde (III) et au cas où R serait un alcoyl ou un aryl, influerait-elle sur le sens de l'ouverture du pont d'oxygène?

Il n'en est rien, l'ouverture de l'époxyde semble suivre une loi générale, car le groupe malonyle se fixe encore, dans ces deux cas, sur le carbone le moins substitué pour aboutir finalement aux lactones (IV).



En suivant le mode opératoire que nous avons déjà décrit (*loc. cit.*), nous obtenons les lactones consignées dans le tableau ci-dessous avec des rendements de l'ordre de 50 à 60 % :

R—O—CH_2—CH—CH_2—CH_2
(O———CO ; O sur CH, CO sur CH_2 terminal)

R.		É (°C).	N_D^t ou F.		d_4^t.		R.M. calculé.	R.M. trouvé.	EM.
CH_3	$É_{25}$	138	n_D^{19}	1,4475	d_4^{19}	1,1245	31,005	30,919	0,086
C_2H_5	$É_{11}$	119	n_D^{20}	1,4440	d_4^{20}	1,0775	35,623	35,732	0,141
Iso C_3H_7	$É_{12}$	125	n_D^{20}	1,4420	d_D^{20}	1,0392	40,241	40,22	0,021
$n\,C_3H_7$	$É_{12}$	132	$n_D^{16,5}$	1,4460	d_4^{17}	1,0434	40,241	40,364	0,123
Iso C_4H_9	$É_{12}$	136	d_D^{18}	1,4440	d_4^{18}	1,0185	44,859	44,859	0
$n.C_4H_9$	$É_{15}$	149	n_D^{18}	1,4461	d_4^{18}	1,0237	44,859	44,89	0,031
Iso C_5H_{11}	E_{12}	150	n_D^{19}	1,4475	d_4^{19}	1,0040	49,477	49,55	0,083
C_6H_{13}	$É_7$	153	$n_D^{19,5}$	1,4500	$d_4^{19,5}$	0,9935	54,095	54,088	0,007
C_7H_{15}	E_2	137	n_D^{21}	1,4494	d_4^{21}	0,9776	58,713	58,753	0,040
C_8H_{17}	E_{15}	184	n_D^{25}	1,4490	d_4^{25}	0,9657	63,331	63,324	0,007
C_6H_5—CH_2	$É_2$	170	n_D^{17}	1,5276	d_4^{17}	1,1532	55,112	55,01	0,142
C_6H_5—CH_2—CH_2	$É_{1,5}$	172	n_D^{26}	1,5194	d_4^{26}	1,1199	59,73	59,663	0,07
C_6H_5—CH_2—CH_2—CH_2	$É_1$	173	$n_D^{15,5}$	1,5179	$d_4^{15,5}$	1,0989	64,348	64,518	0,167
C_6H_5	$É_3$	172	F	48-48°,5		–	–	–	–
$p.CH_3$—C_6H_4	$É_{1,5}$	171	F	68,5-69°		–	–	–	–
$m.CH_3$—C_6H_4	$É_{1,5}$	164–165	F	44,5–45°		–	–	–	–
$o.CH_3$—C_6H_4	$É_2$	184	n_D^{19}	1,5351	d_4^{19}	1,1597	55,112	55,313	0,201
$o.CH_3$—O—C_6H_4	$É_{1-1,5}$	186	F	71-71°,5		–	–	–	–

(1) R. ROTHSTEIN, *Bull. Soc. Chim.*, 35e série, 1935, p. 1936.

Leur structure ne fait aucun doute, car en condensant la δ-chloro γ-valérolactone, avec l'éthylate ou la phénate de sodium, on obtient des lactones dont les constantes physiques sont pour l'éthoxyvalérolactone : $É_{10}$ 117° ; n_D^{24} 1,4431, d_4^{24} 1,0691 ; RM calculé 35,623 ; trouvé 35,715 et pour le phénoxyvalérolactone $É_3$ 171-172° ; F 48-49°.

Pour l'éthoxyvalérolactone obtenue par les deux méthodes, nous trouvons aux erreurs d'expérience près même ébullition n, d et R. M. Pour la phénoxyvalérolactone, mêmes ébullition et fusion et, de plus, le point de fusion mélangé ne présente pas de dépression.

H. Leuchs, M. Giua et J. F. Brewster ([2]) ont obtenu l'éthoxyvalérolactone en condensant la chlorovalérolactone avec l'éthylate de sodium avec un rendement de 33 %.

Nous avons modifié le mode opératoire de la manière suivante : Introduire à froid la chlorovalérolactone (17 g) dans l'éthylate de sodium (4 g dans 60 cm³ d'alcool absolu). Chauffer 8 h sur bain-marie, chasser l'alcool, neutraliser par SO_4H_2 dilué, prendre dans l'éther et laver la solution éthérée jusqu'à neutralité. Chasser l'éther et rectifier le résidu dans le vide. On obtient ainsi 12 g de lactone, ce qui porte le rendement à 66 %.

L'étude comparée du point de vue olfactif des lactones (I) et (IV) qui était un autre de nos objectifs, montre que la présence de l'atome d'oxygène (éther-oxyde) dans la chaîne latérale abaisse l'intensité de l'odeur en la modifiant légèrement.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *La structure de la pyrrhotine* Fe_7S_8.

Note de M. **Félix Bertaut**, présentée par M. Charles Mauguin.

La répartition des trous dans la pyrrhotine, type d'une structure lacunaire, est ordonnée.

Depuis le travail de pionnier de Gunnar Hägg et de son école, on sait que les composés non stœchiométriques tels que $Fe_{\frac{8}{3}}O_4$ ($=Fe_2O_3\gamma$), $Fe_{1-\varepsilon}O$ et en particulier $Fe_{1-\varepsilon}S$ sont lacunaires. On admet que ce dernier composé (pyrrhotine) possède une structure hexagonale du type NiAs ([1]) soit B6 des Strukturberichte, avec des paramètres voisins de $\mathbf{a} = 3{,}44$ Å et $\mathbf{c} = 5{,}70$ Å. D'autre part, M. Néel, guidé par les mesures magnétiques de MM. Benoit et Pautenet ([2]), a conclu que la pyrrhotine devait être essentiellement une

---

([2]) *B.* 45, p. 1964.

([1]) La structure de NiAs est une succession, suivant c, de plans denses AAA... de Ni, entre lesquels s'intercalent alternativement des plans B et C de As; A, B et C sont les trois sortes de plans d'un paquetage cubique compact.

([2]) Publiés prochainement.

substance ferrimagnétique [3] avec une subdivision en sous-réseaux conditionnée par une répartition inégale des lacunes sur les plans A(001) successifs de fer. Celle-ci donnerait lieu à une raie (0001), défendue dans la structure B8. Sur les clichés faits avec des poudres de pyrrhotine, préparées par R. Benoit, nous avons effectivement observé une raie à l'endroit de la réflexion (0001). Mais comme d'une part elle est accompagnée d'autres raies très faibles, correspondant à de grandes équidistances incompatibles avec la maille habituelle et que d'autre part elle serait confondue avec la réflexion $(10\bar{1}0)$ dans une maille dont on doublerait le paramètre a, nous avons préféré étudier des monocristaux.

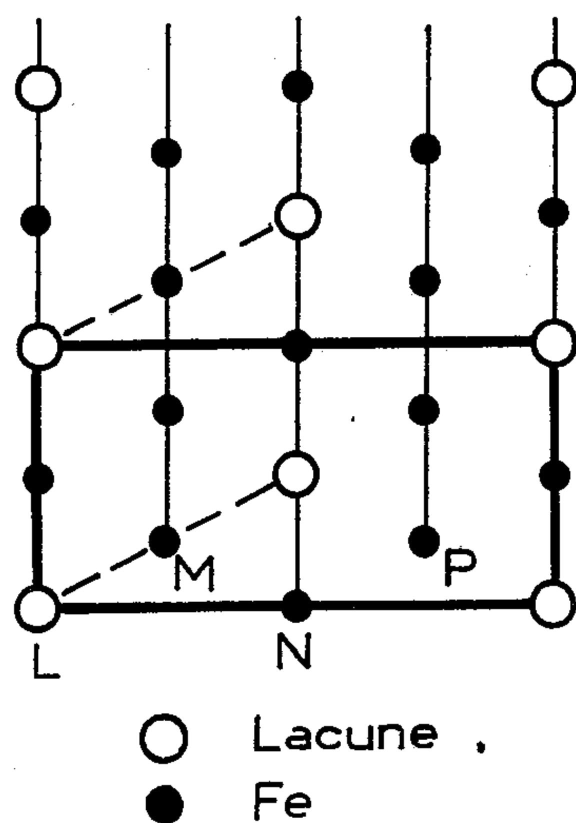


Fig. 1.

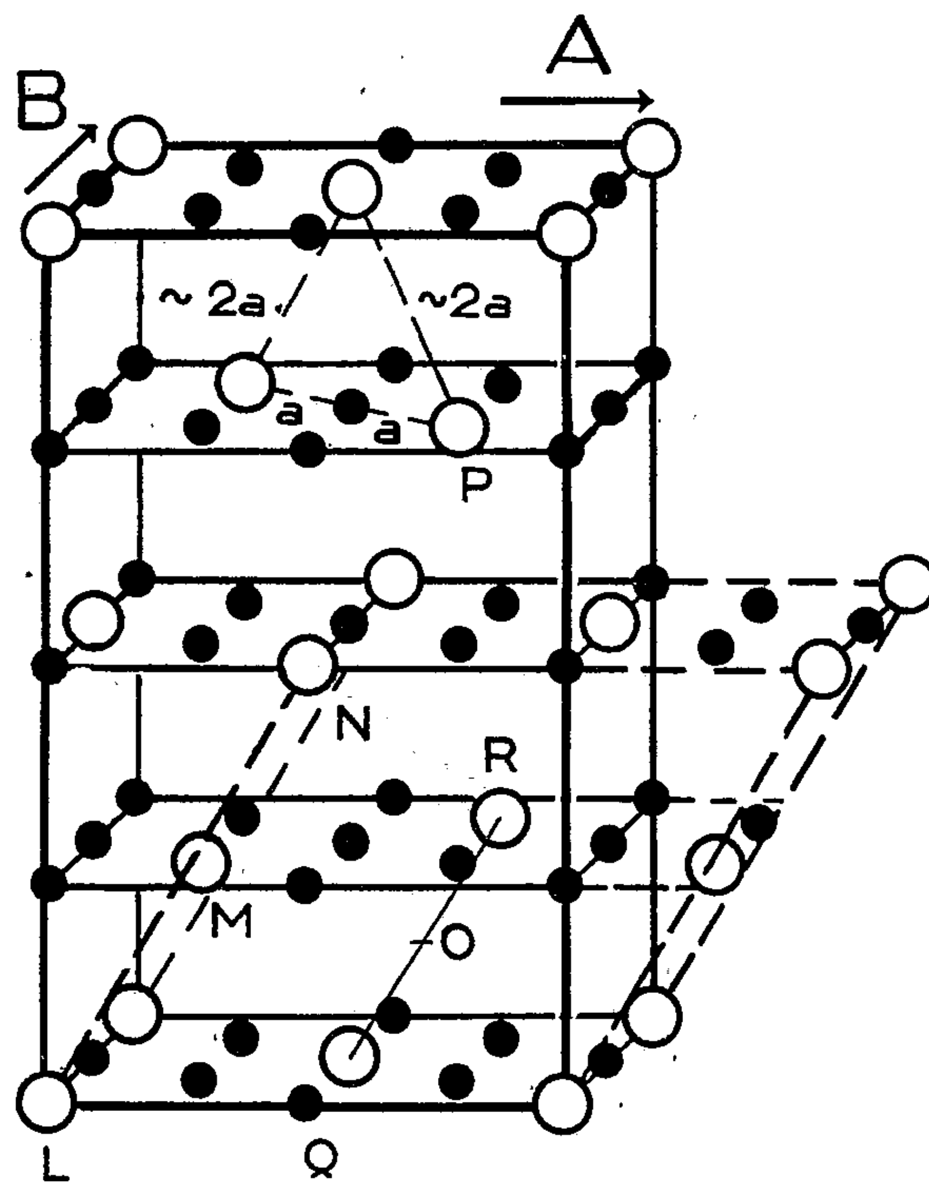


Fig. 2.

Nous avons alors identifié une maille pseudo-hexagonale, légèrement monoclinique [4], [5], de paramètres $\mathbf{B} = 6{,}865\,\text{Å} \sim 2\mathbf{a}$; $\mathbf{A} = \mathbf{B}\sqrt{3} = 11{,}9\,\text{Å}$; $\mathbf{C} = 22{,}72\,\text{Å} \sim 4\mathbf{c}$; $\beta = 89°33'$. Une règle d'extinction de la forme : (*hkl*)

---

(3) *Ann. Physique*, 3, 1948, p. 137; *Ann. Inst. Fourier*, 1, 1949, p. 163.

(4) Byström a déjà signalé en 1944 l'existence de pyrrhotines monocliniques avec $\beta = 89°37'$ dans *Arkiv för Kemi, Miner. och Geol.*, 19 B, n° 8.

(5) Après avoir achevé notre travail nous avons eu connaissance d'une étude de

n'existe qu'avec des indices de même parité, $(h0l)$ n'existe qu'avec $h+l=4n$, indique que le groupe d'espace est $F-(2/d)$.

Les très nombreuses raies à indices $l=(2n+1)$ et $l=2(2n+1)$ sont très faibles et les raies à indice $l=4n$ n'existent que si $h+k=4p$ (n et p entiers). Nous en avons déduit un motif plan très voisin de celui de B 8 et reproduit dans la figure 1 où les lacunes sont notées par des cercles vides. La structure de la pyrrhotine se déduit de la structure B8 en remplaçant suivant **c** un plan A sur deux par le motif de la figure 1 dont on translate l'origine L successivement en M, N et P, ce qui détruit la symétrie hexagonale. La figure 2, où pour plus de clarté on n'a tracé ni les plans « pleins » de fer, ni les atomes de soufre, représente la maille à faces centrées, contenant 64S et 56Fe ou 8 unités de Fe_7S_8, dont la formule correcte serait $Fe_5^{++}Fe_2^{+++}LS_8^{--}$ (L = lacune).

Le volume de la plus petite maille monoclinique est tracé en pointillé. Dans cette dernière représentation, la structure est décrite par le groupe [6] C_{2h}^6-C2/c; $\mathbf{A}'=\mathbf{A}$; $\mathbf{B}'=\mathbf{B}$; $\mathbf{C}'=12{,}82$ Å; $\beta'=62°$. La position des trous est, dans la notation des tables internationales $4e\ \pm(Oy\ 1/4)$ où $y=1/8$, l'origine étant en O, centre de symétrie (*fig.* 2), milieu de QR.

La structure traduit la tendance des lacunes à se placer aussi loin que possible les unes des autres, leur distance minimum dans le plan comme dans l'espace étant toujours voisine de 2 **a**.

L'étude d'un raffinement possible des paramètres atomiques est en cours.

GÉOLOGIE. — *Présence d'une phase d'émersion dans le Jurassique supérieur des Causses Méjean et Sauveterre* (*Lozère*). Note de M. **Pierre Donze**, transmise par M. Maurice Gignoux.

Vers la fin du Jurassique supérieur, sur toute l'étendue des Causses Méjean et Sauveterre, il s'est produit une émersion se traduisant par un niveau laguno-lacustre, surmonté d'ailleurs d'assises calcaires indiquant le retour à un régime marin franc.

On connaît depuis longtemps l'existence, dans la région de la Parade sur le Causse Méjean, d'un faciès lagunaire, sous forme de calcaires en plaquettes contenant une faune saumâtre [1]. A la suite d'une étude

---

J. M. Buerger, citée dans Structure Reports : *Amer. Miner.*, 32, 1947, p. 411, d'après laquelle la pyrrhotine est hexagonale avec les paramètres $\mathbf{A}=6{,}87$ Å et $\mathbf{C}=22{,}7$ Å. J. M. Buerger a probablement eu à faire à des mâcles qui d'ailleurs ont considérablement gêné notre travail.

([6]) Le groupe C_s^4-Cc ne peut être exclu.

([1]) Feuille de Séverac au 1/80 000, 1re édition. H. Agalède, *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 79, 1944, p. 190-191.

micrographique détaillée ([2]), j'ai montré qu'il s'était produit, dans cette région, une véritable émersion marquée par des calcaires lacustres à *Chara*, des marnes vertes, des brèches à cailloux noirs et à cailloux multicolores; tandis que les dernières assises marquent le retour au régime marin franc.

Or, ce faciès, loin d'être localisé, possède une vaste extension. En effet, bien qu'il ne soit pas possible d'effectuer des coupes de détail, on le reconnaît en de nombreux autres points des Causses Méjean et Sauveterre.

a. Causse Méjean. — Les calcaires lacustres à *Chara*, les brèches à cailloux noirs et à cailloux multicolores s'observent à l'Est du Causse vers le kilomètre 26 de la route les Vignes-Florac, au pied d'une butte dominant une dépression cultivée, peu avant la plaine de Chanet. A l'Ouest du Causse, on observe aussi des calcaires à petits cailloux noirs, aux environs de cette même route, entre le Col de Rieisse et la Croix-Blanche. Ils surmontent l'importante formation dolomitique gris roussâtre, tandis, qu'au-dessus d'eux, passent des bancs de calcaire fin, pseudoolithique ou dolomitique, dont l'épaisseur, difficile à préciser, peut être évaluée à une quarantaine de mètres.

b. Causse de Sauveterre. — Dans la partie centrale du Causse, le chemin reliant la Malène au hameau des Recoulettes recoupe, peu après le Mazel-Bouissy, des bancs de calcaire à cailloux noirs; tandis qu'au Nord-Est de ce hameau, autour d'une dépression cultivée, affleurent les calcaires lacustres à Gyrogonites de *Chara*, les marno-calcaires lagunaires en plaquettes et les brèches à cailloux multicolores.

Plus à l'Ouest, dans la région de Saint-Georges-de-Lavéjac, on retrouve le même faciès : calcaires à cailloux multicolores, calcaires lagunaires en plaquettes, aux alentours de la route les Vignes-la-Canourgue, non loin de l'embranchement conduisant au Point-Sublime, ainsi que dans la dépression herbeuse au Sud-Ouest du Mas Rouch.

Il s'est donc produit, vers la fin du Jurassique supérieur, dans toute la région des Causses Méjean et Sauveterre, un important mouvement de régression marine, auquel a succédé le retour de la mer. Les formations lacustres et saumâtres sont, en effet, toujours surmontées par des bancs de calcaire fin, pseudoolithique ou dolomitique, avec Foraminifères et très nombreuses *Clypeina jurassica* Favre; et ce sont ces dernières assises qui, plus résistantes, forment les points culminants actuels.

([2]) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1044.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge du « grès d'Annot » dans sa localité-type (Basses-Alpes).* Note de M[me] **Yvonne Gubler**, MM. **Jacques Flandrin** et **Jacques Sigal**, transmise par M. Maurice Gignoux.

Des observations nouvelles permettent de dater de l'Auversien la transgression nummulitique, d'identifier l'âge des marnes bartoniennes sus-jacentes, de préciser l'âge minimum du grès d'Annot et de confirmer son attribution à l'Oligocène.

Dans la localité classique des Scaffarels, 3 km à l'aval d'Annot, on peut lever une coupe détaillée de toute la série nummulitique, depuis le Crétacé supérieur jusqu'au sommet du grès d'Annot, qui complète les informations apportées déjà par J. Boussac, A. F. de Lapparent et M. Mainguy. La succession la plus complète s'observe au pont de Gai, sur le Colomb, où les assises inférieures du Nummulitique surmontent en nette discordance angulaire les calcaires à Spongiaires du Sénonien. Ce dernier est daté du Coniacien-Santonien inférieur par une microfaune où manque *Globotruncana stuarti* et dont les éléments significatifs sont : *Globotruncana coronata*, *G. lapparenti*, *G. arca* primitive, *G. linnei*, *Arenobulimina* sp., *Verneuilina münsteri*, *Tritaxia* cf. *compressa*, *Allomorphina conica*, *Stensioina exsculpta*. Au-dessus viennent :

1° Barre calcaire massive, 7 m, reposant sur la surface crétacée corrodée. *a*. Les cinq premiers mètres renferment en abondance, outre *Nummulites incrassatus* de la Harpe, *N. aturicus* Joly et Leym. -*rouaulti* d'Arch. et *N. contortus* Desh. -*striatus* Brug., dont quelques individus aplatis et à spire lâche ne peuvent cependant pas être confondus avec *N. bouillei*. Ces déterminations ont d'ailleurs été confirmées par M. R. Abrard qui a bien voulu discuter avec nous de tous nos échantillons. *b*. A environ 1 m seulement au-dessus de la base s'ajoute *N. fabianii* Prever. *c*. Dans les deux derniers mètres on n'observe plus que quelques rares *N. contortus*, au milieu de nombreuses *N. incrassatus*. Une vire étroite de quelques centimètres surmonte ce banc; elle correspond à un niveau de remaniement bréchique qui comporte des éléments crétacés.

2° Barre calcaire massive, 10 m; la seule Nummulite qui y soit représentée, en extrême abondance, est *N. incrassatus*, associée à de nombreuses Discocyclines.

3° Un régime de calcaires construits, séparés par des lits plus marneux qui soulignent la stratification, s'établit sur une dizaine de mètres. L'ensemble renferme une faune abondante de Polypiers, Oursins, Lamellibranches, Gastéropodes, Serpules, déjà décrits par les auteurs cités. On y observe encore *N. incrassatus* en nids au milieu de Discocyclines. Vers le haut, dans des niveaux calcaires en plaquettes. *N. fabianii* reparaît, à côté de *N. incrassatus*.

4° Marnes bleues, encore grumeleuses à la base et extraordinairement riches en Discocyclines, avec déjà des microforaminifères, puis, sur 80 m environ, des marnes bleues franches où les Discocyclines ont disparu, mais renfermant une microfaune très riche.

5° Banc de calcaire microbréchique, 20 cm, bourré de Milioles et contenant en grande abondance *N. fabianii*, *N. incrassatus* avec encore des fragments de Discocyclines. En lame mince, le Professeur Reichel y a reconnu des sections probables d'*Helicolepidina* (1), ainsi que d'*Asterigerina* et *Halkyardia*.

(1) Genre ainsi rencontré pour la première fois en Europe.

Une lame mince montre en outre une section d'un Foraminifère remarquable par la constitution très simple des formations latérales uniquement composées de logettes, et qui ne peut être rapportée qu'à une Discocycline.

C'est une section tout à fait identique que S. Deb figure (pl. V, 2*a*) dans une lame du grès d'Annot sous le nom de *Lepidocyclina* sp. en association avec *N. intermedius*, *N. incrassatus* et *N. contortus-striatus* tout à fait caractéristiques de l'Oligocène.

6° Marnes bleues, 20 m environ. Dans des niveaux équivalents, juste sous les grès, à l'aplomb d'Annot, un échantillonnage a donné, entre autres espèces de Foraminifères : *Spiroplectammina nuttali*, *Vulvulina chirana*, *Planularia brandsi*, *Marginulina pediformis*, *Marginulinopsis infra-compressa*, *Vaginulinopsis* cf. *asperula* Halkyard 1919 (*non* Gümbel), *Reussella moodysensis*, *R. byramensis*, *Angulogerina elongata*, *Uvigerina basicordata*, *U. mexicana*, *Bolivina cælata* Nuttal 1932 (*non* Cushman), *Nodosarella subnodosa*, *Pullenia compressiuscula*, *Gyroidina* aff. *condoni*, *G.* aff. *kiliani*, *Parrella mexicana*, *Cassidulina alabamensis*, *Globigerina* nombreuses dont *G. ouachitænsis* var. *senilis*, *Globorotalia cocoænsis*, *Anomalina alazanensis*, *Cibicides mexicanus*, *Planulina* aff. *mantænsis*.

7° Grès d'Annot, débutant par un niveau de lignites associés à un grès grossier chargé de quartz laiteux; l'ensemble forme plusieurs barres massives de 20 à 40 m, séparées par des vires de grès plus tendres. Dans une de celles-ci, au-dessus de la seconde barre (environ au 1/3 de la hauteur totale) nous avons trouvé une Assiline très vraisemblablement roulée et une section équatoriale d'*Operculinoides* cf. *nassauensis* Cole, dont les loges sont remplies par les grains de quartz du grès même; cette remarque, jointe à celle de la fragilité du test, est un argument pour la considérer comme non remaniée.

Il découle de ces faits que l'extrême base de la coupe (1 *a*), qui renferme l'association caractéristique *N. contortus-striatus* et *N. aturicus-rouaulti*, serait l'équivalent de l'Auversien alpin. A partir du niveau 1 *b*, où apparaît *N. fabianii*, associée encore avec *N. contortus*, on se trouverait dans le Bartonien inférieur (Lédien); la persistance de *N. aturicus*, apparemment non remaniée, sur quelques mètres peut amener à étendre légèrement vers le haut l'extension de cette espèce, ainsi que cela se produit peut-être aussi dans les marnes bartoniennes de Biarritz (Abrard, A.-F. de Lapparent). La disparition de *N. contortus*, qui coïncide avec la légère transgressivité du banc 2, marquerait la base d'un Bartonien supérieur (Ludien). Par ailleurs la persistance de *N. fabianii* dans le niveau 5 place encore celui-ci et les marnes sous-jacentes dans cet étage.

D'autre part les indications données par la microfaune recueillie dans le niveau 6 situent celui-ci nettement au-dessus des marnes à Pentacrines de Biarritz ou des Stadschiefer de l'Helvétique étudiés récemment par Bolli (= *Bulimina jacksonensis* zone) et le rapproche plus de l'Oligocène inférieur que de l'Éocène supérieur.

La base des grès d'Annot repose donc sur du Ludien très élevé, sinon sur des termes légèrement plus jeunes. En outre, *O. nassauensis*, décrite dans l'Oligocène et les couches les plus hautes de l'Éocène supérieur (Calcaire d'Ocala) en Floride, semble confirmer l'âge oligocène inférieur du début de la formation des grès d'Annot en ce point.

GÉOLOGIE. — *L'extrémité Nord de la chaîne des Aravis (Haute-Savoie) : essai d'interprétation tectonique.* Note de M. **Jean Rosset**, transmise par M. Léon Moret.

Les résultats de la campagne d'été 1951, ainsi que les observations effectuées en 1950, par Mme Gubler et ses élèves de l'École Nationale Supérieure du Pétrole, me permettent d'apporter un certain nombre de précisions sur la structure géologique de l'extrémité Nord des Aravis (région comprise entre Balme, Magland, Le Reposoir, Romme, La Frasse, La Plagne, de la feuille Cluses au 1/20 000, n° 2).

Allure générale du front de la nappe à l'Est du synclinal de Romme-la Frasse-la Plagne. — Sur la rive gauche de l'Arve, la tête plongeante du pli couché [anticlinal III de L. Moret (1)] est découpée en nombreux compartiments plus ou moins décalés par des failles inverses Nord-Nord Ouest, normales à la direction du pli. Ces failles en ciseaux rappellent tout à fait celles qu'on observe dans le pli parautochtone du Bargy-Rocher de Cluses, à l'Est du synclinal du Reposoir-Romme. Suivant l'avancée et l'élévation relative des divers compartiments, l'érosion a laissé subsister la couverture nummulitique, parfois même les grès de Taveyannaz; ailleurs elle a déblayé jusqu'au Sénonien, au Gault ou même à l'Urgonien qui apparaît en plusieurs boutonnières (Cornes d'Ombrance, Brion, chemin de Romme au chalet des Vuardes).

Complications survenant à l'extrémité Nord. — La tectonique se complique à partir d'une faille de direction Nord-Nord Ouest (faille des Vuardes) qui met en contact le Priabonien et le Sénonien du compartiment affaissé des Vuardes avec le lapiaz urgonien de la forêt des Laÿs. L'Urgonien des Laÿs est brusquement interrompu au Nord-Ouest par une faille importante (faille du Rocher Blanc) ou plutôt par tout un jeu de failles parallèles dirigées Ouest-Sud Ouest. Cet accident le décroche de 450 à 500 m et, plus bas, il reparaît en charnière dans la falaise qui domine la forêt de la Douve, surmonté par quelques mètres de Gault, 350 m de Sénonien, une falaise lutétienne de 70 m et un Priabonnien épais; le tout forme le compartiment du Rocher Blanc. L'explication la plus simple serait d'y voir une série sédimentaire normale, déposée dans un compartiment abaissé par faille ancienne. Mais les couches y ont une épaisseur anormale; elles présentent une allure tourmentée, extrêmement plissotée, l'aspect d'une pièce d'étoffe qui s'est irrégulièrement repliée sur elle-même en tombant. Le terme de « synclinal du Rocher Blanc » proposé en 1949 (2)

(1) *Mém. Soc. Géol. France,* nouvelle série n° 22, 1934.

(2) L. Moret et J. Rosset, *Comptes rendus,* 229, 1949, p. 914.

ne convient donc pas ici. L'explication la plus satisfaisante consiste à admettre un décollement de la couverture de Crétacé supérieur et de Nummulitique du compartiment des Laÿs qui a glissé par gravité vers le Nord-Nord Est, sur la charnière urgonnienne effondrée du compartiment du Rocher Blanc. On peut d'ailleurs observer l'amorce du même phénomène sur l'autre rive de l'Arve, à l'extrémité Nord des falaises d'Arâches.

Dans les falaises et les bois qui dominent l'Arve, au-dessus de Bareys et de Chamonix, l'étude des affleurements apporte d'autres enseignements. Le cœur urgonien du Rocher Blanc, emballé par le Gault et le Sénonien, marque l'avance extrême du pli III des Aravis sur le synclinal pincé de la Frasse-la Plagne.

Un jeu de failles en queue de cheval sépare ce compartiment de celui des Laÿs. La plus méridionale, très oblique, met en contact le Sénonien du compartiment Rocher Blanc, au Nord, avec l'Hauterivien horizontal du noyau des Laÿs, au Sud. Dans la région du Bouattet, on observe au contact un lambeau pincé, fortement tectonisé, d'Urgonien et de Gault. Au-dessous de cette faille, devenue horizontale, nous retrouvons, à l'Ouest des chalets de « sous Radon », une falaise de Sénonien, très plissée, avec un peu d'Urgonien et de Gault à la base, formant un repli synclinal. Ces écailles-témoins jalonnent le plan de chevauchement du compartiment Rocher Blanc.

Une nouvelle faille horizontale Nord-Nord Est, faisant un angle aigu avec la précédente, limite l'ensemble d'un compartiment inférieur formé surtout d'Urgonien à noyau hauterivien. Cet Urgonien, enveloppé de Gault et de Sénonien à pendage général Nord-Est, descend vers le Queut où il s'incurve brusquement, formant une falaise de direction Est-Nord Est, située à peu près dans le prolongement de la grande faille du Rocher Blanc. Ce compartiment est chevauché du Sud au Nord par les compartiments des Laÿs, puis du Rocher Blanc.

Conclusions. — 1. L'extrémité N de la chaîne des Aravis ne correspond pas à la superposition normale de plis simples.

2. Les falaises qui dominent l'Arve à l'Ouest sont formées tout entières par les éléments disloqués de l'anticlinal III de Moret, qui chevauche le synclinal la Frasse-la Plagne et l'anticlinal du Queut (anticlinal de la Plagne, II de Moret, *loc. cit.*, *fig.* 16).

3. L'anticlinal III est décollé par rapport à son substratum, ce dont témoignent les failles horizontales observées (le Bouattet, les Vuardes) sous l'abrupt de la falaise des Aravis.

4. Au cours des efforts de traction qui se sont manifestés pendant la mise en place de cette unité, se sont formés des compartiments effondrés dans lesquels sa couverture sénonienne et nummulitique a glissé en se repliant sur elle-même.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le noyau quiescent dans l'axe hypocotylé de* Phaseolus vulgaris *L.* Note de MM. **Maurice Hocquette** et **Victor Prudhomme**, présentée par M. Roger Heim.

Dans l'axe hypocotylé de *Phaseolus* les noyaux quiescents sont caractérisés par un enrichissement en substance chromatique et notamment en acide thymonucléique. Cette richesse chromatique varie avec la différenciation cellulaire, avec l'activité physiologique de la cellule. Celle-ci se manifeste par la formation de nucléoles et d'amas chromatiques surnuméraires. L'hyperactivité nucléolaire est en rapport avec l'activité trophique des cellules.

Tous les noyaux quiescents de l'axe hypocotylé de *Phaseolus* étudiés à l'aide de diverses techniques cytologiques (fixation par les liquides de Benda, Benda-Zweuw, Zenker; coloration par le violet de gentiane, l'hématoxyline, par les méthodes de Volkonsky et de Feulgen) présentent une caryolymphe absolument homogène. Les amas chromatiques sont de très petite taille, de forme presque ponctuelle; quatre ou cinq d'entre eux sont toutefois un peu plus volumineux et plus colorables que les autres.

Les granulations chromatiques de ces noyaux quiescents sont fréquemment en nombre supérieur à 22 (chez *Phaseolus* $2n = 22$) : on en compte de 23 à 36; elles sont toutes de taille sensiblement égale et l'on n'observe pas la diversité de forme et de volume qu'elles présentent chez *Cucurbita Pepo*.

Il est difficile, du seul point de vue morphologique, d'assimiler toutes ces granulations à des prochromosomes ou de considérer certaines d'entre elles comme des éléments chromatiques d'une autre nature.

Le nucléole, relativement volumineux, présente toujours une zone centrale peu chromatophile et une zone périphérique peu épaisse mais intensément chromatophile. Cette dernière apparaît, dans la majorité des cas, comme un liséré parfaitement régulier mais assez souvent elle se présente comme une écorce d'épaisseur variable et très irrégulière où se succèdent des dilatations et des contractions. Cet aspect de la périphérie du nucléole est sans doute en rapport avec l'activité nucléolaire que nous signalons plus loin.

Les deux zones de chromaticité différentes du nucléole s'observent encore sur celui-ci lorsqu'il est arraché du noyau par le rasoir; c'est une preuve qui vient s'ajouter à d'autres fournies ailleurs que la zone externe appartient bien au nucléole et même s'il ne s'agissait que d'un phénomène d'absorption il devrait se manifester aussi à la limite périnucléolaire de l'enchylème nucléaire.

Dans un même axe hypocotylé la chromatophilie du nucléole est variable suivant les tissus : elle est plus élevée dans la région vasculaire et endo-

dermique et dans l'épiderme que dans la zone médullaire et l'écorce. L'hyperchromatophilie nucléolaire apparente surtout à la périphérie du cylindre central, dans l'endoderme et dans l'épiderme, se marque nettement à l'hématoxyline et au violet de gentiane; elle s'accompagne de modifications dans les affinités habituelles par la technique de Volkonsky et par celle de Feulgen. Au Volkonsky normal ou modifié le nucléole apparaît azurophile, légèrement dans toute sa masse et fortement à la périphérie; au Feulgen le nucléole se teinte entièrement en rose plus ou moins violacé et sa bordure est plus colorée. On constate donc, par ces techniques, un enrichissement du nucléole en acide thymonucléique, en particulier de sa région périphérique.

Plusieurs auteurs (P. Dangeard, A. Eichhorn, etc.) ont décrit dans le noyau des cellules du méristème, un corps annexe très chromatique situé au voisinage du nucléole; il a été considéré comme étant de nature nucléolaire. Dans l'axe hypocotylé il est souvent possible d'observer l'existence de plusieurs globules périnucléolaires, quelquefois réunis à la périphérie nucléolaire par un fin tractus et laissant momentanément à leur niveau, après rupture, une expansion pédicellaire à la surface du nucléole. On peut suivre par une suite de transitions la transformation des bourgeons nucléolaires équivalant au corps annexe en nucléoles surnuméraires qui, dans des noyaux que leur volume ne distingue pas des autres, peuvent être au nombre de trois.

Si l'on peut suivre le passage des bourgeons nucléolaires au corps annexe et à ses équivalents, et de ceux-là aux nucléoles surnuméraires, on peut aussi assimiler, en raison de leurs affinités chromatiques qui s'affirment quelle que soit la technique de coloration utilisée (la ribonucléase a été employée et les résultats obtenus seront publiés ultérieurement) les proliférations nucléolaires et les corpuscules qui en sont issus, au moins lorsqu'ils sont de petite taille, aux amas chromatiques correspondant aux prochromosomes. Le nombre d'amas chromatiques supérieur à la caractéristique diploïdique pourrait avoir cette origine. La taille exiguë des prochromosomes de *Phaseolus* rend difficile une interprétation rigoureuse d'une part de l'augmentation des amas chromatiques offrant de grandes analogies avec les prochromosomes, d'autre part de leur origine et de celle des nucléoles surnuméraires.

Quoi qu'il en soit l'axe hypocotylé de *Phaseolus* se présente comme une région où les noyaux quiescents sont caractérisés par un enrichissement, par rapport aux noyaux interphasiques des méristèmes, en substance chromatique et notamment en acide thymonucléique. La richesse chromatique de ces noyaux varie avec la différenciation cellulaire, avec l'activité physiologique de la cellule. Celle-ci se manifeste par la formation de nucléoles et d'amas chromatiques surnuméraires qui est liée au bour-

geonnement nucléolaire. L'hyperactivité nucléolaire, l'accumulation d'acides nucléiques combinés est en rapport avec l'activité trophique des cellules.

Les phénomènes décrits sont à rapprocher de ceux qui ont été signalés précédemment chez *Cucurbita Pepo* (M. et Mme M. Hocquette et M. Hocquette).

TÉRATOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur les tumeurs héréditaires de certains hybrides interspécifiques de* Nicotiana. Note de M. **Camille Izard**, présentée par M. Louis Blaringhem.

A la suite des recherches que nous avons entreprises sur les tumeurs héréditaires de certains hybrides interspécifiques de *Nicotiana* (1), nous avons mis en évidence deux processus distincts en ce qui concerne l'origine des néoplasmes. D'une part, ce que nous proposons d'appeler la « néoplasie directe », c'est-à-dire le développement d'une excroissance, à partir d'un méristème normalement situé, et d'autre part, la « néoplasie indirecte », c'est-à-dire la formation d'une tumeur à partir de blessures plus ou moins profondes de certains organes (feuilles en particulier).

Les tumeurs de bourgeons se développent par néoplasie directe à partir de méristèmes dont l'activité morphogène se trouve déviée dans le sens hyperplasique; cette déviation a lieu, le plus souvent, au moment de la phase pré-florale et se traduit, tout au moins au début, par une parenchymatisation irrégulière de l'apex; parenchymatisation qui définit de nouvelles zones de méristème fonctionnant par la suite d'une manière autonome. Il existe donc un remaniement profond de ces méristèmes qui prennent la valeur de « centres tératogènes ».

Les tumeurs de racines ont une origine profonde et dérivent le plus souvent des méristèmes des jeunes racines en voie de formation.

Les tumeurs qui se développent sur des lésions, relèvent de la néoplasie indirecte. Elles mettent, en évidence, la très grande plasticité des tissus qui constituent les organes des hybrides tumoraux. Dans ce dernier cas, le point de départ du néoplasme, consiste en une « dédifférenciation » cellulaire (tissu palissadique par exemple) qui rappelle les phénomènes connus de la régénération.

Les tumeurs spontanées des *Nicotiana* ne produisant jamais de racines, nous avons cherché à étudier le potentiel rhizogénique de l'hybride *N. glauca* Grah. × *N. Langsdorffii* Weinm. à partir de fragments de tiges et de feuilles isolées, en survie. Castan (2) avait obtenu le bouturage d'éléments de tige prélevés sur le même hybride, après traitement à l'aide d'une

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 877

(2) *Thèse Docteur ès Sciences*, Paris, 1940.

solution d'acide α-naphtalène acétique. Ce même chercheur avait également essayé, sans succès, le bouturage des feuilles. En ce qui nous concerne, nous avons traité les boutures de tige et les feuilles, à l'aide de solutions aqueuses d'acide β-indolacétique et d'acide α-naphtalène acétique, aux concentrations de 10, 50 et 100 mg de produit par litre; les durées de trempage dans les solutions actives étant selon les lots, de 12 ou 24 h, avant la mise en place sur eau pure.

Dans le cas des boutures de tige, nous avons observé une intense rhizogénèse, notamment avec l'acide β-indolacétique, employé à raison de 50 mg : l pendant 24 h. Sur les feuilles, trois jours après les traitements, nous avons noté l'apparition de petites tumeurs pustuleuses et verdâtres, sur ou au voisinage des nervures, plus particulièrement là où s'était produite une lésion. Ces tumeurs apparurent aussi bien sur les feuilles traitées que sur les feuilles témoins; en aucun cas, le traitement par les substances de croissance indiquées ci-dessus, ne modifia dans un sens ou l'autre, les processus néoplasiques des feuilles traitées par rapport aux feuilles témoins. Par contre, nous avons obtenu, pour la première fois à notre connaissance, la néoformation de racines sur les feuilles isolées, après traitement auxinique seulement. En effet, donnèrent des racines les feuilles traitées à l'acide β-indolacétique, à raison de 10, 50, 100 mg : l pendant 24 h et les feuilles traitées à l'acide α-naphtalène acétique, aux mêmes concentrations pendant 12 h. Les racines prirent naissance, de part et d'autre, de la nervure centrale, soit sur la face supérieure, soit sur la face inférieure, et également sur les nervures secondaires, du côté basal des feuilles. En aucun cas, les racines ne prirent naissance à partir des tumeurs.

Étant donné que nous n'avons jamais observé de racines sur les feuilles témoins et que le traitement aux substances de croissance provoque une intense rhizogénèse, nous supposons que les feuilles de l'hybride sont en déficience auxinique et que la réaction de fixation de la rhizocaline ne peut avoir lieu. En outre, étant donné que ce même traitement ne modifie pas les processus tumoraux des feuilles traitées par rapport aux feuilles témoins, nous pensons qu'il existe un complexe chimique spécifique, responsable de la tumorisation et déterminé génétiquement.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Action d'un extrait liquide de graines de Maïs immatures (lait de Maïs), sur la croissance des tissus de tubercules de Topinambour cultivés* in vitro. Note de MM. **Georges Netien** et **Gildas Beauchesne**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons fait part (1) de l'action sur la croissance des tissus de Carotte

(1) G. Netien, G. Beauchesne et Ch. Mentzer, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 92.

cultivés *in vitro*, d'un extrait liquide de graines de Maïs immatures dit « lait » de Maïs. Ce « lait » de Maïs stimulait d'une manière très importante la prolifération de ces tissus. Cet extrait contenait des auxines. Nous avons voulu, en nous adressant à des tissus végétaux incapables de proliférer sans auxines, déterminer quelle part pouvait revenir à ces substances dans le développement de ces tissus cultivés sur extrait de Maïs.

Dans un extrait de Maïs récolté en juillet-août 1951 et stérilisé 20 mn à 120°, nous avons fait déterminer la teneur en substances auxiniques. Ce dosage fait au moyen de la méthode du test-Avoine par Mlle Kulescha, a décelé une concentration de ces substances équivalant à 4×10^{-5} d'acide indolacétique.

Nous nous sommes adressés dans cette série d'expériences aux tubercules de Topinambour dont les tissus ne peuvent à peu près pas croître *in vitro* sans substances auxiniques (²). Ceci devait nous permettre de comparer l'action sur les cultures, des concentrations d'acide indolacétique correspondant aux auxines apportées par l'extrait de Maïs ajouté au milieu de base. Ce milieu de base était celui de R.-J. Gautheret, légèrement modifié : liquide de Knop dilué au demi, auquel on ajoutait 1 % de gélose et 5 % de glucose. A partir de ce milieu, nous avons préparé les séries de cultures suivantes : 1° Une série témoin sans acide indolacétique ni extrait de Maïs. 2° Trois séries aux concentrations : 10^{-5}, 4×10^{-6} et 2×10^{-6} d'acide indolacétique, correspondant aux quantités d'auxines qu'apportait l'extrait de Maïs dans les milieux suivants. 3° Trois séries dont les milieux comprenaient respectivement : 25, 10 et 5 % d'extrait de Maïs.

Tous ces milieux ont été stérilisés 20 mn à 120°, puis ensemencés de fragments de tubercules de Topinambour (12 par série) pesant en moyenne 5 000 mg. Au bout de 30 jours de culture, les fragments furent pesés de nouveau, et l'accroissement calculé par différence entre le poids initial et le poids final. Pour permettre une plus juste estimation des différences de croissance, dans le tableau suivant, nous avons tout rapporté à 1000 mg de culture initial et nous donnons deux indices d'accroissement, l'un par rapport au témoin, l'autre par rapport à la moyenne des rendements avec l'acide indolacétique. Notons qu'aux concentrations utilisées ici pour cette substance, les différences ne sont pas très notables.

Ce tableau montre : 1° que les tissus de tubercules de Topinambour cultivés *in vitro* sans acide indolacétique ni extrait de Maïs ne se développent pratiquement pas; 2° l'acide indolacétique aux concentrations utilisées favorise nettement la prolifération des tissus, mais : 3° l'accrois-

(²) R. J. Gautheret, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 24, 1942, p. 23.

sement des cultures faites sur les milieux contenant de l'extrait de Maïs à 5, 10 et 25 %, est, par rapport à l'accroissement donné par l'acide indolacétique, respectivement 2,7, 3,8, 4,2 fois plus important.

Nature du milieu.	Poids final rapporté à 1000 mg.	Accroissement rapporté à 1000 mg.	Indice absolu.	Indice relatif à l'acide indole-acétique.
Témoin sans acide indolacétique ni extrait de Maïs........	1 200	200	0,2	–
Avec ac. indolacétique (moy.)...	3 200	2 200	2,2	1
Maïs 5 %....................	7 000	6 000	6	2,7
» 10 %....................	9 500	8 500	8,5	3,8
» 25 %....................	10 300	9 300	9,3	4,2

Les auxines ne peuvent donc être tenues pour seules responsables de l'important développement des tissus cultivés *in vitro* sur milieu contenant l'extrait de Maïs. Nous pensons, à la suite d'autres expériences en cours, qu'il s'agirait d'une action corrélative de plusieurs substances.

Notons que, suivant l'époque où l'extrait de Maïs est récolté, la teneur en auxine varie, et peut-être aussi la teneur en cet autre (ou ces autres) principe(s) actif(s). Remarquons que les tissus de Carotte, plus sensibles à l'acide indolacétique avaient leur maximum de croissance à 10 % d'extrait (1). Enfin, il nous semble que l'extrait de Maïs est nettement plus actif que le lait de Coco, étudié par Louis Duhamet (3).

PHYSIOLOGIE. — *La discrimination du plan de polarisation de la lumière par l'œil de l'Abeille.* Note (*) de Mlle **Paulette Berger** et M. **Jacob Segal**, transmise par M. Robert Courrier.

On sait que certains insectes, notamment les abeilles et les fourmis, sont capables de s'orienter suivant le plan de polarisation de la lumière du ciel. Il a été admis que les plaques de chitine transparente qui couvrent chaque ommatidie de l'œil et forment, dans leur ensemble, la cornée à facettes, possèdent une biréfringence suffisante pour déterminer un plan d'extinction tout au moins partielle et que les huit cellules allongées, entourant le rhabdome et habituellement considérées comme étant les cellules sensorielles, permettent la discrimination de l'image produite par ce microanalyseur.

Un tel mécanisme supposerait l'existence, dans chaque cornée individuelle, d'une structure lamellaire concentrique. Or, l'examen des coupes

(3) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1353.

(*) Séance du 3 mars 1952.

nous révèle des lamelles orientées parallèlement à la surface de l'œil. L'examen au microscope polarisant de cornées d'abeille isolées et nettoyées des pigments qui y adhèrent montre, comme il fallait s'y attendre, l'absence complète de biréfringence annulaire.

Par contre, on observe, sur ces préparations, un autre type de biréfringence. Dans les cornées disséquées en entier et présentant, de ce fait, une forte courbure, la partie centrale, orientée perpendiculairement aux rayons lumineux, reste sombre dans le champ du microscope polarisant, tandis que la périphérie, où l'incidence de la lumière est oblique, s'éclaire fortement en présentant une croix d'extinction typique. Dans les préparations où la cornée a été découpée en bandes et aplatie convenablement, la biréfringence marginale disparaît. Elle n'est donc pas due à des particularités des structures marginales, mais à l'incidence des rayons lumineux pénétrant dans une structure lamellaire.

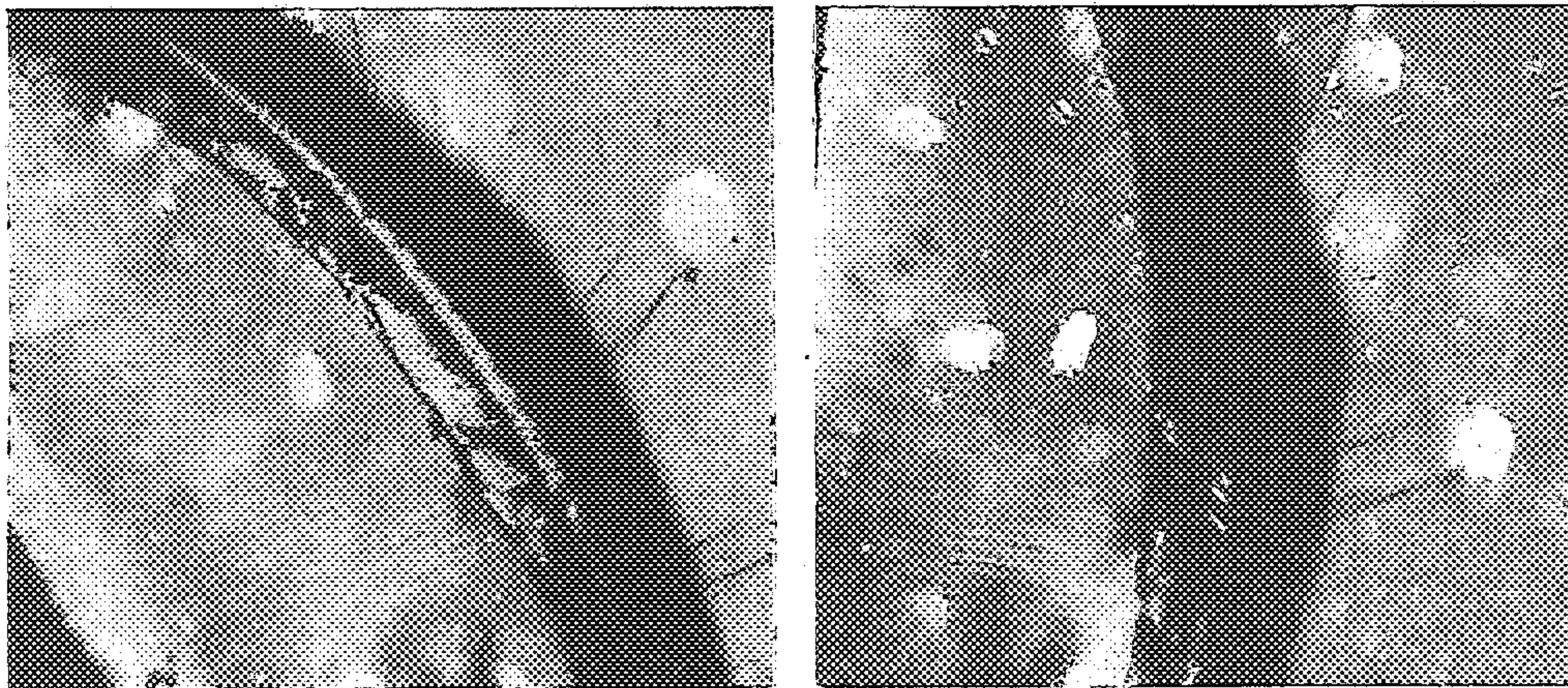


Fig. 1.

Les ommatidies de l'œil composé de l'Abeille ne sont sensibles qu'aux rayons lumineux pénétrant dans le sens de leur axe. Dans la partie centrale de l'œil, la cornée est orientée perpendiculairement à cet axe, l'incidence des rayons y est donc normale, et la biréfringence ne s'y manifeste pas. Mais dans la périphérie, la cornée n'est pas perpendiculaire à l'axe et l'incidence des rayons peut atteindre 45°. Dans un tel appareil, l'image du ciel doit présenter, à la périphérie du champ visuel, des zones d'extinction pouvant servir d'éléments d'orientation à l'insecte.

L'examen de l'œil d'Abeille au microscope polarisant révèle l'existence d'un autre organe pouvant remplir la même fonction. L'œil est entouré d'une bande de chitine translucide et fortement biréfringente qui tranche sur le fond opaque de la chitine constituant la carapace de l'insecte. La figure 1 présente une partie de l'œil entouré de cette bande translucide,

photographiée en deux positions entre nicols croisés. Le déplacement de la zone d'extinction indique clairement l'existence d'une structure lamellaire inclinée par rapport à la surface du tégument et concentrique par rapport à l'œil. L'examen des préparations montées à sec révèle l'existence, à la face intérieure, d'une structure en facettes suggérant l'existence de récepteurs sensoriels dans les couches sous-jacentes. La figure 2 montre un fragment du bord de l'œil permettant de distinguer les facettes dans la bande marginale.



Fig. 2.

Un tel appareil serait susceptible de servir de boussole à lumière polarisée. Par rapport au mécanisme décrit précédemment, il présenterait l'avantage d'une plus grande acuité, l'inclinaison des lamelles étant grande et homogène sur tout le pourtour de l'œil, mais la coloration brunâtre de la bande marginale doit se répercuter défavorablement sur la sensibilité.

Il s'avère donc que l'œil de l'Abeille dispose d'au moins deux structures suggérant une possibilité de discrimination du plan de polarisation de la lumière. Toutes les deux impliquent la comparaison entre les niveaux d'excitation dans différentes parties du champ visuel. Par contre, rien dans la structure de l'œil n'indique la possibilité d'une polarisation différentielle dans le cadre d'une ommatidie unique.

ZOOLOGIE. — *Métamorphose de la larve cypris du Rhizocéphale* Gemmosaccus sulcatus *Lilljborg*. Note de M. **André Veillet**, présentée par M. Louis Fage.

Le Rhizocéphale *Gemmosaccus sulcatus* Lillj. est relativement commun sur les côtes de France où il parasite les Pagures appartenant aux genres *Eupagurus* (*cuanensis* Thomps., *Prideauxi* Leach, *excavatus* Herbst) et *Anapagurus* (*chiroacanthus* Lillj., *Hyndmanni* Thomps.). Appelé tour à tour

Peltogaster, *Chlorogaster*, puis *Gemmosaccus*, le parasite qui, par son sac externe ressemble à un *Peltogaster*, s'en distingue, en réalité, par toute une série de caractères. Ainsi chez *Peltogaster* on n'observe généralement qu'un sac externe : la présence de plusieurs sacs est un fait relativement rare qui ne peut s'expliquer que par une infestation multiple ou par un bourgeonnement (¹) et d'ailleurs les sacs sont alors à des stades différents et de taille inégale. Chez *Gemmosaccus* il y a toujours plusieurs sacs externes sur le même hôte tous au même stade et de même taille. Chez *Peltogaster* les sacs externes donnent de nombreuses pontes; chez *Gemmosaccus* les sacs donnent une ou deux pontes puis tombent et sont remplacés par une nouvelle série de sacs en général plus nombreux. Ch. Perez (²) a montré que chaque poussée de sacs dérive d'un massif unique par bourgeonnements successifs. Par la présence constante de plusieurs sacs externes, tous au même stade, le genre *Gemmosaccus* est à rapprocher du genre *Thompsonia* ou de l'espèce *Sacculina gregaria*, mais le remplacement des sacs n'a été observé jusqu'ici que chez *Gemmosaccus* et *Thompsonia*. Enfin, chez *Peltogaster*, le sac externe n'est pas soudé à la chitine de l'hôte, mais accroché par une sorte de virole, tandis que chez *Gemmosaccus*, les sacs externes sont soudés à la chitine de l'hôte comme chez la Sacculine.

J'ai pensé que les phénomènes de métamorphose permettraient peut-être de déterminer la parenté de *Gemmosaccus*, soit avec les Sacculinidés, soit avec les Peltogastridés. Déjà (³), j'ai montré que la métamorphose d'un Peltogaster (*Septosaccus cuenoti* Dub.) était nettement différente de celle de *Sacculina carcini* découverte par Delage (⁴) : s'il existe une larve kentrogone, elle ne ressemble en rien à celle de la sacculine et, au lieu de se fixer à la base des soies, elle se plaque contre la paroi de l'hôte, là où la chitine est amincie.

Je viens d'obtenir le développement et la fixation de la cypris de *Gemnosaccus sulcatus*, à la Station biologique de Roscoff, où les conditions d'élevage des larves sont particulièrement favorables (⁵), j'ai élevé les larves des parasites de trois hôtes seulement; elles se sont transformées en cypris, mais, seules, se sont fixées celles qui provenaient des parasites d'un de ces trois hôtes. La métamorphose de la cypris de *Gemnosaccus* est identique à celle de la Sacculine.

Les nauplius sont caractérisés à l'éclosion par deux paires de gouttelettes huileuses jaune orangé, placées à droite et à gauche dans la région

(¹) *Ann. Inst. Océanographique*, **22**, fasc. 4, 1945.
(²) *Titres et travaux scientifiques*, II, Paris, Hermann, 1935,
(³) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 957.
(⁴) *Arch. Zool. Exp. Gén.*, II, 2ᵉ série. 1884.
(⁵) *Bull. Inst. Océan. Monaco*, n° **990**, 1951.

médiane du corps. Seuls les stades 2 et 3 possèdent un « flotteur » comparable à celui que j'ai décrit chez les larves de plusieurs Peltogastridés ([6]). Au sixième jour, les cypris éclosent : elles ont 0,3 mm de long. L'œil, unique, est particulièrement gros, brun rouge. La larve est à peine colorée par des gouttelettes jaune orangé ou vertes et des granulations vertes ou roses : malgré cela, elle est transparente et très difficile à repérer sur l'hôte (*Eupagurus cuanensis*), qui est vivement coloré en rouge.

Trois jours plus tard, les cypris se fixent à la base des soies qui couvrent les appendices. Elles se fixent comme les cypris de la sacculine dans l'angle aigu fait par la paroi et la soie, mais elles sont presque couchées contre la carapace. La musculature thoracique et les appendices sont éliminés, mais, contrairement à ce que l'on observe chez la sacculine, l'œil n'est pas expulsé et passe dans la kentrogone où il se désagrège et forme une masse brunâtre. Ce stade mesure 0,13 mm de long. Moins de 24 h après la fixation, le trocart est formé et commence à s'introduire dans le Pagure par la base de la soie.

En résumé, *Gemmosaccus sulcatus*, par la forme de son sac externe et par sa larve nauplius munie d'un flotteur, s'apparente aux Peltogastridés; mais par la métamorphose de sa cypris, en particulier par le stade kentrogone et par la soudure des sacs externes à la chitine de l'hôte, il rappelle la Sacculine. Le genre *Gemmosaccus* est donc, par certains traits, intermédiaire entre les Peltogastridés et les Sacculinidés. Il s'en écarte nettement par le remplacement successif de ses sacs externes et par le nombre réduit de pontes qu'ils donnent.

BIOLOGIE. — *Les régressions de la crête du Coq : courbe réduite amortie critique.*

Note (*) de MM. **Charles M. Gros, Jacques Benoit** et **François X. Walter**, transmise par M. Robert Courrier.

Les régressions de la crête du Coq, chez des animaux différents dans des conditions expérimentales variées, suivent la loi du mouvement amorti critique : les points expérimentaux en coordonnées réduites se disposent suivant une seule et même courbe.

L'hypothèse mathématique des involutions de la crête se ramène à une équation différentielle : $my'' + py' + qy = 0$, type mouvement critique amorti : les constantes dépendent de l'individu au moment de l'expérience ([1]) : $b = \sqrt{q/m} = p/2m$. L'intégration avec de telles notations donne la

([6]) *Ann. Inst. Océanographique*, 21, fasc. 4, 1945.

(*) Séance du 10 mars 1952.

([1]) Ch. Gros et F. X. Walter, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 136.

solution réelle

$$y = [y_0 + (v_0 + by_0)t]\, e^{-bt} \qquad (1)$$

y, élongation de la crête (en cm) à l'instant t (en jours); y_0, élongation initiale; v_0, vitesse initiale; elle peut être nulle (²) : régression après arrêt des injections d'hormones testiculaires chez le castrat; négative, le traumatisme de la castration coïncide parfois avec une variation négative à l'origine (³), la crête pouvant présenter le premier jour une diminution de l'ordre de 0,1 cm (⁴), (⁶); toutes les évolutions des castrats ont une représentation mathématique plus exacte avec un $v_0 < 0$ (Coq n° 1, L 6) (¹) : ($v_0 > 0$ n'est pas envisagée par définition). Cette courbe en coordonnées réelles représente avec précision les données expérimentales (¹), (²), (³) : l'élongation est maximum $y_m = [y_0 + v_0/b]e^{-bt_m}$ au temps $t_m = (1/b_0)v_0/(v_0 + by_0)$ et la vitesse est maximum au temps t_i : (point d'inflexion; $t_i = (1/b)(2v_0 + by_0/v_0 + by_0)$; $b(t_i - t_m) = 1$.

Changement de variables. — Équation réduite : nouvelle unité de temps $1/b$: $\tau = bt$, $v_0 = b\omega_0$; origine des temps, au maximum : $\theta = bt_m = \omega_0/(\omega_0 + y_0)$; temps réduit $T = \tau - \theta$; unité de longueur : y_m; longueur réduite $Y = y/y_m$, donc

$$Y = (1 + T)\, e^{-T}. \qquad (2)$$

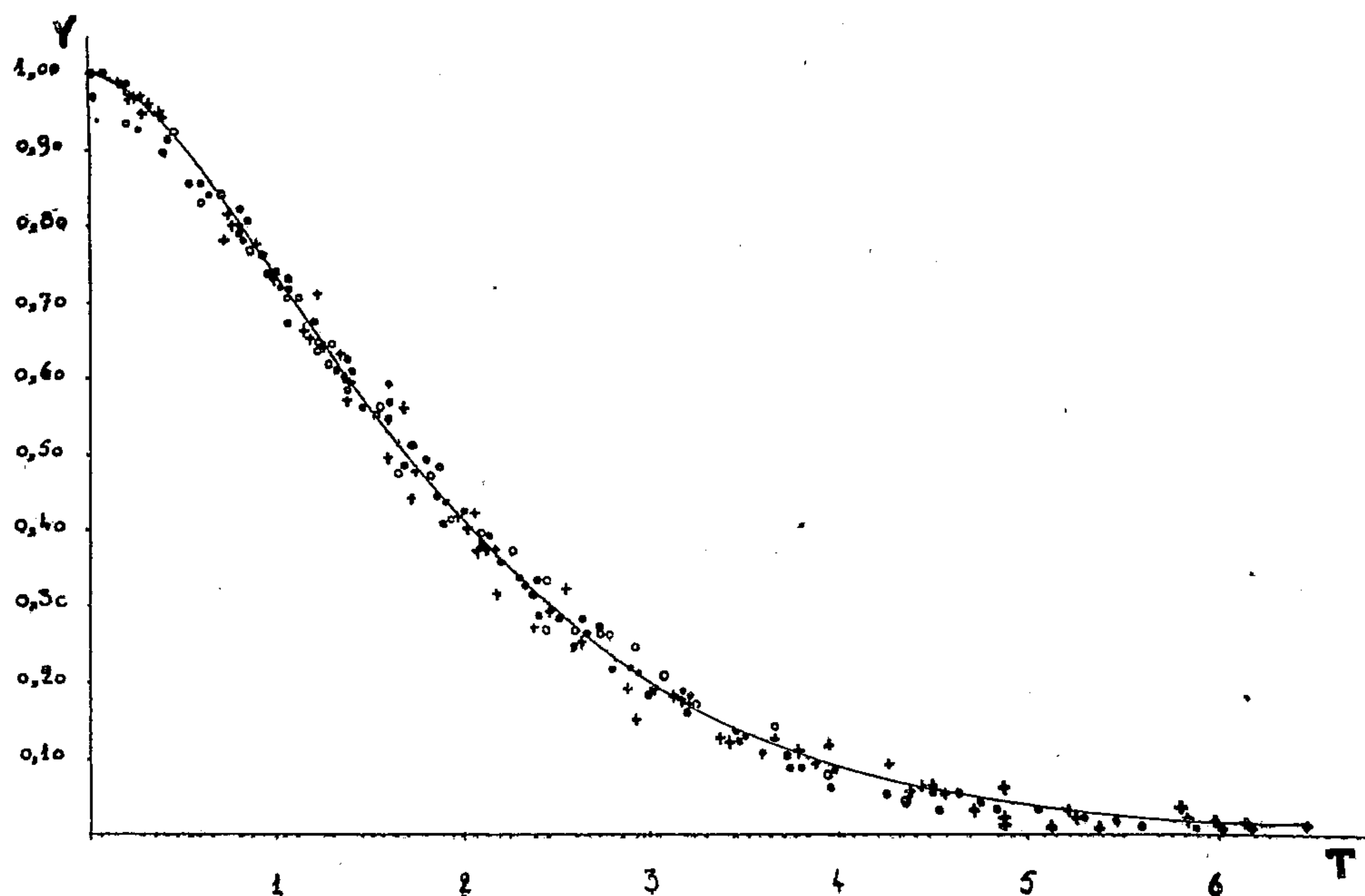
Courbe réduite amortie critique dont le point d'inflexion a lieu pour $T = 1$; la vitesse maximum $-0{,}3678$. Toutes les observations de régression de la crête du coq qui obéissent à (1) doivent vérifier (2), mais l'origine se déplace sur cette courbe suivant la valeur de θ, c'est-à-dire de v_0 par rapport à $1/2\, by_0$. (*Figure*, Tab.).

	Régression après castration +.							Régression après conditionnement prolongé o.		Régression après inunction unique o.	
Coqs...	N° 2 Pézard.	S. 2 G. W.	N° 17 Pézard.	L. 5 G. W.	L. 4 G. W.	L. 37 Benoit.	S. 1 G. W.	D. 11 G. W.	N° 4 Pézard.	D. 12 G. W.	D. 5 G. W.
$\frac{1}{b}$	8,25	9	9,1	15	15	17	20	3,75	10	6,25	5
ω_0	−0,414	−2,747	−1,428	−1,111	−1,483	−2,5	−2,904	0	0	0	0
θ	−0,154	−4,55	−0,854	−0,285	−0,321	−0,833	−5,85	0	0	0	0
v_0	−0,0501	−0,305	−0,109	−0,074	−0,098	−0,145	−0,1407	0	0	0	0
y_0	3,1	3,35	3,1	5	6,1	5,5	3,4	1,8	2,4	1,6	2,05
y_m	3,12	57,05	3,96	5,13	6,32	6,879	172,22	1,8	2,4	1,6	2,05
Crête neutre.	5,5	6,0	5,7	5,3	5,2	5,8	6,1	6,9	6,2	8,5	7,45

(²) CH. GROS, J. BENOIT et F.-X. WALTER, *Société de Biologie de Strasbourg*, séance du 19 janvier 1952.

(³) CH. GROS et F.-X. WALTER, *Société de Biologie de Strasbourg*, séance du 16 février 1952.

Cas particuliers. — 1° $v_0 = 0\,(\theta = 0)$: Coqs D 11, D 12, la crête est abandonnée à son involution sans vitesse initiale : le seul facteur étant la suppression de l'hormone testiculaire : cette régression présente donc un temps de latence et une vitesse extremum [1], [2]; 2° $1/2\,by_0 < v_0 < 0\,(-1 < \theta < 0)$:



Points expérimentaux en coordonnées réduites. Courbe théorique $Y = (1 + T)\,e^{-T}$.

Coqs L4, L5, le phénomène débute entre l'extremum et le point d'inflexion, donc la vitesse de régression présente encore un maximum; 3° $v_0 \# -1/2\,by_0\,(\theta \# -1)$: Coq L 37, la régression commence brusquement, reste linéaire $y = y_0 + v_0 t$: quelque temps, indépendante de b; 4° $-by_0 < v_0 < -1/2\,by_0\,(-\infty < \theta < -1)$: Coq S 1, S 2. Nous n'avons pas observé le cas $v_0 < -by_0\,(\theta > 1)$.

L'involution de la crête après castration avait été représentée jusqu'à maintenant par l'expression parabolique de Pézard [5]; celle-ci est insuffisante [3]; le développement en série de (1) limité au troisième terme

$$y = y_0 + v_0 t - b\left(v_0 + \frac{by_0}{2}\right) t^2$$

explique que seules les régressions qui débutent immédiatement après le point d'inflexion $(v_0 + by_0/2) < 0$, suivent approximativement une formule parabolique dans un intervalle limité.

---

(4) A. Pezard, *Bull. Biol.*, 52, 1918, p. 72 et suiv.

(5) *Comptes rendus*, 164, 1917, p. 734.

(6) J. Benoit, *Arch. Zool. Exp.*, 69, fasc. 4, p. 241.

BIOLOGIE. — *Fixation sélective du radioiode dans la chorde dorsale de la Lamproie marine* (Petromyzon marinus marinus *L.*). Note de M. **Jacques Leloup**, transmise par M. Robert Courrier.

La chorde dorsale de la Lamproie marine possède une affinité pour l'iode qui se traduit par une forte teneur en iode et par une captation rapide du radioiode (^{131}I). Les autres halogènes (chlore et brome) ne sont pas concentrés par le tissu chordal.

L'emploi du radioiode chez la Lamproie marine nous a permis d'étudier la fonction thyroïdienne [1] et le métabolisme de l'iode dans les divers tissus. La thyroïde mise à part, deux tissus possèdent la capacité de concentrer cet élément : la chorde dorsale et les ovaires à un état très proche de la maturité. Nous n'envisagerons dans cette Note que la fixation de l'iode dans la chorde dorsale.

L'expérimentation a été effectuée en mai 1951 sur 9 Lamproies marines adultes (2 mâles et 7 femelles) de poids compris entre 660 et 1020 g, et capturées dans la Loire à Montsoreau lors de leur migration reproductrice. Ces animaux reçoivent dans la cavité générale 75 μc de ^{131}I sans entraîneur [2] et sont sacrifiés à des intervalles de temps compris entre 2 h et 8 jours après l'injection.

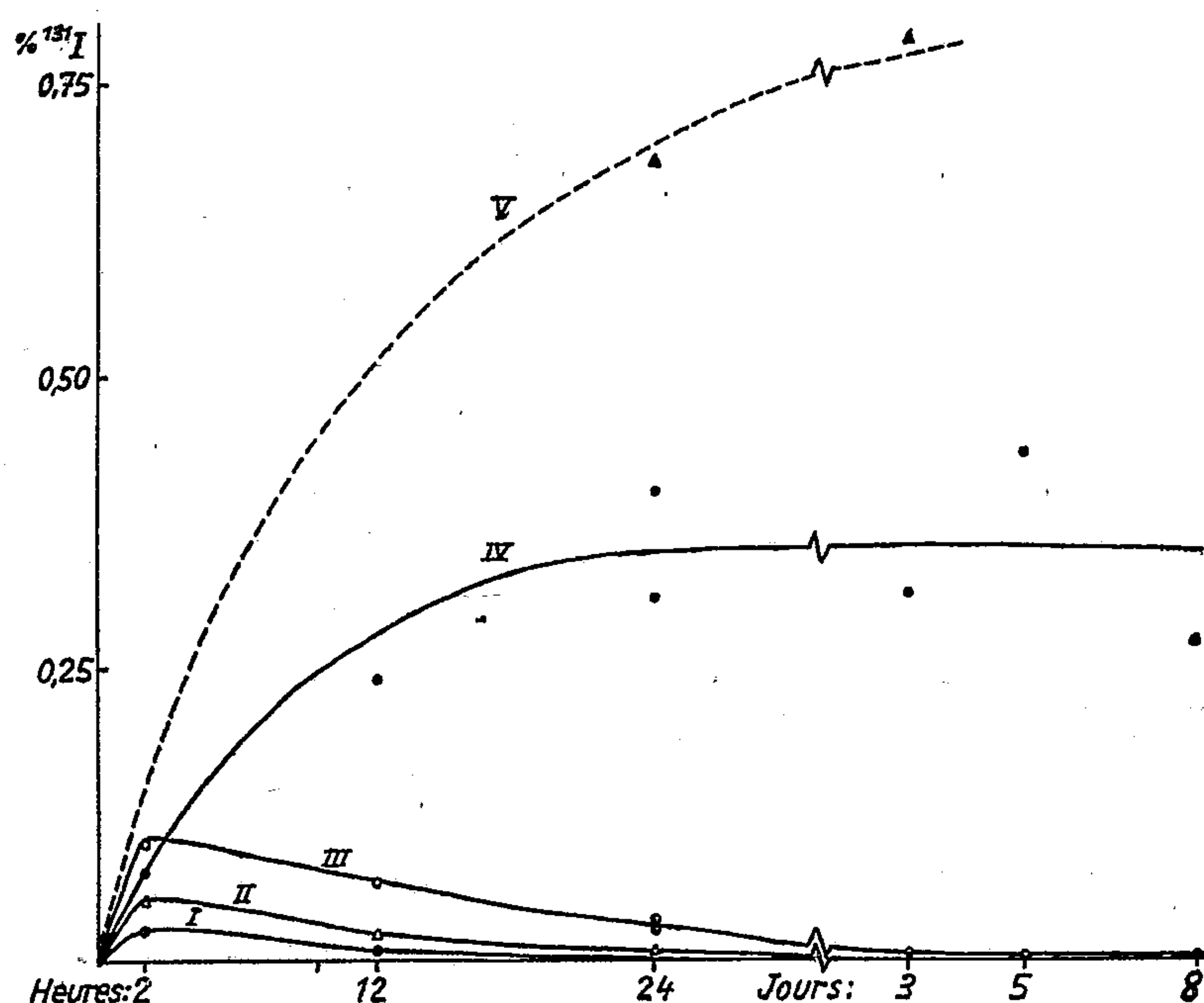
Les courbes de la figure 1 représentent en pourcentage de la dose injectée et par gramme de tissu les variations de la radioactivité de la chorde dorsale, chez le mâle et la femelle, du sang, du foie et du muscle chez la femelle, en fonction du temps. Les courbes concernant le sang, le foie et le muscle ont la même allure générale : la concentration en ^{131}I, maximum 2 h après l'injection, décroît ensuite rapidement pour aboutir à des valeurs extrêmement faibles trois jours après. Au contraire la radioactivité de la chorde dorsale, déjà supérieure à celle du foie et du muscle au temps 2 h augmente rapidement pour atteindre 0,35 % par gramme chez la femelle au temps 24 h; elle reste ensuite sensiblement constante jusqu'à 8 jours. Il est à remarquer que la fixation du radioiode dans la chorde est beaucoup plus élevée chez le mâle que chez la femelle (sensiblement le double). Ce fait s'explique aisément si l'on considère que l'ovaire dont la masse est considérable (environ 1/6 du poids corporel) capte lui aussi sélectivement le ^{131}I alors que le testicule en fixe très peu; la radioactivité du sang est ainsi plus élevée chez le mâle que chez la femelle aux mêmes temps.

La quantité de radioiode fixé dans la chorde *in toto*, celle-ci représentant

(1) J. Leloup, *J. Physiol.*, 1952 (sous presse).

(2) Fourni par le Commissariat à l'Énergie atomique (pile de Châtillon).

environ 4 % du poids de l'animal, atteint chez la femelle 12,5 % de la dose injectée en 24 h et reste constante ensuite; chez le mâle la valeur correspondante est de 25 %. Ce sont surtout les cellules vacuolisées centrales qui fixent l'iode alors que la gaine élastique de la chorde en capte une moins grande quantité. Au point de vue chimique, la majeure partie du radioiode fixé est extraite par l'acide trichloracétique à 10 %.



Radioactivité des tissus de la Lamproie marine femelle (I : muscle, II : foie, III : sang, IV : chorde dorsale) et de la chorde dorsale de la Lamproie marine mâle (courbe V). Ordonnées : % de ^{131}I g de tissu. Abscisses : temps après l'injection de ^{131}I.

Malgré cette affinité de la chorde pour l'iode, il faut cependant noter que la thyroïde de la Lamproie marine garde un pouvoir prééminent de concentrer l'iode. C'est ainsi que les pourcentages de ^{131}I administré, fixé par milligramme de tissu, sont respectivement de 0,120 pour la thyroïde et de $0{,}35.10^{-3}$ pour la chorde 24 h après l'injection.

Cette capacité de la chorde à fixer l'iode, confirmée par le dosage chimique qui a révélé une teneur en iode très supérieure à celle des autres tissus, l'ovaire excepté, s'étend-elle aux autres halogènes ? Il semble que l'on puisse répondre par la négative. En effet l'injection de radiobrome ^{82}Br à une Lamproie n'a décelé aucune concentration élective de cet élément dans la chorde par rapport aux autres tissus. D'autre part des dosages de chlore ont montré que la teneur de la chorde en cet élément, si elle est supérieure à celle du muscle ou du foie, est voisine de celle du sang.

Cette propriété de la chorde est-elle spécifique de la Lamproie marine, ou s'étend-elle à d'autres espèces de Cyclostomes et à d'autres groupes zoologiques ? Nous espérons pouvoir fournir prochainement une réponse à cette question.

BIOLOGIE. — *La fécondation hémocœlienne chez* Prostemma guttula (Hemipt. Nabidæ). Note (*) de M. **Jacques Carayon**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Lors de l'accouplement le sperme n'est pas injecté dans l'hémocœle, mais dans une poche accolée à la chambre génitale. La paroi de cette poche se perce localement peu après, et les spermatozoïdes sont libérés dans l'hémocœle; ils s'accumulent ensuite de façon à former des manchons entourant la base des ovarioles, et ne pénètrent dans ces derniers qu'à la période de ponte.

Chez *Prostemma guttula* (Fabr.), la paroi vaginale est perforée pendant l'accouplement par le pénis et le sperme est injecté, non pas dans l'hémocœle, mais dans une formation particulière, offrant de remarquables analogies avec la partie mésodermique de l'organe de Ribaga des *Cimicidæ*, et que je désignerai sous le nom d'*organe spermalège* (1). Il s'agit d'une poche qui coiffe du côté externe un diverticule antérieur de la chambre génitale, et qui délimite avec lui un espace clos rempli de sang et d'éléments variés (os, *fig.* 1 et 2).

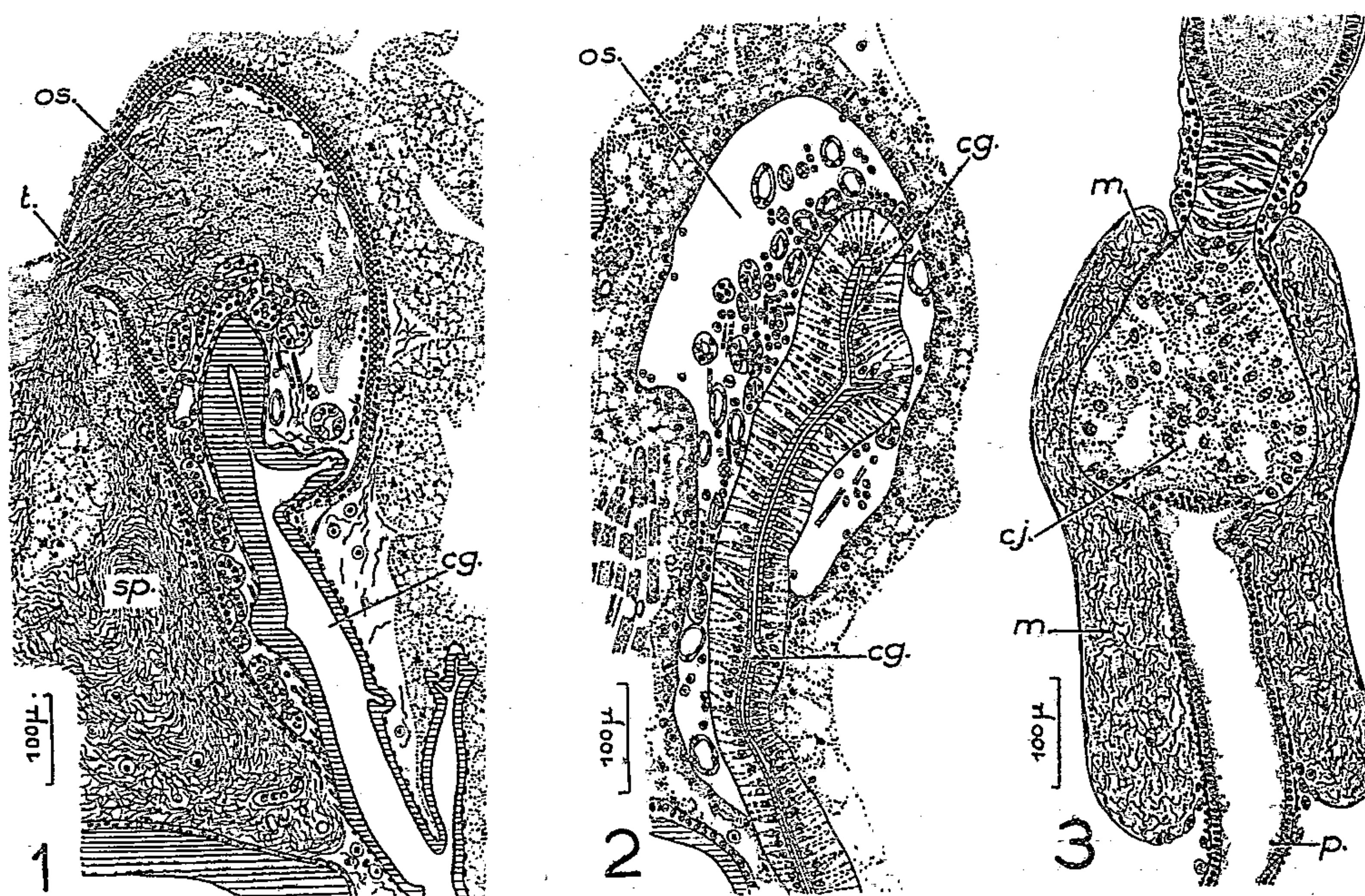
La paroi de cette poche se présente chez la femelle adulte comme un épithélium à cellules serrées, réparties sur un ou deux rangs, et que double intérieurement une couche anhiste assez épaisse d'une substance *non chitineuse*. Dans la poche se trouvent des trachées, des fibres musculaires et de nombreux hémocytes accompagnés de cellules groupées pour la plupart en sphères creuses, libres ou seulement accolées les unes aux autres. Ces cellules possèdent de grandes vacuoles fortement colorables par le rouge neutre, et qui se chargent d'inclusions colloïdes après l'injection de sperme dans l'organe spermalège.

Celui-ci se forme dans les derniers jours de la vie larvaire des femelles, et s'achève peu après la mue imaginale. Il est représenté au début par une lacune sanguine accolée d'une part à l'ébauche de la chambre génitale, et entourée d'autre part de tissu adipeux normal. Le nombre des hémocytes augmente dans la lacune, puis les adipocytes qui bordent directement celle-ci perdent peu à peu leurs enclaves, se divisent activement et forment une couche pariétale distincte du tissu adipeux environnant. Aussitôt

(*) Séance du 10 mars 1952.

(1) De σπέρμα semence, et λέγω je recueille.

après la mue imaginale (*fig.* 2), les cellules de cette couche commencent à sécréter du côté interne, où leur cytoplasme est très dense, la substance anhiste mentionnée plus haut; quant aux cellules libres dans le sang à l'intérieur de la poche, elles subissent de nombreuses mitoses, et certaines d'entre elles se groupent en masses sphériques creuses, dont le nombre s'accroît dans les jours suivants, tandis que la couche anhiste pariétale s'épaissit beaucoup.



Prostemma guttula. — Portions de coupes sagittales de femelles : 1. région antérieure de la chambre génitale 4 h après l'accouplement; 2. même région 24 h après la mue imaginale; 3. base d'un ovariole 48 h après l'accouplement. *cg*, chambre génitale; *cj*, corps jaune; *m*, manchon spermatique; *os*, organe spermalège; *p*, pédicule de l'ovariole; *t*, trouée temporaire dans la paroi de l'organe spermalège; *sp*, spermatozoïdes.

Lors de l'accouplement, la paroi de la chambre génitale est toujours perforée dans la région, où elle est doublée par l'organe spermalège. Celui-ci est plus ou moins distendu par le sperme qu'il reçoit. Environ une heure plus tard, *sa paroi ventrale se perce localement*, et par la trouée ainsi faite les spermatozoïdes passent dans l'hémocœle (*fig.* 1); ils s'y dispersent largement pendant quelques heures, puis se groupent autour des oviductes et des pédicules des ovarioles. Au niveau de ces derniers, ils traversent la membrane péritonéale par des lacunes temporaires, qui semblent se refermer derrière eux, et en s'accumulant dans le sang qui remplit l'espace sous-péritonéal, ils constituent des « manchons spermatiques » dont la figure 3 montre la disposition.

La plupart des femelles sont fécondées vers la fin de l'été, alors que leur

mue imaginale est récente, et les spermatozoïdes demeurent dans ces manchons au moins jusqu'à la période de ponte au printemps de l'année suivante; l'examen *in vivo* montre qu'ils y sont mobiles.

Lorsqu'approche la maturité sexuelle, les spermatozoïdes franchissent par petites quantités la paroi interne du pédicule ovarien au niveau d'un étroit pli annulaire que forme cette paroi en dessous du « corps jaune », et ils parviennent dans la lumière du pédicule où les œufs seront fécondés.

Un jour ou deux après un accouplement, les trouées dans les parois de la chambre génitale et de l'organe spermalège sont cicatrisées, et il ne reste plus aucun spermatozoïde dans l'hémocœle. La plupart d'entre eux se sont groupés dans les manchons spermatiques, et paraissent n'y être jamais résorbés; d'autres, en bien moindre abondance, sont demeurés dans l'organe spermalège, où ils sont peu à peu phagocytés par des hémocytes.

Une même femelle peut s'accoupler plusieurs fois, à chacune desquelles les processus se déroulent de la même façon.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Hétéromorphoses et hémihétéromorphoses chez la planaire marine* Procerodes lobata *O. Schmidt.* Note de Mlle **Rosine Chandebois**, présentée par M. Maurice Caullery.

La production de queues hétéromorphiques et hémihétéromorphiques (coexistant avec une demi-tête) chez *Procerodes lobata* est influencée par le niveau de la section et la taille des fragments. Elle ne peut être attribuée à une ségrégation du corps en plusieurs territoires morphogénétiques.

La régénération antérieure, à la suite de sections transversales du corps chez *Procerodes lobata* fournit assez fréquemment : 1° des queues hétéromorphiques; 2° des anomalies, que je désignerai par le terme d'*hémihétéromorphose*, consistant en une queue hétéromorphique insérée sur une moitié droite ou gauche de la surface de section, l'autre moitié régénérant une demi-tête qui se complète par la suite.

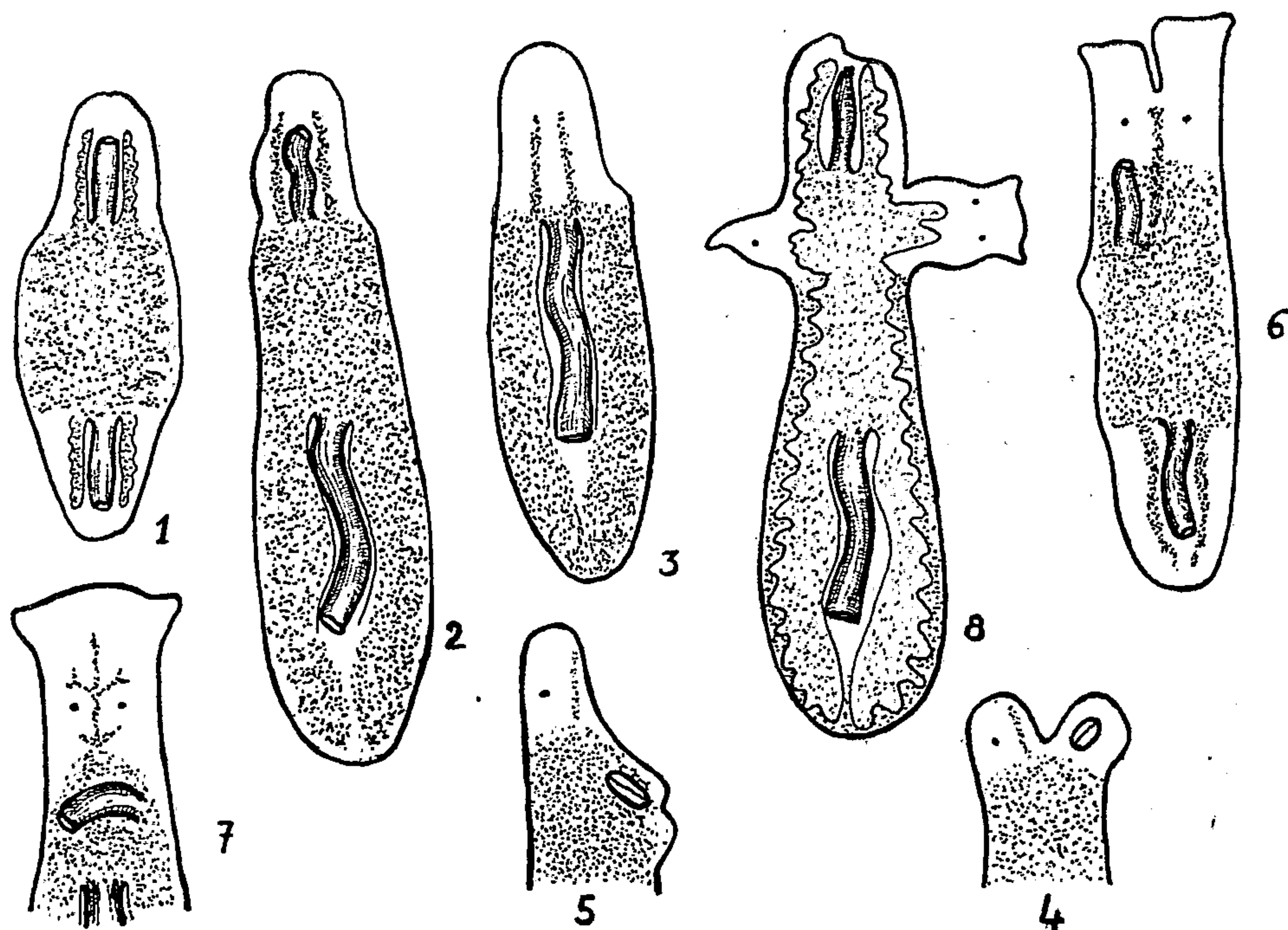
1. *Hétéromorphoses.* — J'ai obtenu des queues hétéromorphiques pourvues d'un pharynx orienté en sens inverse du pharynx normal dans des fragments de la région prépharyngienne du corps limités par deux sections transversales et maintenus en eau de mer normale à 25° (*fig.* 1). Cette hétéromorphose a été signalée par Lus [1] chez *Cercyra papillosa.*

Dans des conditions expérimentales particulières, notamment chez des individus dont la régénération était demeurée longtemps inhibée par l'hypertonie à basse température, j'ai constaté, après retour à des condi-

[1] *Arch. f. Entw. Mech.*, **108**, 1926, p. 203.

tions normales, le même phénomène à la suite d'une section unique passant immédiatement derrière la tête (*fig.* 2).

Les sections transversales faites au niveau de la base du pharynx ne sont généralement pas suivies de régénération; elles fournissent cependant, dans certains cas, des queues hétéromorphiques qui évoluent de façon particulière : un pharynx apparaît dans les parties anciennes; puis s'atrophie rapidement. La queue hétéromorphique ne renferme finalement que deux cæcums intestinaux (*fig.* 3).



Dans les régions post-pharyngiennes, quand il y a régénération, on obtient des queues hétéromorphiques sans pharynx.

2. *Hémihétéromorphoses.* — Les formations hémihétéromorphiques, dont Lus ([1]) avait signalé un cas unique chez *Procerodes*, peuvent évoluer selon deux types :

a. dans un premier type, les deux blastèmes se développent simultanément sur les deux moitiés de la section et, dans le blastème hétéromorphique, le pharynx apparaît au milieu du régénérat (*fig.* 4);

b. dans un deuxième type, le régénérat hémihétéromorphique est en retard sur l'autre moitié; son pharynx se différencie dans les tissus anciens et peut être orienté obliquement par rapport à l'axe du corps (*fig.* 5).

Ces formations apparaissent avec une fréquence supérieure à 10 % en milieu normal, le premier type, dans les morceaux longs limités par une section comprise entre la tête et le début du pharynx; le deuxième type

dans des morceaux provenant de la région pharyngienne. Des hémihétéromorphoses du deuxième type ont été obtenues, mais très exceptionnellement, en milieu hypertonique.

J'ai observé, dans quelques cas, à la suite d'une régénération tardive, l'apparition, dans les parties anciennes, d'un pharynx supplémentaire d'orientation *inversée* ou transversale (*fig.* 6-7). Ces anomalies débutent comme une hémihétéromorphose du deuxième type, dont la queue serait très retardée et se fusionnerait avec la demi-tête en voie de régulation latérale. Le pharynx supplémentaire est, dans le cas extrême, le seul indice de cette hétéromorphose, superposée en quelque sorte à la régénération normale.

La production des hémihétéromorphoses semble conditionnée par une certaine *indépendance* des moitiés droite et gauche du corps, phénomène qui se manifeste aussi dans la production de régénérats de têtes asymétriques ([2]).

3. Les formations hétéromorphiques et hémihétéromorphiques sont quelquefois le siège de phénomènes morphogénétiques tardifs. Il peut se développer, perpendiculairement à l'axe du corps, une ou deux têtes plus ou moins normales (*fig.* 8). Ces phénomènes paraissent bien indépendants de tout traumatisme déclenchant un « appel de néoblastes ». D'autre part, ces régénérations tardives de têtes à la base de queues hétéromorphiques, de même que la présence d'une tête et d'une queue sur la même surface de section dans les hémihétéromorphoses, conduisent à rejeter, chez cette Planaire, toute interprétation de l'hétéromorphose polaire fondée sur l'existence de « territoires morphogénétiques » à potentialités restreintes.

Il apparaît que la détermination des régénérats normaux ou hétéromorphiques est influencée dans une certaine mesure par les conditions de milieu. En effet, l'eau de mer hypertonique, à une température de 25°, inhibe totalement la formation d'hétéromorphoses et presque totalement celle des hémihétéromorphoses.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur le rôle de l'épiderme dans l'orientation des régénérations chez un têtard d'Anoures,* Alytes obstetricans. Note de M. **Maurice Lecamp**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Dans une Communication précédente ([1]), chez le têtard du Crapaud accoucheur, *Alytes obstetricans*, nous avons exposé le rôle de l'épiderme du territoire de régénération de l'ébauche du membre postérieur : en situa-

---

([2]) R. Chandebois, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1347.

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 892.

tion hétérotopique, l'épiderme seul ne peut régénérer l'appendice; par ailleurs, le territoire comportant un épiderme étranger conserve le pouvoir de régénérer sous la condition d'une régulation préalable de l'anatomie de la région. Une part prépondérante dans l'édification du régénérat appartient aux constituants du territoire autres que l'épiderme. Toutefois, en raison de la situation de l'ébauche du membre dont la base, au stade de « cône », n'a pratiquement pour support que l'épiderme, nous avons recherché si celui-ci ne conditionnait pas, au moins, l'*orientation* du régénérat. A cet effet, l'épiderme est découpé très largement au pourtour de l'ébauche, séparé des tissus sous-jacents et remis en place, sur le même plan, en en modifiant l'orientation de 180°, la régénération de l'ébauche est provoquée par sa suppression totale ([2]).

34 opérations ont été pratiquées.
3 animaux ont fourni des résultats incomplets inutilisables.
15 ont régénéré un membre simple normal.
7 n'ont pas régénéré.
9 ont formé des membres multiples qui se répartissent pour le seul côté opéré : 3 animaux comportent 2 appendices, 4 en comportent 3, 1 en comporte 4 et 1 en comporte 5.

Ces résultats sont à considérer sous trois aspects quant aux conditions qui les réalisent :

I. Le greffon épidermique forme, au début, une boursouflure relativement saillante qui s'atténue progressivement; les détails morphologiques du territoire se reconstituent, en particulier le creux pelvien au centre duquel la régénération s'établit. Le membre ainsi régénéré a une *orientation normale* malgré la désorientation préalable de l'épiderme du territoire.

II. Cette boursouflure persiste au long de la croissance de l'animal, il n'y a pas de régénération ([3]).

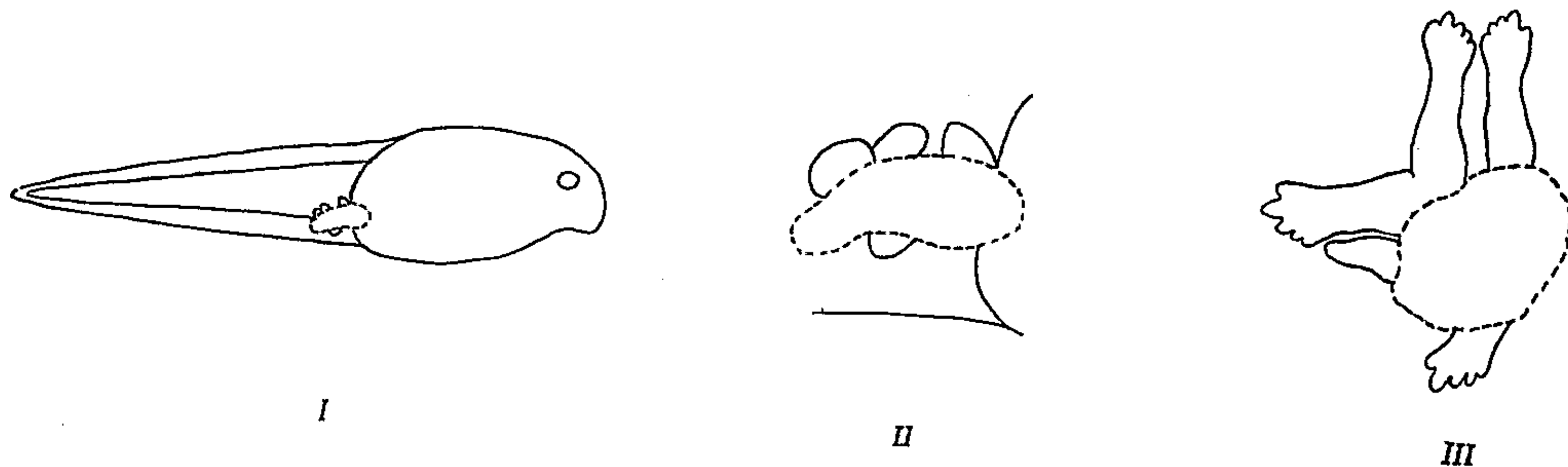
III. Comme dans le cas précédent, la même boursouflure subsiste, mais des régénérations multiples se forment à sa *périphérie*. Hormis une duplication et une triplication limitées aux segments distaux et où les parties proximales sont communes, les autres appendices sont indépendants sur toute leur longueur. De l'ensemble des 27 appendices multiples obtenus, 18 ont une latéralité conforme à celle de leur lieu d'implantation, ils sont harmoniques et se sont développés isolément les uns des autres; 6 ont une latéralité opposée, ils sont dysharmoniques et, pour au moins 5 de ceux-ci,

---

([2]) L'opération est pratiquée d'un côté, l'ébauche symétrique seule est prélevée comme témoin.

([3]) Comme dans l'expérience que nous rappelons au début, des ouvertures répétées, au centre de cette boursouflure, ne provoquent pas la régénération (Lecamp, *loc. cit.*, 1951).

l'ébauche de régénération s'est établie secondairement au contact d'une ébauche déjà formée qui a déterminé, chez celle-là, une latéralité opposée à la sienne. Enfin 3 appendices ne sont pas analysables. Nous schématisons (*fig.* I à III) le détail de la formation de tels appendices, dans un cas type. Il est vraisemblable que ces régénérations multiples se sont produites en des points de moindre cicatrisation de l'épiderme greffé.



I. — *En pointillé :* le greffon d'épiderme avec les régénérats à la périphérie. II et III. — Région seule, agrandie, du greffon et des ébauches au cours de leur développement.

Compte tenu des gênes réciproques qu'ils éprouvent au cours de leur croissance et de leur différenciation, indépendamment de 3 appendices, tous ces membres *régularisent* leur position par rapport à l'animal, ils sont normalement orientés.

L'expérimentation a permis aux éléments de la régénération de se localiser en divers points du territoire où ils forment des systèmes morphologiques totipotents. Le territoire de régénération est morphologiquement équipotentiel.

Tant dans les cas de régénérations simples que multiples, l'épiderme seul du territoire n'est pas déterminant des caractéristiques d'orientation de ces régénérations.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Mode d'action de la phényl-2 indanedione-1.3. Intervention sur un septième facteur de la coagulation.* Note de M. **Darius Molho**, présentée par M. Maurice Javillier.

La phényl-2 indanedione-1.3, administrée *per os*, agit chez le Lapin en diminuant essentiellement la prothrombine et accessoirement les facteurs V et VII, ce qui justifie une similitude d'action avec celle du dicoumarol et confirme l'hypothèse d'une analogie structurale entre les deux antivitamines K.

Dès 1947, nous avons montré avec Meunier et Mentzer ([1]) que la phényl-2 indanedione-1.3 (PID) exerce une action hypoprothrombinémiante chez le

([1]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1666.

Lapin. Contrairement à l'hypothèse de Jaques et Coll. ([2]), Bjerkelund ([3]) constate chez l'Homme que la PID agit sur la prothrombine et non sur le facteur V. Moraux ([4]) observe chez le Poulet une diminution du facteur X de Dam, action déjà signalée ([5]) pour le dicoumarol. Nous avons repris l'étude de la PID chez le Lapin pour essayer d'en clarifier le mode d'action. Administrée *per os*, la PID donne régulièrement de très nets allongements du temps de Quick ([6]). Par exemple avec une dose de 20 mg : kg, de 8 s pour un lapin normal, le temps de Quick passe, après 24 h à 21 s. Nous avons voulu déterminer si cet allongement provenait de la seule diminution du taux de prothrombine. Le tableau I rapporte les temps de Quick obtenus avec le plasma d'un lapin normal (N) après dilutions successives avec le même plasma traité au phosphate tricalcique (NT) ([7]). On obtient ainsi la courbe donnant la correspondance entre temps de Quick et activité en pour cent de prothrombine.

TABLEAU I. — *Temps de Quick en secondes.*

% de chaque plasma dans chacun des mélanges.	100. 0.	98. 2.	95. 5.	90. 10.	80. 20.	50. 50.	4. 94.	0. 100.
N/NT.........	8 s	8	8	8	8,5	10	31	∞
PID/NT.........	21 s	20,5	20,5	21	23,5	31,5	–	∞
			(21,5)	(22,5)	(24,5)(*)			
PID/N..........	21 s	18,5	15,5	13	11,5	9	8	8

(*) Entre parenthèses, temps calculés en fonction de la dilution si le plasma NT contenait la même proportion de facteur V que le plasma PID.

Dans le même tableau, nous indiquons les temps de Quick obtenus avec le plasma de Lapin à la PID (PID) diluée respectivement soit avec le plasma normal (N), soit avec le plasma normal préalablement traité au phosphate (NT). Le plasma (PID) coagulant en 21 s, il semble, d'après la courbe de correspondance, qu'il contienne 8 % de prothrombine; mais cette baisse apparente provient en fait non seulement d'une baisse de la prothrombine, mais aussi d'une attaque d'autres facteurs de la coagulation. En effet, l'apport même faible de plasma (NT) (sans prothrombine, mais avec du facteur V non adsorbable) raccourcit très légèrement le temps de Quick du plasma à la PID ([8]).

([2]) JAQUES, TAYLOR et LEPP, *Feder. Proceed.*, 1949, p. 81.

([3]) *Scand. J. Clin. Lab. Invest.*, 2, 1950, p. 83.

([4]) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 711.

([5]) SORBYE, KRUSE et DAM, *Acta Chem. Scand.*, 4, 1950, p. 549-831.

([6]) *The hemmorrhagic disease and the physiology of hemostasis*, C. C. Thomas, 1942.

([7]) Ce traitement élimine la prothrombine d'un plasma dont le temps de Quick devient alors infini.

([8]) Il nous est arrivé dans d'autres essais de noter des raccourcissements plus importants que ceux signalés ici ; c'est ainsi que 12 h après administration de PID, le temps de Quick

Par ailleurs, si nous diluons le plasma à la PID avec du plasma normal, nous lui apportons en plus du facteur V comme avec le plasma NT, une quantité connue de prothrombine. Dans ces conditions, nous avons constaté que les temps de Quick ainsi mesurés montrent des raccourcissements plus grands que ceux correspondant au facteur V et à la prothrombine ajoutés. La différence (tableau II) entre le taux de prothrombine effectivement observé sur la courbe de référence N, NT et le taux de prothrombine calculé en tenant compte de la prothrombine et du facteur V ajoutés, est due à un nouveau facteur activateur de la coagulation, le 7e jusqu'ici décrit, et qui est déficient dans le plasma PID.

TABLEAU II.

	% de chaque plasma dans chacun des mélanges.			% en prothrombine.		
Essais n°	PID.	NT.	N.	Observé sur courbe N/NT.	Calculé.	Différence.
1	90	10	–	8	7,2	0,8
2	98	2	–	8,6	7,8	0,8
3	90	–	10	23	17,2	5,8

C'est ainsi que pour un mélange de 90 % de plasma PID et 10 % de plasma N, nous avons :

	% de prothrombine calculée			
% de prothrombine observée.	dans le plasma PID.	dans le plasma N.	sous l'effet du facteur V ajouté.	sous l'effet du facteur VII ajouté.
23	7,2	10	0,8	5

Ce nouveau facteur est différent du facteur V (9) ou labile (10) puisqu'il est adsorbable sur phosphate et également différent du facteur VI d'Owren (9) ou du Spca d'Alexander (11), puisqu'il est préexistant dans le plasma. Il semble identique par contre au facteur VII de Koller (12) et à la proconvertine d'Owren (13). Owen et Coll (14) viennent de montrer que le dicoumarol abaisse un facteur comparable au nôtre par son adsorbabilité et qu'ils appellent le facteur stable. La PID agit donc en diminuant essentiellement le taux de prothrombine d'un plasma et en abaissant accessoirement les facteurs V et VII.

---

de 13 s du plasma PID est abaissé à 11,5 s avec le mélange 90 % pl. PID + 10 % pl. NT, ce qui tendrait à faire penser que l'attaque du facteur V est plus sensible quand la prothrombine est moins abaissée.

(9) *Acta Med. Scand.* 1947, suppl. 194.

(10) QUICK, *Amer J. Phys.*, 140, 1943, p. 212.

(11) ALEXANDER, DE VRIES, GOLDSTEIN, et LANDWEHR, *Science*, 109, 1949, p. 545.

(12) F. DUCKERT, A. LOELIGER et F. KOHLER, *Helv. Chim. Acta*, 34, 1951, p. 2431.

(13) *Revue d'hématologie*, 6, 1951, p. 135.

(14) OWEN, MAGATT et BOLLMAN, *Amer J. Physiol.*, 166, 1951, p. 1.

SÉROLOGIE. — *Un test humoral de la maladie sérique expérimentale du Lapin.* Note (*) de M. **Georges Sandor**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Lors de la maladie sérique expérimentale du Lapin, le diagramme de solubilité des protéides sériques en fonction du pH (fiche réticulo-endothéliale) se déplace fortement vers la région alcaline.

La maladie sérique expérimentale se produit chez le Lapin à la suite d'injections intraveineuses espacées de grandes quantités de sérum de cheval. Elle est caractérisée sur le plan anatomo-pathologique par des nodules d'Aschoff dans le myocarde, de la périarthérite noueuse et des lésions rénales variées [Rich et Gregory ([1]), Klinge ([2])]. Somme toute, il s'agit d'une véritable maladie diffuse du mésenchyme [Ehrich ([3])]. Aussi, il a été intéressant de voir comment se comporte dans cet état le diagramme de solubilité des protéides sériques en fonction du pH que nous avons caractérisé comme une « fiche réticulo-endothéliale » ([4]).

On injecte à des lapins adultes 20 cm³ de sérum de cheval par la voie intraveineuse tous les huit jours. Leur sang est pris par ponction cardiaque avant chaque injection. Le diagramme de solubilité en fonction du pH est déterminé dans des conditions précisées ailleurs ([4]). Quelques-uns des résultats obtenus sont consignés ci-contre (*fig.* 1 à 4).

Nous voyons qu'à partir de la deuxième semaine et avant la troisième injection du sérum le diagramme se déplace fortement vers la région alcaline pour ne plus se modifier après.

Nous remarquons que de nombreux autres modes d'immunisation ont été essayés. Nous avons injecté de faibles quantités de sérum (0,5 à 2 cm³) tous les deux jours ou toutes les semaines pendant des durées variables, soit par la voie intraveineuse, soit par la voie sous-cutanée. Dans aucun cas nous n'avons observé de modification de nos diagrammes dans ces conditions. En adoptant la méthode classique pour provoquer la formation d'anticorps, nous avons injecté tous les deux jours de fortes quantités de sérum (10 cm³) par la voie veineuse. Dans ce cas le déplacement du diagramme vers la région alcaline ne se produit que d'une manière fortuite (une fois sur neuf lapins).

Il est ainsi très probable que la modification du diagramme observée est liée directement à l'état allergique, produit du fait de l'injection espacée

---

(*) Séance du 3 mars 1952.

([1]) *Bull. Johns Hopkins Hospital*, 72, 1943, p. 65.

([2]) *Klin. Wochenschrift*, 9, 1929; p. 586; *Beitraege zur pathologischen Anatomie* (Ziegler), 83, 1929, p. 185.

([3]) *J. Amer. Med. Assn.*, 135, 1947, p. 94.

([4]) Sandor et Weill-Fage, *Ann. Inst. Pasteur*, 79, 1950, p. 130.

de l'antigène. Ce déplacement de la précipitabilité des euglobulines sériques vers la région alcaline paraît bien manifester la maladie diffuse du mésenchyme qu'est le substratum anatomo-pathologique de la maladie sérique expérimentale.

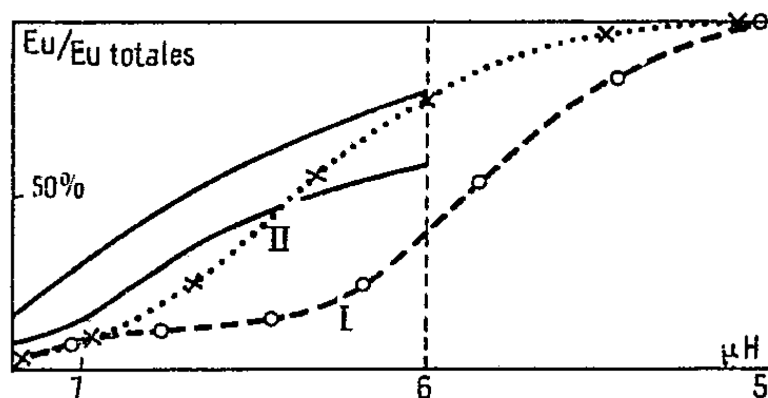


Fig. 1.

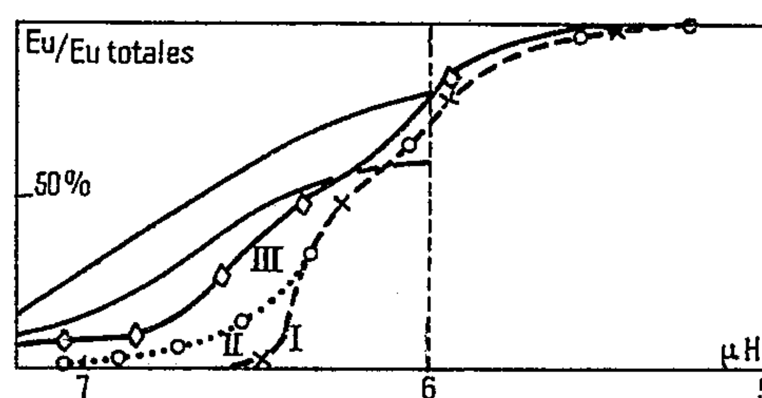


Fig. 2.

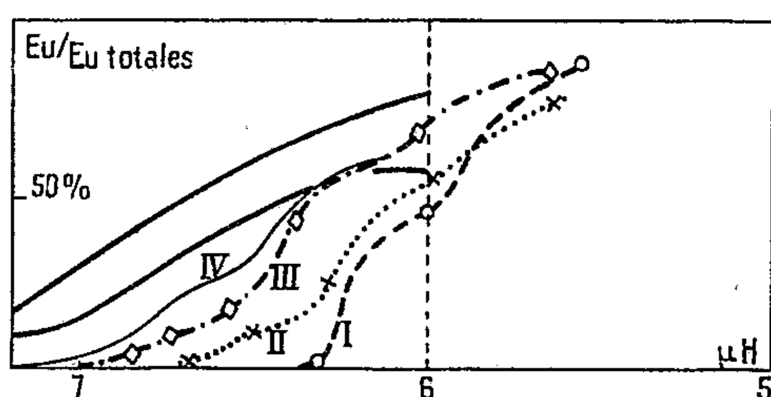


Fig. 3.

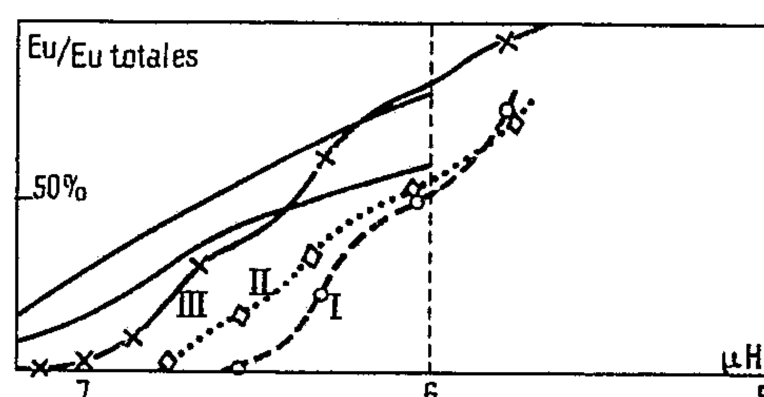


Fig. 4.

Fig. 1. — Lapin n° 10. I = 28 octobre 1951, avant l'injection du sérum; II = 12 novembre 1951, avant la troisième injection de sérum.

Fig. 2. — Lapin n° 8. I = 7 novembre 1951, avant l'injection du sérum; II = 14 novembre 1951 avant la deuxième injection; III = 21 novembre 1951, avant la troisième injection.

Fig. 3. — Lapin n° 5. I = 28 septembre 1951, avant l'injection; II = 5 octobre 1951, avant la deuxième injection; III = 12 octobre 1951, avant la troisième injection; IV = 19 octobre 1951, avant la quatrième injection.

Fig. 4. — Lapin n° 3. I = 28 septembre 1951, avant l'injection; II = 5 octobre 1951, avant la deuxième injection; III = 12 octobre 1951, avant la troisième injection.

En traits pleins sont représentés les limites des variations physiologiques chez l'Homme. On voit que le diagramme du Lapin normal est fortement déplacé vers la région acide. La synthèse d'euglobulines de point isoélectrique relativement alcalin fait défaut chez le Lapin.

Il est à noter que chez l'Homme on observe des modifications analogues de la « fiche réticulo-endothéliale » lors de la maladie d'Osler, de la glomérulonéphrite évolutive et à la fin des fièvres typhoïdes graves ([5]). Il serait tentant d'en conclure qu'un mécanisme mésenchymateux comparable intervient aussi dans ces états.

A 15 h 50 mn l'Académie se forme en Comité secret.

([5]) SANDOR et WEILL-FAGE, *La Presse Médicale*, 59, 1951, p. 53.

COMITÉ SECRET (¹).

L'Académie est appelée à former la délégation française à l'Assemblée du **Conseil International des Unions scientifiques**, qui doit avoir lieu à Amsterdam, du 1er au 3 octobre 1952.

Sur la proposition de M. **Émile Borel**, qui prendra part à cette Assemblée comme vice-président de l'Union, M. **André Danjon**, vice-président de l'Union astronomique internationale, est désigné comme délégué de la France, disposant du droit de vote réservé à celle-ci.

Sont désignés également, MM. **Louis Blaringhem** et **Gaston Julia** qui ont exprimé le désir de prendre part à cette Assemblée.

La séance est levée à 16 h 10 mn.

L. B.

(¹) Séance du 10 mars 1952.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 MARS 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** souhaite la bienvenue à M. **JEFFRIES WYMAN**, ancien Directeur du Laboratoire de Biologie à l'Université Harvard, attaché scientifique à l'Ambassade des États-Unis, qui assiste à la séance.

RELATIVITÉ. — *A propos de ma Note « Astronautique et relativité »* (1). Note de M. **CHARLES MAUGUIN**.

Notre collègue M. Jean Becquerel me signale qu'il a déjà proposé (2) pour illustrer le paradoxe de Langevin, le cas du voyage aller et retour avec une accélération égale à l'accélération de la pesanteur à la surface de la Terre (981 cm : sec^2). Alors que la durée totale du voyage enregistrée par Pierre resté à la surface de la Terre est $4\times 613 = 2452$ jours, Paul n'a vécu pendant son voyage que $4\times 466 = 1864$ jours. Notre confrère ne paraît pas s'être intéressé au chemin parcouru.

Malgré quelques différences de forme, nos résultats sont au fond en parfait accord.

---

(1) *Voir Comptes rendus*, 234, 1952, p. 100.

(2) *Bulletin scientifique des Étudiants de Paris*, n° 10, mars-avril 1923.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Amaryllidacées. Développement de l'embryon chez le* Pancratium maritimum *L.* Note de M. **René Souèges**.

Le *Pancratium maritimum*, comme l'*Hippeastrum vittatum*, se rattache au type embryonomique du *Muscari comosum*. Par ce nouvel exemple, se trouve confirmée la similitude des caractères embryogéniques des Liliacées et des Amaryllidacées. Cette étude, qui s'est montrée assez difficile, a permis, en outre, de relever des particularités intéressant l'histoire de la formation des bulbes.

Dernièrement P. Crété ([1]) a examiné l'*Hippeastrum vittatum* Herb., de la famille des Amaryllidacées. Les *Pancratium*, dans la classification, sont proches voisins des *Hippeastrum*; ils appartiennent à la même tribu, celle des Narcissées, que définissent essentiellement la différenciation d'une couronne ou paracorolle et la présence d'une bulbe comme appareil végétatif. Mais beaucoup d'autres caractères, tout aussi importants, séparent les deux genres, par exemple le mode d'insertion des étamines et des anthères, surtout l'aspect général des graines, unies, régulièrement aplaties chez l'*Hippeastrum*, beaucoup plus développées, allongées, anguleuses, très irrégulières dans le *Pancratium*.

La forme et les dimensions de ces graines ont rendu particulièrement longue et difficile l'étude embryogénique du *Pancratium maritimum*. La plupart avortent et l'embryon, quand il existe, se trouve placé à l'une des extrémités anguleuses où il est peu aisé de l'atteindre et d'en obtenir une section longitudinale convenable.

Les figures 1 à 7 montrent que les proembryons à 4-8 et 16 cellules s'édifient comme chez le *Muscari comosum* ([2]). La forme hexadécacellulaire n'apparaît pas de manière constante, les éléments *n* et *n'* subissant le plus souvent des retards dans leurs divisions; en outre, dans les quadrants, les premières parois anticlines de séparation peuvent prendre parfois une direction horizontale (*fig.* 8, 9, à gauche); les blastomères produits par les quadrants se disposent bientôt irrégulièrement (*fig.* 11), deviennent plus volumineux et moins colorables que les blastomères des étages placées au-dessous; ils donnent finalement naissance au cotylédon.

Les quatre cellules circumaxiales du proembryon à 16 cellules, en *m*, (*fig.* 7) donnent, par divisions longitudinales, une assise (*fig.* 8, 10), puis, par segmentations transversales, deux ou trois assises (*fig.* 11, 15) qui représentent la partie hypocotylée. La dépression latérale qui apparaît, à ce moment, entre les étages *q* et *m* marque la séparation du cotylédon et de l'hypocotyle. Peu après, au niveau de l'hypocotyle, se montre une nouvelle dépression (*fig.* 21) qui indique comment la première feuille, *pf*, et le point végétatif, *pv*, se séparent l'un de l'autre. Ce processus de différenciation rappelle très exactement celui qui a été décrit, au sujet du *Sagittaria sagittæ folia* (*voir* p. 374, *fig.* 44, 64 à 68 du Mémoire

([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1483.

([2]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 233; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 70, 1932, p. 11; *Embryogénie et classification*, 3e fasc., partie spéciale, p. 11, Paris, 1948.

publié en 1931) (³). Par des coupes transversales, intéressant les bases engainantes des premières feuilles au moment de la germination, Lucy Boyd (*voir* p. 55, *fig.* 19, *a-f* du travail de cet auteur) (⁴) a montré que ces feuilles se succèdent autour du point végétatif en disposition *distique*. On remarquera que la quasi-totalité, sinon la totalité de la partie

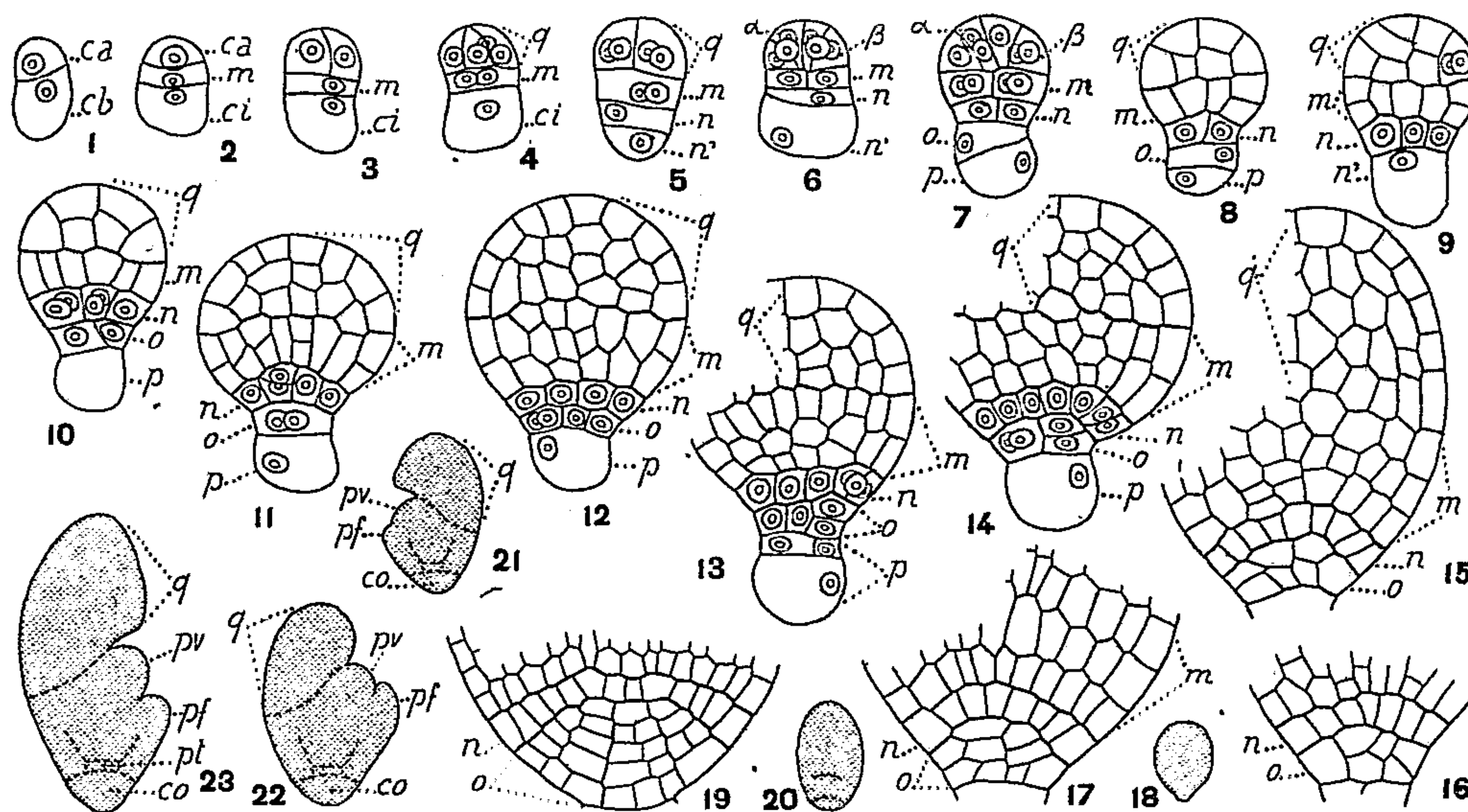


Fig. 1 à 23. — *Pancratium maritimum* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellules apicale et basale du proembryon bicellulaire; *m* et *ci*, cellules-filles de *cb*; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *q*, quadrants ou cotylédon; α et β, cellules-filles d'un quadrant; *pv*, point végétatif; *pf*, première feuille; *pt*, plateau; *co*, coiffe. En 18 et 20, aspect général des formes d'où sont tirés les détails des figures 17 et 19. G. = 150; 13 pour les figures 18, 20 à 23.

hypocotylée produite par *m* correspond, non pas à une tige hypocotylée, mais à un cône végétatif primordial ou de premier degré, qui se convertit bientôt en un complexe végétatif comprenant, au centre, le point végétatif le plus jeune, de $n^{\text{ième}}$ *degré*, entouré par les bases engainantes des feuilles qui se sont successivement développées et, tout à fait à l'extérieur, par la gaine cotylédonaire.

Aux dépens de l'étage *n*, bicellulaire en 7, se différencie une assise cellulaire (*fig.* 10 à 14) qui apparaît d'abord bien délimitée, mais qu'il est difficile plus tard de toujours bien séparer de ses voisines. Elle peut parfois se dédoubler, en prenant des cloisons transversales (*fig.* 11, à gauche). Les cellules périphériques de cette assise entreraient dans la construction des portions latérales de la coiffe; ses cellules centrales fourniraient les initiales de l'écorce de la racine, ou plus exactement, avec le concours d'éléments tirant origine des deux étages voisins, cette zone inférieure de l'axe fondamental que certains auteurs ont dénommée le *plateau* du bulbe futur.

En 10, 11, on peut voir comment les premières cellules séparées par parois verticales aux dépens de l'élément *o*, se segmentent ensuite transversalement (*fig.* 13, 14) en direction centripète (*fig.* 15, 16, 19) pour engendrer un massif conique qui représente la portion

(³) R. Souèges, *Ann. Sc. nat. Bot.*, 10ᵉ série, 13, 1931, p. 353-402.

(⁴) Lucy Boyd, *Monocotylous Seedlings*, Edinburgh, 1932.

centrale la plus importante de la coiffe. Cette portion, étant donné son développement, peut être considérée comme composée des éléments d'une *coléorhize* dans sa région périphérique, superficielle, et d'une coiffe proprement dite, fonctionnelle, dans sa partie centrale la plus profonde. L'élément *p* (*fig.* 7) reste le plus souvent indivis; il représente un court suspenseur qui se résorbe assez tôt. Parfois, il se divise transversalement (*fig.* 13) et produit vers le haut quelques éléments qui entrent dans la construction de la coiffe.

En définitive, l'embryon du *Pancratium maritimum*, comme celui de l'*Hippeastrum vittatum*, se rattache au type embryonomique du *Muscari comosum*. Aucune différence essentielle ne peut être retenue, du point de vue embryogénique, entre les divers représentants déjà examinés des Liliacées et des Amaryllidacées. Ces deux familles cependant sont trop vastes et leurs caractères morphologiques trop diversifiés pour que l'on puisse considérer comme définitives de pareilles conclusions. Il est nécessaire d'examiner encore un très grand nombre de leurs espèces prises dans les différentes tribus, pour bien s'assurer qu'il n'existe réellement pas des variations de nature embryogénique, plus ou moins importantes, offrant quelques rapports avec la grande hétérogénéité des caractères organographiques.

BIOGÉOGRAPHIE. — *La répartition du complexe trichoniscoide* (*Isopodes terrestres*) *et la paléogéographie*. Note de M. **Albert Vandel**.

Le complexe trichoniscoide. — L'étude de la répartition des Isopodes terrestres constituant le *complexe trichoniscoide* (Vandel) ou *Synocheta* (Legrand) fournit à la biogéographie des données d'un indéniable intérêt, en raison de leur clarté et de leur simplicité. La structure de l'appareil copulateur de ces Isopodes qui sera décrite dans un autre mémoire, répond à deux types nettement tranchés. Elle permet de répartir les représentants du complexe trichoniscoide en deux séries : la *série styloniscienne* et la *série trichoniscienne.*

La variabilité dans les séries styloniscienne et trichoniscienne. — La série styloniscienne est certainement stabilisée depuis longtemps; l'appareil copulateur est construit, chez tous ses représentants, suivant un style très uniforme. L'aspect extérieur répond également à un type très banal. Seules font exception les formes fortement tuberculées qui constituent la sous-famille des *Notoniscinæ*, et les remarquables termitophiles de l'Afrique du Sud (*Titaniidæ* et *Schöbliidæ*). En raison de leur grande stabilité, les membres de la série styloniscienne constituent des *indicateurs* biogéographiques extrêmement précis.

Quant aux représentants de la série trichoniscienne, ils possèdent, sous des aspects extérieurs fort semblables (à l'exception des *Haplophthalminæ* hautement tuberculés et des *Buddelundiellidæ* volvationnels) des appareils copulateurs d'une extrême diversité, signe d'une variabilité étendue et

persistante (comme le prouve l'existence de sous-espèces post-glaciaires dans les Pyrénées). Il en résulte que les distributions géographiques sont à l'ordinaire nettement plus étroites et limitées dans la seconde série que dans la première.

La répartition géographique du complexe trichoniscoide. — L'examen des cartes de répartition des différents genres du complexe trichoniscoide révèle des faits extrêmement curieux : les aires de répartition se disposent suivant des directions *horizontales*, c'est-à-dire parallèles à l'équateur; par ailleurs, les aires de distribution semblent ignorer l'existence des grands Océans *actuels* : Océans Atlantique, Pacifique et Indien, c'est-à-dire de ces immenses étendues océaniques que nous tenons, à bon droit, comme des obstacles infranchissables pour les organismes terrestres.

La répartition de la série styloniscienne. — Les représentants de cette série sont tous, à l'exception de deux genres, propres aux terres de l'hémisphère austral. La sous-famille des *Styloniscinæ*, qui sera seule envisagée dans cette Note, comprend trois genres : *Styloniscus*, *Clavigeroniscus* et *Cordioniscus*. Leur répartition s'étage suivant trois zones parallèles. Le genre *Styloniscus* comprend des espèces nombreuses, *mais extrêmement voisines les unes des autres*; l'aire de répartition de ce genre est immense puisqu'elle couvre toutes les régions froides ou tempérées, humides ou montagneuses de l'hémisphère austral : Afrique du Sud, Madagascar, Mascareignes, Patagonie, Rapa, Nouvelle-Zélande et îles avoisinantes, Tasmanie, Australie, Crozet, et peut-être Tristan d'Acunha et Juan Fernandez. Les genres *Clavigeroniscus* et *Cordioniscus* sont les seuls représentants de la série styloniscienne qui aient franchi l'équateur. Le premier genre ne comprend qu'une seule espèce, *riquieri* Arc., qui peuple, d'une part, les régions montagneuses de l'Amérique centrale (Costa-Rica, Panama et Cordillière vénézolane), et, d'autre part, la Côte d'Ivoire, en particulier, sa région montagneuse (Monts Nimba et Tonkoui). Aucune différence n'a pu être relevée entre les exemplaires américains et africains de cette espèce; exemple tout à fait remarquable de stabilité spécifique. Enfin, le genre *Cordioniscus* qui se rattache étroitement à *Clavigeroniscus*, ne comprend qu'une seule espèce, *stebbingi* Pat., localisée en Espagne orientale; ce genre représente le point extrême atteint par la série styloniscienne vers le Nord, le seul où les aires de répartition des deux séries s'interpénétrent l'une l'autre.

La répartition de la série trichoniscienne. — La série trichoniscienne est propre à l'hémisphère septentrional. Aucun de ses représentants n'a franchi l'équateur. Son aire de répartition est d'ailleurs bien loin de couvrir toutes les terres de l'hémisphère nord, car l'Asie à (l'exception de l'Asie Mineure, qui appartient au domaine méditerranéen) et l'Insulinde sont totalement dépourvues de tout représentant du complexe trichoniscoide.

L'évolution de la série trichoniscienne s'est déroulée dans le vaste secteur compris entre le Caucase et les rivages du Pacifique, c'est-à-dire dans la région qui correspond à la zone méditerranéenne *sensu lato* et aux provinces méridionales de l'Amérique du Nord. Tout de même que les représentants de la série styloniscienne semblent ignorer l'existence des grandes mers australes, plusieurs genres de la série trichoniscienne étalent leurs aires de répartition, au travers des étendues océanes, de l'Europe à l'Amérique. Sur les neuf espèces du genre *Miktoniscus,* quatre peuplent les régions orientales de l'Amérique du Nord (*linearis* Pat., *halophilus* Blake, *humus* Mulaik, *racovitzai* Vand.), une les Açores (*chavesi* Doll.) et quatre, l'Europe occidentale (*patiencei* Vand., *vandeli* Bonnefoy, *patrizii* Brian, *bisetosus* Vand.). Le genre *Caucasonethes* comprend trois espèces : l'une est propre au Caucase (*borutzkii* Verh.), la seconde à la Virginie (*henroti* Vand.) et la dernière, à l'Orégon (*rothi* Vand.). Enfin, *Protrichoniscus heroldi* Arc., espèce largement répandue en Californie, est proche d'une espèce cavernicole de Ligurie : *Finaloniscus franciscoloi* Brian.

Conclusion. — Les faits résumés dans les lignes précédentes conduisent à reconnaître que la répartition des terres et des mers était, au moment de la phase de différenciation et d'expansion du complexe trichoniscoide, fort différente de la disposition actuelle. Les continents et les océans, au lieu d'être distribués, comme au temps présent, suivant des secteurs alternés, orientés du Nord au Sud, devaient se répartir en deux vastes ensembles émergés, l'un septentrional, l'autre austral, séparés l'un de l'autre par une mer équatoriale (Téthys, Mésogée ?). Cette image peut paraître très grossière et schématique; mais on ne saurait exiger plus du biogéographe. C'est au géologue qu'il convient d'en donner une représentation plus précise et d'en fixer les contours.

M. Charles Mauguin dépose un rapport sur le IIe Congrès de l'Union Internationale de Cristallographie, tenu à Stockholm, du 27 juin au 3 juillet 1951.

M. Albert Demolon fait hommage à l'Académie de la cinquième édition de son livre : *Dynamique du sol.*

M. Bernard Houssay adresse à l'Académie un fascicule intitulé : *El papel de la ciencia,* qui constitue le texte d'une conférence prononcée par lui en la séance de la Faculté d'humanités et sciences de Montevideo.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. Louis Fage : Faune de France, 56. *Orthoptéroïdes,* par Lucien Chopard.

DÉSIGNATIONS.

M. **Gabriel Bertrand** est adjoint à la délégation précédemment désignée pour représenter l'Académie dans le Comité d'honneur du Centenaire de la naissance d'**Henri Moissan**, qui sera célébré au cours de l'année 1952.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de Physique mathématique du Collège de France, pour la première ligne, M. *André Lichnerowicz* obtient 49 suffrages, contre 1 à M. *Yves Thiry*.

Pour la seconde ligne, M. *Yves Thiry* obtient 30 suffrages.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne .... M. **André Lichnerowicz.**
En seconde ligne .... M. **Yves Thiry.**

CORRESPONDANCE.

La « **National Academy of sciences** » et le « **National Research Council** » de Washington invitent l'Académie à se faire représenter au **VIIe Congrès géographique international**, qui se tiendra à Washington du 8 au 15 août 1952.

L'Académie est informée de la manifestation qui aura lieu en mai ou juin 1952, pour célébrer le cent-cinquantième anniversaire de la fondation du **Conservatoire National des arts et métiers.**

M. **Jean Cournot** adresse un rapport sur l'emploi de la subvention qui lui a été accordée en 1951 sur la *Fondation Loutreuil.*

Le **Secrétaire général** informe l'Académie que le **VIIIe Congrès International du Pacifique** se tiendra aux Îles Philippines, du 16 au 28 novembre 1953.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Göteborgs Kungl. Vetenskaps-och Vitterhets-Samhälle. *Reports of the Swedish Deep-Sea expedition*, 1947-1948, edited by HANS PETTERSSON, scientific leader of the expedition. Volume II, *Zoology*, Fasc. 1; Vol. III, *Physics and Chemistry*, Fasc. 1.

ALGÈBRE. — *Sur les demi-groupes inversés.* Note de M. **GABRIEL THIERRIN**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

1. *Un demi-groupe* D *est inversé à droite si, pour tout* $x \in D$, *il existe un élément* $x' \in D$ *tel que le produit* xx' *soit idempotent.* L'élément x' est dit un *élément inversant à droite de* x. On a les définitions symétriques pour un demi-groupe inversé à gauche.

Un demi-groupe inversé à la fois à droite et à gauche est dit *inversé*. Les groupes, les demi-groupes inversifs ([1]), sont des demi-groupes inversés. L'inverse n'est pas nécessairement vrai, comme le montre l'exemple du demi-groupe inversé des entiers ≥ 0, l'opération considérée étant la multiplication. Un groupoïde, tel que pour tout $x \in D$, il existe $x' \in D$ vérifiant la relation $(xx')^2 = xx'$, n'est pas nécessairement un demi-groupe, comme le montre l'exemple suivant

	a	b
a	a	a
b	b	a

En effet, nous avons $(ba)b = a$ et $b(ab) = b$.

THÉORÈME. — *Tout demi-groupe* D *inversé à droite ou à gauche, qui est en même temps un semi-groupe, est un groupe.*

Nous allons montrer d'abord que *tout élément idempotent d'un semi-groupe* S *est un élément neutre dans* S, *et par conséquent un semi-groupe contient au plus un élément idempotent.*

En effet, soient a un élément idempotent de S et x un élément quelconque de S. Nous avons :

$$xax = xa^2x = xa.ax$$

d'où

$$xa = x \quad \text{et} \quad ax = x$$

c'est-à-dire que a est élément neutre dans S; on sait que cet élément est unique.

Supposons maintenant que D soit inversé à droite. Alors pour tout $x \in D$, il y a un élément $x' \in D$ tel que le produit xx' soit idempotent. Mais D, étant aussi un semi-groupe, ne contient qu'un élément idempotent qui est élément

(1) Voir *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 376.

neutre de D; il s'ensuit que, pour tout $x \in D$, il y a un élément inverse à droite x'. Par conséquent, D est un groupe.

Démonstration analogue si D est inversé à gauche.

2. Un élément z_i qui est en même temps élément inversant à droite et à gauche d'un élément z de D dit *élément inversant de* z. Alors z est élément inversant de z_i.

Un demi-groupe inversé D, tel que chaque élément $z \in D$ ait au moins un élément inversant, est dit *régulier*.

Si D *est un demi-groupe inversé à droite, et si* x_i *est un élément inversant à droite de* x, *l'élément* $x_i x x_i$ *est aussi un élément inversant à droite de* x.

En effet, soit $xx_i = a = a^2$; on a $x . x_i x x_i = a^2 = a$.

Nous avons la même proposition à gauche. D'où : *si* D *est un demi-groupe inversé régulier et si* x_i *est un élément inversant de* x, *l'élément* $x_i x x_i$ *est aussi un élément inversant de* x.

Si x est permutable avec x_i, x_i^m est un élément inversant à droite de x^m, m étant un entier positif, puisque

$$x^m . x_i^m = (xx_i)^m = a^m = a.$$

3. Si D′ est un groupoïde homomorphe à un demi-groupe D inversé à droite, le groupoïde D′ est un demi-groupe inversé à droite. Par conséquent, s'il existe une équivalence régulière R dans le demi-groupe D, l'ensemble-quotient D/R est un groupoïde homomorphe à D, donc un demi-groupe inversé à droite. Un sous-ensemble D′ d'un demi-groupe D inversé à droite est dit un *sous-demi-groupe inversé à droite de* D, s'il est lui-même un demi-groupe inversé à droite par rapport à l'opération considérée dans D.

Pour qu'un sous-ensemble non vide D′ soit un sous-demi-groupe inversé à droite de D, il faut :

a. que D′ soit sous-groupoïde de D;

b. que pour tout $x \in D'$, il y ait dans D′ au moins un élément x' tel que le produit xx' soit idempotent. Mais dans D, x' est un élément inversant à droite de x. Donc, pour tout $x \in D'$, il faut qu'il y ait dans D′ au moins un élément inversant à droite de x dans D.

Ces deux conditions *a* et *b* sont aussi suffisantes.

Théorème. — *Si* D *est un demi-groupe inversé à droite, et si* y_i *est un élément inversant à droite de l'élément* y, *tel que le produit* yy_i *soit permutable avec tous les éléments de* D, *l'ensemble* D′ *des éléments de la forme* xyy_i, *où* x *parcourt tous les éléments de* D, *constitue un sous demi-groupe de* D *inversé à droite, qui est homomorphe à* D *et qui a l'élément* yy_i *comme élément neutre.*

En effet, soient x et z deux éléments quelconques de D. Nous avons

$$xyy_i . zyy_i = xzyy_i$$

c'est-à-dire que le produit de deux éléments de D′ est encore un élément de D′.

Si à l'élément $x \in D$, nous faisons correspondre l'élément $xyy_i \in D'$, nous voyons alors que D' est un sous demi-groupe de D, homomorphe à D. Ce sous demi-groupe D' est alors un sous demi-groupe inversé à droite. L'élement yy_i est un élément neutre de D'. En effet, $yy_i \in D'$, car

$$yy_i . yy_i = yy_i.$$

D'autre part, nous avons

$$xyy_i . yy_i = xyy_i,$$
$$yy_i . xyy_i = xyy_i . yy_i = xyy_i.$$

Si D est un demi-groupe inversé à gauche, nous avons le théorème symétrique correspondant.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Le problème de Watson pour les solutions des équations différentielles linéaires homogènes.* Note de M. **Ricerdo San Juan**, présentée par M. Jean Chazy.

Soit l'équation

$$(1) \qquad P_0 \frac{d^m y}{dx^m} + P_1 \frac{d^{m-1} y}{dx^{m-1}} + \ldots + P_m y = 0,$$

dont les coefficients P_i ($i = 0, 1, \ldots, m$) sont des polynomes de degré $\leqq p$ sauf P_0 qui est exactement de degré p, et soit

$$(2) \qquad (C_0 t^m + C_1 t^{m-1} + \ldots + C_m) \frac{d^p \varphi}{dt^p} + \ldots + Q_p \varphi = 0,$$

l'équation transformée au moyen de la transformation de Laplace

$$(3) \qquad y(x) = \int_L \varphi(t) e^{tx} dt.$$

Supposons que les racines α_i ($i = 1, 2, \ldots, m$) de l'équation

$$(4) \qquad C_0 t^m + C_1 t^{m-1} + \ldots + C_m = 0$$

soient simples. Dans ce cas l'équation (2) a $m - 1$ intégrales régulières $\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_{m-1}$ au voisinage de α_i, et une $m^{\text{ième}}$ intégrale de la forme

$$\varphi(t) = (t - \alpha_i)^{\lambda_i} \phi(t),$$

où $\lambda_i = \xi_i + i\eta_i$ est une constante, et où

$$\phi(t) = \sum_{n=0}^{\infty} A_n (t - \alpha_i)^n,$$

est une fonction holomorphe au voisinage de α_i, et avec un nombre fini de points singuliers. En suivant comme contour d'intégration L dans (3), le lacet

classique formé par une circonférence de centre α_i et la coupure parallèle à l'axe réel vers la gauche, on démontre, d'après un résultat bien connu ([1]), que l'équation (1) a m solutions $y(x)$ telles que

$$f(x) \equiv y(x)\, e^{-\alpha x} x^{\lambda+1} \sim a_0 + \frac{a_1}{x} + \ldots$$

pour $x \to +\infty$ *sur le demi axe réel positif.*

Mais la solution du problème dit de Watson exige la considération de régions du plan en dehors de cet axe, et à ce propos nous avons obtenu le résultat suivant :

1. *De tels développements sont valables, chacun dans un certain demi plan complet* $\mathcal{R}x \geq k > 0$ *où ils vérifient la condition de Watson-Nevanlinna :* $m_n < C^n n!$ $(n = 0, 1, 2, \ldots)$, *où* C *est une constante et* m_n *les bornes de*

$$\left| f(x) - \sum_{\nu=0}^{n-1} \frac{a_\nu}{x^\nu} \right| |x|^n < m_n \qquad \text{pour} \quad \mathcal{R}x \geq k,$$

2. *De tels produits sont, par conséquent, des approximations optimes des séries* ([2]); *ils en sont aussi des prolongements radiaux, puisque* $\varphi(t)$ *n'a qu'un nombre fini de points singuliers* ([3]).

Nous démontrons la conclusion 1 en faisant tendre vers zéro le rayon du lacet et en combinant les théorèmes suivants :

a. La transformation

$$f(z) = \int_0^\infty \alpha(t)\,(tz)^\lambda e^{-tz}\, dt,$$

où $\alpha(t)$ *est une fonction réelle ou complexe à variable réelle, avec des dérivées bornées :*

$$|\alpha^{(n)}(t)| < M_n, \qquad |\alpha^{(n)}(t) - \alpha^{(n)}(0)| < M'_n \qquad (0 \leq t < +\infty),$$

et $\lambda = \xi + i\eta$ *étant un nombre complexe tel que* $-1 < \xi \leq 0$, *définit une fonction holomorphe* $f(z)$ *qui admet le développement*

$$f(z) \sim \sum_{\nu=0}^{\infty} \frac{(n+\lambda)!}{n!} \frac{\alpha^{(n)}(0)}{z^{n+1}}, \qquad [(n+\lambda)! = \Gamma(n+\lambda+1)]$$

dans tout demi-plan $\mathcal{R}z \geq a > 0$ *avec les bornes* $m_n^{(1)}$ *et* $m_n^{(2)}$ *de premier et de deuxième ordre*

$$m_n^{(1)} = \frac{P^{n-1} M_{n-1}}{a}, \qquad m_n^{(2)} = \frac{P^{n-2} M'_{n-2}}{a},$$

où $P = P(\lambda)$ *est indépendant de* n.

([1]) E. Picard, *Traité d'Analyse*, III, 1928, p. 412.

([2]) R. San Juan, *Acta math.*, 75, 1942, p. 247-254.

([3]) R. San Juan, *Revista da Facultade de Ciéncias de Lisboa*, 2e série, A Vol. II, Fasc. 1, p. 45-76.

Les bornes $m_n^{(1)}$ et $m_n^{(1)}$ du développement $f(z) \sim \sum_{\nu=0}^{\infty} a_\nu / z^\nu$ se rapportent aux conditions

$$\left| f(z) - \sum_{\nu=0}^{n-1} \frac{a_\nu}{z^\nu} \right| |z|^{n-1} < m_n^{(1)}, \qquad \left| f(z) - \sum_{\nu=0}^{n-1} \frac{a_\nu}{z^\nu} \right| |z|^{n-2} < m_n^{(2)}.$$

b. Si k a un plus grand module et le même argument que le nombre caractéristique d'une des solutions $y(x)$ de l'équation (1) sur une demi-droite d'origine en O et qui ne contient aucun point singulier de $y(x)$, sauf tout au plus le point O, alors la fonction $y(x) x^\nu e^{-kx}$ appartient, quel que soit ν, à la classe quasi analytique C_{n_1} sur la demi-droite à partir d'un de ses points x_0 de module aussi petit que l'on voudra ou bien sur toute la demi-droite selon que $y(x)$ est singulière ou régulière en O.

Le théorème a peut être obtenu par application d'un théorème général [4] sur les développements asymptotiques des transformées de la forme

$$f(z) = \int_0^\infty \alpha(t) \Phi(tz) \, dt.$$

Le théorème b sera démontré, comme nous le montrerons dans un prochain travail, en calculant directement les dérivées au moyen de l'équation (1).

TOPOLOGIE. — *Sur la suspension de Freudenthal.*

Note de M. **Jean-Pierre Serre**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Étude de la suspension de Freudenthal au moyen des espaces de lacets; application aux groupes d'homotopie des sphères.

1. *Un résultat préliminaire.* — Soit $f: X \to Y$ une application continue d'un espace X dans un espace Y, X et Y étant connexes et simplement connexes par arcs; on notera $f_i: H_i(X) \to H_i(Y)$, $f_i^0: \pi_i(X) \to \pi_i(Y)$ les homomorphismes définis par f; A_i (resp. A_i^0) désignera le noyau de f_i (resp. f_i^0), B_i (resp. B_i^0) désignera le conoyau [1] de f_{i+1} (resp. f_{i+1}^0); enfin, on suppose que $B_1 = 0$.

Proposition 1. — *Soit q un entier, et supposons que A_i et B_i soient des groupes de torsion (resp. des groupes de torsion dont la composante p-primaire est nulle, p premier) pour tout $i \leq q$; alors A_i^0 et B_i^0 sont des groupes de torsion (resp. des groupes de torsion dont la composante p-primaire est nulle) pour tout $i \leq q$.*

---

(4) *Algunos desarrollos asintóticos notables* (*Revista matematica Hispano-Americana*, 4e Serie T. XI, 1951.

(1) Rappelons que le conoyau d'un homomorphisme $L \to M$ est le quotient de M par l'image de L.

Cette proposition se démontre de la même façon qu'un résultat analogue de J. H. C. Whitehead ([2]), à cela près que le théorème d'Hurewicz y est remplacé par la proposition 4 de la Note ([3]).

2. *La suspension de Freudenthal.* — Soit Ω_n l'espace des lacets sur la sphère $\mathbf{S}_n$; on peut plonger $\mathbf{S}_{n-1}$ dans Ω_n de telle sorte que l'homomorphisme induit $\mathrm{E} : \pi_i(\mathbf{S}_{n-1}) \to \pi_i(\Omega_n) = \pi_{i+1}(\mathbf{S}_n)$ soit la suspension de Freudenthal ([4]). On notera Q_n l'espace des chemins de Ω_n d'origine fixée et d'extrémité dans $\mathbf{S}_{n-1}$; on a

$$\pi_i(Q_n) = \pi_{i+1}(\Omega_n, \mathbf{S}_{n-1}) = \pi_{i+2}(\mathbf{S}_n; \mathrm{E}_n^+, \mathrm{E}_n^-), \quad ([5])$$

d'où la suite exacte :

$$(1) \qquad \ldots \to \pi_i(Q_n) \to \pi_i(\mathbf{S}_{n-1}) \xrightarrow{\mathrm{E}} \pi_{i+1}(\mathbf{S}_n) \to \pi_{i-1}(Q_n) \to \ldots$$

Enfin, il existe un espace fibré qui est de même type d'homotopie que $\mathbf{S}_{n-1}$, dont la base est Ω_n et la fibre Q_n; cette fibration permet de déterminer, au moins partiellement, la cohomologie entière de Q_n, et, par là, son homotopie. On retrouve par cette voie les théorèmes de suspension de Freudenthal, et en outre :

Proposition 2. — *Soit ψ une application de $\mathbf{S}_{2n-3}$ dans Q_n qui engendre le groupe $\pi_{2n-3}(Q_n)$ ([6]); ψ définit un homomorphisme de $\pi_i(\mathbf{S}_{2n-3})$ sur $\pi_i(Q_n)$ pour $i \leq 3n-6$ (pour $i \leq 4n-7$ si n est pair); cet homomorphisme est biunivoque pour $i < 3n-6$ (pour $i < 4n-7$ si n est pair).*

On tire de là le fait que $\pi_{2n}(\mathbf{S}_n; \mathrm{E}_n^+, \mathrm{E}_n^-) = \mathrm{Z}_2$ pour $n \geq 4$, $\pi_{2n+1}(\mathbf{S}_n; \mathrm{E}_n^+, \mathrm{E}_n^-) = \mathrm{Z}_2$ pour $n \geq 6$, $\pi_{2n+2}(\mathbf{S}_n; \mathrm{E}_n^+, \mathrm{E}_n^-) = \mathrm{Z}_{24}$ pour $n \geq 6$, etc. ([7]).

Proposition 3. — *Si n est impair, l'homomorphisme $\mathrm{E}^2 : \pi_i(\mathbf{S}_n) \to \pi_{i+2}(\mathbf{S}_{n+2})$ a un noyau (resp. un conoyau) dont la composante p-primaire (p premier) est nulle pour $i < p(n+1)-3$ (resp. $i \leq p(n+1)-3$).*

Cette proposition est une conséquence immédiate du Lemme 6 du Chap. V de ([8]), joint à la proposition 1 ci-dessus.

Proposition 4. — *Soient n un entier pair, u une application de $\mathbf{S}_{2n-1}$ sur $\mathbf{S}_n$*

([2]) *Bull. Amer. Math. Soc.*, 54, 1948, p. 1133-1145.

([3]) H. Cartan et J.-P. Serre, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 393.

([4]) Cette remarque a déjà été utilisée par divers auteurs.

([5]) Il s'agit ici de groupes d'homotopie de *triades* (A. Blakers et W. Massey, *Proc. Nat. Acad. Sc. U. S. A.*, 35, 1949, p. 322-328); l'interprétation de ces groupes comme groupes d'homotopie relatifs d'espaces de chemins est due à S. T. Hu (article à paraître aux *Portugaliae Mathematica*).

([6]) On voit facilement que $\pi_{2n-3}(Q_n) = \mathrm{Z}$.

([7]) En fait, ces deux derniers résultats valent aussi pour $n = 4$.

([8]) J.-P. Serre, *Ann. of Math.*, 54, 1951, p. 425-505.

d'invariant de Hopf égal à 2 [9], $u_*:\pi_i(\mathbf{S}_{2n-1}) \to \pi_i(\mathbf{S}_n)$ *l'homomorphisme défini par* u*; soit* $E + u_*$ *l'homomorphisme de la somme directe* $\pi_{i-1}(\mathbf{S}_{n-1}) + \pi_i(\mathbf{S}_{2n-1})$ *dans* $\pi_i(\mathbf{S}_n)$ *qui, sur le premier facteur, coïncide avec* E, *sur le second avec* u_*. *Alors, pour tout* $i \geq 0$, *le noyau et le conoyau de* $E + u_*$ *sont des groupes finis d'ordre une puissance de* 2.

Tout revient à montrer que l'application de $\mathbf{S}_{n-1} \times \Omega_{2n-1}$ dans Ω_n définie par l'injection $\mathbf{S}_{n-1} \to \Omega_n$ et par u, vérifie les conditions de la proposition 1 avec $q = \infty$, p premier $\neq 2$. Ceci se voit en utilisant le calcul de $H^*(\Omega_n)$ et $H^*(\Omega_{2n-1})$ [*voir* [8], chap. IV], et le fait que l'homomorphisme :

$$\pi_{2n-1}(\mathbf{S}_n) = \pi_{2n-2}(\Omega_n) \to H_{2n-2}(\Omega_n) = Z,$$

n'est autre, au signe près, que l'invariant de Hopf [10].

Corollaire. — *La composante p-primaire* (p *premier* $\neq 2$) *de* $\pi_i(\mathbf{S}_n)$, n *pair, est isomorphe à la somme directe des composantes p-primaires de* $\pi_{i-1}(\mathbf{S}_{n-1})$ *et de* $\pi_i(\mathbf{S}_{2n-1})$.

Proposition 5. — *Soit* n *un entier impair; l'image de* $\pi_i(\mathbf{S}_n)$ *dans* $\pi_{i+2}(\mathbf{S}_{n+2})$ *par* E^2 *est un sous-groupe de* $E(\pi_{i+1}(\mathbf{S}_{n+1}))$ *dont l'indice est une puissance de* 2.

Résulte de la proposition précédente, où l'on prend $u = [i, i]$, produit de Whitehead de l'application identique de $\mathbf{S}_n$ sur $\mathbf{S}_n$ avec elle-même.

3. *Application à la sphère* $\mathbf{S}_3$. — Au moyen de la fibration donnée plus haut on peut déterminer les premiers groupes d'homologie de Q_3; on trouve Z, o, o, Z, Z_3, o, Z_2, Z_3, ...; d'où $\pi_i(Q_3) = 0$ si $i < 3$, $\pi_3(Q_3) = Z$, $\pi_4(Q_3) = Z_6$; on voit également que $\pi_5(Q_3) = 0$ ou Z_2, et que $\pi_6(Q_3)$ a au plus 24 éléments. Confrontant ces résultats avec la suite exacte (1) et des résultats récents de Hilton [11], on retrouve le fait que $\pi_7(\mathbf{S}_3) = Z_2$, et en outre :

Proposition 6. — $\pi_8(\mathbf{S}_3) = Z_2$, $\pi_9(\mathbf{S}_3) = Z_3$ *ou* Z_6.

Appliquant à nouveau la suspension de Freudenthal, et utilisant la forme explicite de l'élément non nul de $\pi_8(\mathbf{S}_3)$ obtenu par Hilton, on obtient :

Corollaire. — $\pi_9(\mathbf{S}_4) = Z_2 + Z_2$, $\pi_{10}(\mathbf{S}_5) = Z_2$, $\pi_{11}(\mathbf{S}_6) = Z$, $\pi_{n+5}(\mathbf{S}_n) = 0$ *si* $n \geq 7$.

---

(9) Si l'on pouvait prendre pour u une application d'invariant de Hopf 1, on obtiendrait pour $E + u_*$ un isomorphisme sur (comparer avec le résultat classique d'Hurewicz-Steenrod).

(10) Pour établir ce point, le plus commode est d'utiliser la caractérisation de l'invariant de Hopf par le cup-carré fonctionnel, due à Steenrod.

(11) *Proc. London Math. Soc.*, **1**, 1951, p. 462-493; *voir* aussi un article à paraître dans les *Proc. Camb. Phil. Soc.*

Dans ces articles, P. Hilton démontre notamment l'existence d'éléments non nuls dans $\pi_7(\mathbf{S}_3)$ et $\pi_8(\mathbf{S}_3)$; pour établir la proposition 6, nous n'utilisons de ses résultats que le fait que $\pi_8(\mathbf{S}_3) \neq 0$, et le fait que la suspension de $\pi_7(\mathbf{S}_2)$ dans $\pi_8(\mathbf{S}_3)$ est nulle [ce point résultant lui-même de la nullité de $E : \pi_6(\mathbf{S}_2) \to \pi_7(\mathbf{S}_3)$].

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Information et corrélation.*
Note (*) de M. **Robert Féron**, présentée par M. Émile Borel.

Nous pouvons définir l'imprécision de nos connaissances sur une v. a. (en abrégé pour variable aléatoire) Y de fonction de répartition $F(y)$, c'est-à-dire notre incertitude sur la valeur qu'est susceptible de prendre Y par la formule

$$\mathcal{I} = \Phi[F(y)], \tag{1}$$

où Φ est une fonctionnelle jouissant des propriétés suivantes

$$1^\circ \quad \Phi[F(y-a)] = \Phi[F(y)] \tag{2a}$$

et ceci quel que soit a;

$$2^\circ \quad \Phi[F(\lambda y) \leqq \Phi[F(y)] \tag{2b}$$

et ceci pour tout $\lambda \geqq 1$;

$$3^\circ \quad \Phi[G(y)] - \int \Phi[F_x(y)]\, dG(x) \geqq 0 \tag{2c}$$

et ceci pour tout ensemble de fonctions de répartition $F_x(y)$ et $G(x)$ telles que

$$F(y) = \int F_x(y)\, dG(x).$$

Les conditions (2) seront en particulier vérifiées si nous prenons pour $\mathcal{I}$:
a. Les moments typiques d'ordre k de Fréchet

$$m^{(k)} = \min_a \int |y-a|^k\, dF(y).$$

b. L'entropie (quantité d'information de Shannon-Wiener changée de signe)

$$\mathcal{I} = -\int f(y)\, \mathrm{L} f(y)\, dy \tag{3a}$$

si Y possède une densité de probabilité $f(y)$;

$$\mathcal{I} = -\Sigma p_j\, \mathrm{L} p_j \tag{3b}$$

si Y est une v. a. discrète.

Définition d'un indice de corrélation. — L'avantage obtenu en liant Y par x, pourra s'exprimer comme le rapport de ce que nous avons effectivement gagné au maximum de ce que nous pouvions espérer gagner sachant que Y a pour fonction de répartition $F(y)$. Nous appellerons indice de corrélation cet

(*) Séance du 18 février 1952.

avantage et noterons

$$\mathcal{C} = \frac{\Delta \mathcal{I}}{\max \Delta \mathcal{I}}. \tag{4}$$

Si nous prenons pour $\mathcal{I}$ la variance, nous obtenons pour C le rapport de corrélation η^2 de Pearson.

Si X et Y sont des variables discrètes et si nous prenons pour $\mathcal{I}$ l'entropie classique (3 *b*), le maximum de $\Delta\mathcal{I}$ sera encore égal à $\mathcal{I}_Y$ et sera encore obtenu quand un seul de p_{ij} de chaque colonne est différent de zéro.

Il en résulte que C est alors un indice de corrélation qui vérifie les quatre conditions fondamentales de Fréchet.

Définition des indices de corrélation dure. — Mais, si les indices de la forme (4) nous renseignent complètement sur l'avantage que nous pouvons espérer tirer de la considération des variables liées, il ne nous renseigne pas sur celui que nous obtenons effectivement à l'aide de nos procédés obligatoirement grossiers.

Ces procédés reviennent généralement à supposer implicitement qu'en première approximation les fonctions de répartition liées $F_x(y)$ peuvent être considérées comme bien représentées par $F^*_x(y)$ telles que

$$F^*_x(y) = \psi[y - \varphi(x)] \tag{5}$$

où $\varphi(x)$ est généralement d'une forme simple donnée d'avance (ceci revient à supposer que les lignes de régression des percentiles sont des courbes parallèles à $\varphi(x) : y = \varphi(x) + c$.

Il semble logique dès lors de prendre

$$\psi(y) = \int F_x[y + \varphi(x)]\, dG(x),$$

où $G(x)$ est la fonction de répartition de X.

Ceci posé, quel que soit la v. a. Y^*_x de fonction de répartition $F^*_x(y)$ on aura d'après (2 *a*) $\mathcal{I}_{Y^*_x} = \text{const.} = \mathcal{I}_{Y^*}$ et la perte d'incertitude réalisée par le schéma considéré sera donnée par l'information dure [1]

$$D = \mathcal{I}_Y - \mathcal{I}_{Y^*},$$

D est un nombre positif ou négatif mais compte tenu de (2 *a*) et (2 *c*) on voit que $D \leqq \Delta\mathcal{I}$.

Dès lors, le bénéfice que nous obtenons en appliquant notre procédé d'ajustement pourra être bien caractérisé par l'indice de corrélation dure

$$C_d = \frac{D}{\max \Delta\mathcal{I}}.$$

Application. — Prenons comme mesure de l'incertitude, le moment typique d'ordre 2 de Fréchet ou variance $\mathcal{I}_Y = \sigma^2_Y$.

---

(1) Féron et Fourgeaud, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1636.

On peut montrer que pour des lignes de régression convenablement choisies, le carré du coefficient de corrélation linéaire, du rapport de corrélation de Pearson et de l'indice de régression parabolique de Bonferroni sont des indices de corrélation dure.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la notion générale d'information et la durée intrinsèque d'une stratégie.* Note de M. **Benoît Mandelbrot**, présentée par M. Émile Borel.

La notion générale d'information possède toutes les propriétés requises pour servir de durée intrinsèque à une stratégie, si celle-ci fait partie d'un *type* déterminé.

1. M. P. Schutzenberger ([1]) a dégagé les trois axiomes : continuité, symétrie, commutativité, que doit satisfaire « une mesure quelconque H de la quantité d'information attachée à l'observation qui consiste à déterminer si l'état E_0, pris par E dans une certaine épreuve, appartient ou non à l'ensemble X où $\Pr(E \in X) = x$ ».

De ces axiomes, il résulte que H, que nous appellerons plus loin (§ 5) « information temporelle », est nécessairement de la forme : $H = \Sigma x S (\log x)$ où l'opérateur S est linéaire, mais à part cela quelconque. Pour S = const., on a le *cas particulier* de l'information sélective (de Shannon). H englobe aussi l'information fishérienne, qui correspond à $S = \partial^2/\partial\theta^2$.

2. Par ailleurs, J. Ville et H. P. Schutzenberger ([2]) et B. Mandelbrot ([3]) ont remarqué que l'information sélective n'est que la mesure intrinsèque du progrès d'une stratégie séquentielle, si le coût dépend au plus du résultat de l'expérience, et si l'objet de stratégie est « adapté » à cette stratégie. Ce point de vue sera généralisé à toutes les formes de l'information.

3. La suite des opérations qu'un expérimentateur effectue pour déterminer l'état d'un système *peut être réduite à un seul mouvement : choix initial des instruments et du mode opératoire.* Ils resteront fixes une fois choisis et constituent la *stratégie d'expérimentation.* Celle-ci, à son tour, guide la *stratégie d'action* (ou de comportement inductif) qui s'exerce, en général, sur le même objet physique.

Il est très difficile de construire effectivement la stratégie correspondant à un but donné, et même de déterminer ce qui, dans la spécification initiale d'une stratégie donnée, renseigne déjà sur l'étendue des possibilités d'action qu'elle ouvrira (partie utile de spécifications).

4. Par contre, l'information temporelle de Schutzenberger résoud le *pro-*

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 925.

([2]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 206.

([3]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2003.

blème inverse de la recherche des formes *possibles* de la partie utile. En effet, ses axiomes la rendent indépendante de quelques éléments indifférents à l'action, mais essentiels pour distinguer la stratégie de toutes les autres du même « type », le type étant défini par les axiomes eux-mêmes (tous les types de même objet et même S formeront une « classe »). Le rôle de l'information temporelle d'un type est de permettre de comparer les expériences, en mesurant le progrès des stratégies de ce type. Elle rend donc inutile l'introduction d'un « temps » *extérieur, considéré comme contenant abstrait* de la stratégie. C'est l'information qui est le *contenu physique* et *concret* de l'intervalle entre états initial et final, intrinsèque aux stratégies d'expérimentation et d'action.

5. Cette propriété de l'information justifie le qualificatif de « temporelle » et montre pourquoi on donne intuitivement le même nom à des notions aussi différentes. Elle autorise aussi *la définition de la durée entre deux instants, propre à un type ou une classe de stratégies, par le maximum de l'information, que peut apporter une stratégie de ce type ou classe, si elle se prolonge entre ces instants.* L'expérience montre que la durée est toujours finie.

Si une stratégie peut être incorporée dans un type, *nous définissons sa durée propre par la mesure de l'information qu'elle apporte.* Sinon, ce qu'elle apporte est borné supérieurement par ce que la meilleure stratégie d'expérimentation peut apporter à cette action, donc par la durée (exemple : inégalité de Fisher : carré de la variance $\leq$ information; l'inégalité de Fréchet-Darmois, retrouvée par Cramer et Rao, donne une limitation plus étroite dans le cas d'erreur systématique-bias-).

6. *Premier exemple : durée sélective.* — Le concept de « capacité » repose sur la limitation du nombre de symboles susceptibles d'être envoyés sur une ligne de transmission (multiplié par un poids pour chaque symbole). Ce nombre sera, pour nous, la durée.

Deuxième exemple : durée thermique. — Le bruit se comporte comme une limitation intrinsèque, dépendant de l'état physique du signal, à l'information fishérienne maximum $1/\Delta P$ que peut fournir une mesure de ce signal. La durée thermique est donc fishérienne; on la rend indépendante de l'état physique en pondérant $1/\Delta P$ par une énergie intrinsèque, la « température de fluctuation » kT_f.

Troisième exemple : durée quantique. — Définie par $\Delta t = h/\Delta E$.

7. L'intervalle entre deux instants est orienté par la possibilité d'acquérir de l'information entre le premier et le deuxième. *Cette orientation est indépendante de la stratégie*, car, autrement, on pourrait coupler deux stratégies à orientations opposées, et les informations correspondantes croîtraient indéfiniment, ce qui contredirait la loi de limitation de l'information

qui est à la base de la définition même de la durée. Il suffit donc d'un seul type de stratégie pour orienter toute durée.

8. L'orientation peut aussi se faire d'une deuxième façon, en constatant que si l'action sur le système est retardée, son état évolue de telle façon que l'information que l'on a sur lui reste constante ou diminue d'une façon non récupérable (c'est compatible avec un maximum positif de l'augmentation d'information).

La définition et l'orientation de la durée par le deuxième principe de la Thermodynamique appartient à cette catégorie.

Elle est basée sur une *évolution passive*, en général indéterminée, au signe près, et elle n'a pas le caractère intrinsèque de l'*évolution active optimum.*

9. De nombreuses lois physiques sont d'habitude exprimées par la proportionnalité entre une information et un « temps » de nature cosmique, sans liaison *a priori* avec les phénomènes étudiés. Nous remplaçons cette interprétation par la constatation de l'équivalence des durées correspondantes comme repères du progrès de toutes ces stratégies. Ceci ne fait qu'exprimer la non-contradiction entre les disciplines physiques qui correspondent à ces types de stratégie. De l'équivalence résulte un « temps » commun non cosmique.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la stabilisation d'une onde de déflagration dans une conduite divergente.* Note de (*) M. MARCEL BARRÈRE, présentée par M. Maurice Roy.

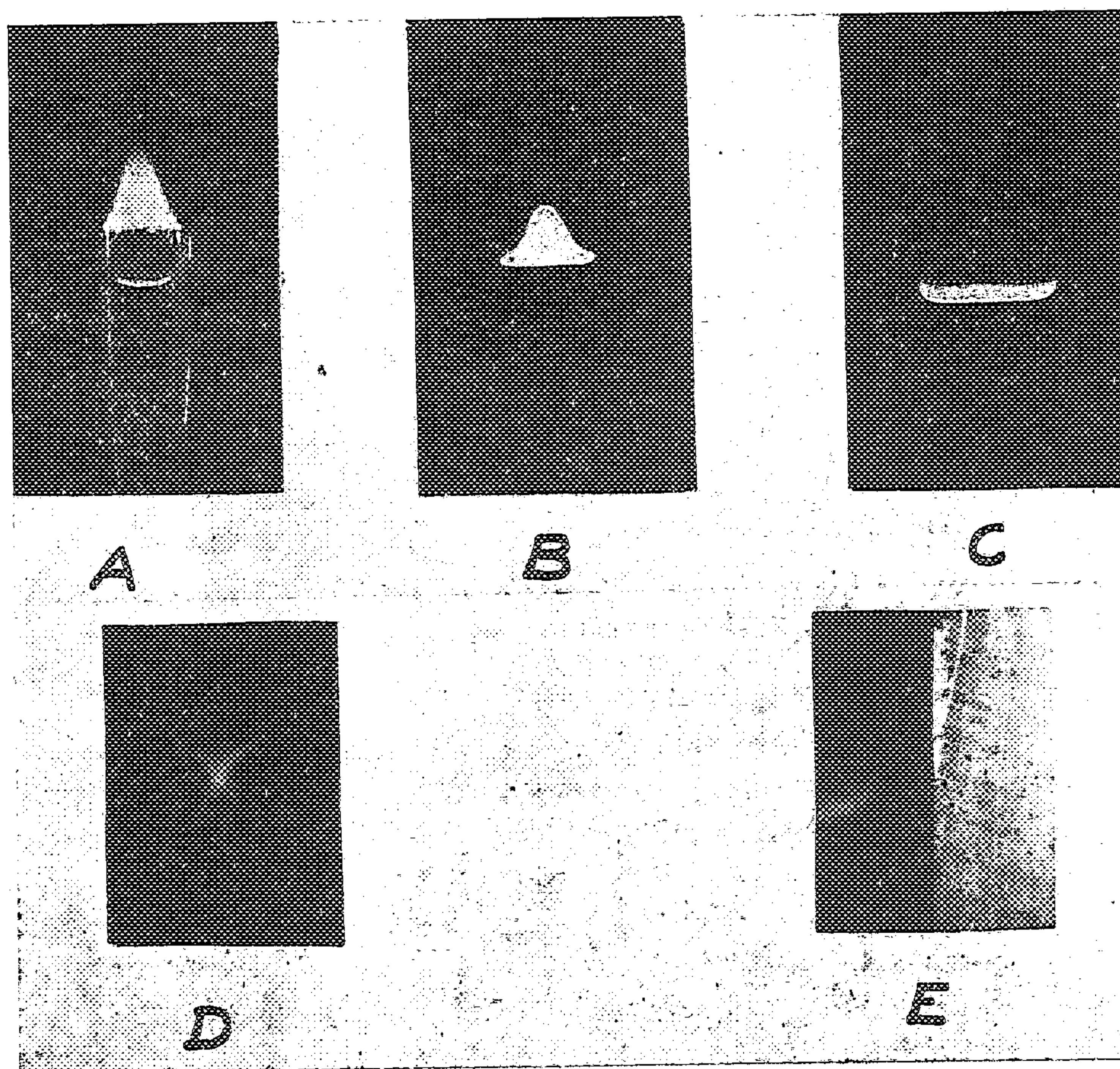
1. Les conditions qui déterminent la forme géométrique d'un front de déflagration dans l'écoulement d'un mélange combustible donné sont considérablement modifiées au voisinage des parois qui limitent le flux. L'annulation de la vitesse à la paroi empêche, en régime stationnaire, qu'une flamme puisse atteindre la paroi. Le coincement de la flamme à une certaine distance de la paroi est en relation avec l'écoulement local de la chaleur; la stabilité du front, sa remontée ou son soufflage, sont commandés par l'évolution des vitesses et températures au voisinage de la paroi et, plus particulièrement, par leurs gradients transversaux, d'ailleurs liés l'un à l'autre ([1]).

On dispose actuellement de nombreuses mesures des gradients critiques de remontée et des épaisseurs de coincement pour divers mélanges combustibles dans des conditions variées de pression; dans le dispositif expérimental uniformément employé où la flamme est stabilisée par le bord d'un

(*) Séance du 17 mars 1952.

([1]) LEWIS et V. ELBE, *Combustion flame and exnlosions of Gases*, Academic Press, Inc, New-York, 1951.

tube cylindrique à son extrémité, les perturbations apportées à l'écoulement par son passage en jet libre et la discontinuité de direction de la paroi ne sont pas sans compliquer le phénomène et l'interprétation des mesures.



Pour éliminer ces difficultés, nous avons tenté de séparer la partie intérieure de la flamme du bord du brûleur en effectuant la combustion dans un écoulement dont la vitesse et, par conséquent, le gradient transversal à la paroi varient d'une manière continue (²). Nous avons prolongé le tube cylindrique dans lequel s'établit le régime d'écoulement laminaire par un ajutage lentement divergent en pyrex. Nous avons ainsi constaté que la remontée de la flamme depuis l'extrémité de l'ajutage est susceptible d'être arrêtée et que, moyennant quelques précautions dans le réglage, le front se stabilise aisément dans le divergent. Il affecte, suivant le profil de la tuyère, le débit et la composition du mélange, toutes les formes inter-

(²) M. Roy, *Thermodynamique des systèmes propulsifs à réaction et de la turbine à gaz*, Dunod, Paris, 1947.

médiaires entre le cône normal et la flamme absolument plate (A, flamme en cours de remontée; B, cône stabilisé dans le divergent; C, flamme plate).

2. La position de stabilisation de l'onde dans l'ajutage est extrêmement sensible aux variations de la vitesse débitante; la méthode permet donc une détermination très précise du gradient critique de remontée. Dans certains divergents, la flamme présente parfois une allure dissymétrique comparable à celle qui rend fréquemment délicates les mesures par la méthode du tube cylindrique; le phénomène s'accompagne ici d'une rotation d'ensemble du front autour de l'axe de la veine, le contour apparent des positions successives de ce front affectant alors (D) une forme en X.

3. L'étude des épaisseurs de coincement nécessite l'emploi d'un divergent de section rectangulaire dont deux faces sont constituées par des glaces en pyrex; il est aisé d'examiner et de mesurer avec un microscope de faible grossissement la distance séparant la zone de combustion de la paroi (E).

4. Permettant d'isoler, beaucoup plus commodément que le dispositif séparateur de Smithells ([3]) les zones de combustion intérieure et extérieure et d'obtenir des flammes plates telles que (C), la méthode présente un grand intérêt dans l'étude spectrographique des réactions de déflagration. Dans les mélanges d'air et de gaz de ville, la flamme intérieure possède une coloration verte très lumineuse provenant du radical C_2; le cône externe (A), flamme de diffusion de l'hydrogène, de l'oxyde de carbone et des imbrûlés passant par la zone de coincement, a une teinte bleu violet.

ASTROPHYSIQUE. — *Les vitesses d'agitation dans les atmosphères des géantes rouges.* Note (*) de M. **Evry Schatzman**, présentée par M. André Danjon.

Dans une Note antérieure, on avait supposé les grandes vitesses d'agitation dans les atmosphères des géantes rouges engendrées par des sources d'énergie mécanique (ondes de compression) et l'on avait expliqué les phénomènes observés dans quatre étoiles en supposant le même rapport du flux d'énergie mécanique aux flux total. On montre ici que la constance de ce rapport est due à la nature des sources d'énergie mécanique, réparties dans une zône convective épaisse en régime turbulent.

1. On a supposé à plusieurs reprises ([1]) que les phénomènes de turbulence s'accompagnaient d'une génération d'ondes de compression. Ces ondes de

---

([3]) A. G. Gaydon, *Endeavour*, 10, 1951, p. 37.

(*) Séance du 17 mars 1952.

([1]) M. Schwarzschild, *Astrophys. J.*, 107, 1948, p. 1; E. Schatzman, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 814.

compression quittent la région turbulente et se propagent avec la vitesse de propagation du son vers les régions extérieures de l'étoile.

On suppose ici explicitement que ces ondes de compression sont engendrées par la turbulence qui règne dans la zône convective épaisse existant dans certaines étoiles.

2. Ainsi que des travaux en cours de Mme Pecker le montrent, le début de l'ionisation de l'hélium I, ou le début de l'ionisation de l'hélium II peuvent être le point de départ d'une zône convective presque en équilibre adiabatique s'étendant à une grande profondeur dans l'étoile, la couche radiative qui surmonte cette couche convective pouvant être relativement épaisse.

3. l étant l'échelle de la turbulence, u la vitesse moyenne d'agitation, ρ la densité, la fonction de dissipation est

$$f = \frac{15}{R_l}\rho\frac{u^3}{l} \qquad (1)$$

où R_l est le nombre de Reynolds.

Une faible fraction de cette énergie de dissipation apparaît sous forme d'ondes de compression, la majeure partie étant dissipée en chaleur par viscosité. Nous écrirons donc qu'une énergie mécanique

$$\varepsilon = k\rho\frac{u^3}{l} \qquad (2)$$

apparaît par seconde et par centimètre cube dans la zone turbulente.

Il est possible de montrer que la fraction de cette énergie qui est dissipée lors de la propagation est très petite. On peut donc conclure que le flux total d'énergie mécanique produite est

$$F_{mec} = \int k\rho\frac{u^3}{l}\,dx. \qquad (3)$$

4. Une théorie grossière de la génération de la turbulence dans une zone convective ([2]) donne justement

$$u^3 = \frac{1}{4}g\frac{Fl}{c_p\rho T}. \qquad (4)$$

où F est le flux radiatif. En prenant $c_p = (3/2)\mathcal{R}$, ce qui est une approximation satisfaisante et en utilisant l'équation d'équilibre hydrostatique, on trouve que l'équation (4) prend la forme simplifiée :

$$\frac{F_{mec}}{F_{rad}} = \frac{1}{6}\int -k\frac{dP}{P}. \qquad (5)$$

En appelant P_i et P_s les valeurs de la pression aux limites inférieures et

([2]) BIERMANN, *Astronomy, Astrophysics and Cosmogony*, p. 139.

supérieures de la couche convective, on fait apparaître l'expression suivante :

$$(6) \qquad \frac{F_{mec}}{F_{rad}} = \frac{1}{6}\bar{k}\log\frac{P_i}{P_s}.$$

Il est clair que le terme logarithmique variera peu d'une couche convective épaisse à l'autre. Les résultats d'observation s'interprétent de façon satisfaisante avec un coefficient $\bar{k}$ de l'ordre de 1/60 environ, dont la grandeur correspond à peu près à l'hypothèse faite sur la génération des ondes de compression.

MAGNÉTISME. — *Magnétostriction de divers ferrites orientés à chaud.* Note de M. **Louis Weil**, présentée par M. Gaston Dupouy.

L'orientation à chaud des ferrites de cobalt contenant des proportions variables d'oxydes de fer est connue depuis longtemps : refroidis dans un champ magnétique à partir de températures supérieures à leur point de Curie [850° pour Takei, Yasuda et Ischihara (1)] ou même inférieures [300° pour Kato et Takei (2)], ils présentent une augmentation de la rémanente. Nous avons également mis à profit cette propriété pour la confection d'aimants en Fe_2O_3CoO (3).

La présente étude a eu pour objet la recherche de l'influence de l'orientation à chaud sur la magnétostriction dans le ferrite de cobalt pur et dans les solutions en proportions variables de ce ferrite dans les ferrites de magnésium d'une part, de nickel d'autre part.

Deux séries de mesures ont été effectuées; dans la première, l'échantillon était orienté par un champ parallèle au champ de mesure; dans la deuxième, il était orienté par un champ perpendiculaire au champ de mesure. Le champ orientant atteignait respectivement 8 000 et 12 000 Oe et agissait à partir de 850° C, au cours du refroidissement, en une dizaine de minutes, jusqu'à l'ambiante.

Pour les solutions à moins de 50 % de ferrite de cobalt, le champ de mesure de 2 500 Oe suffit pour saturer dans la deuxième série. Les courbes des figures ci-après sont basées, dans le cas des solutions plus riches, sur la saturation obtenue par extrapolation.

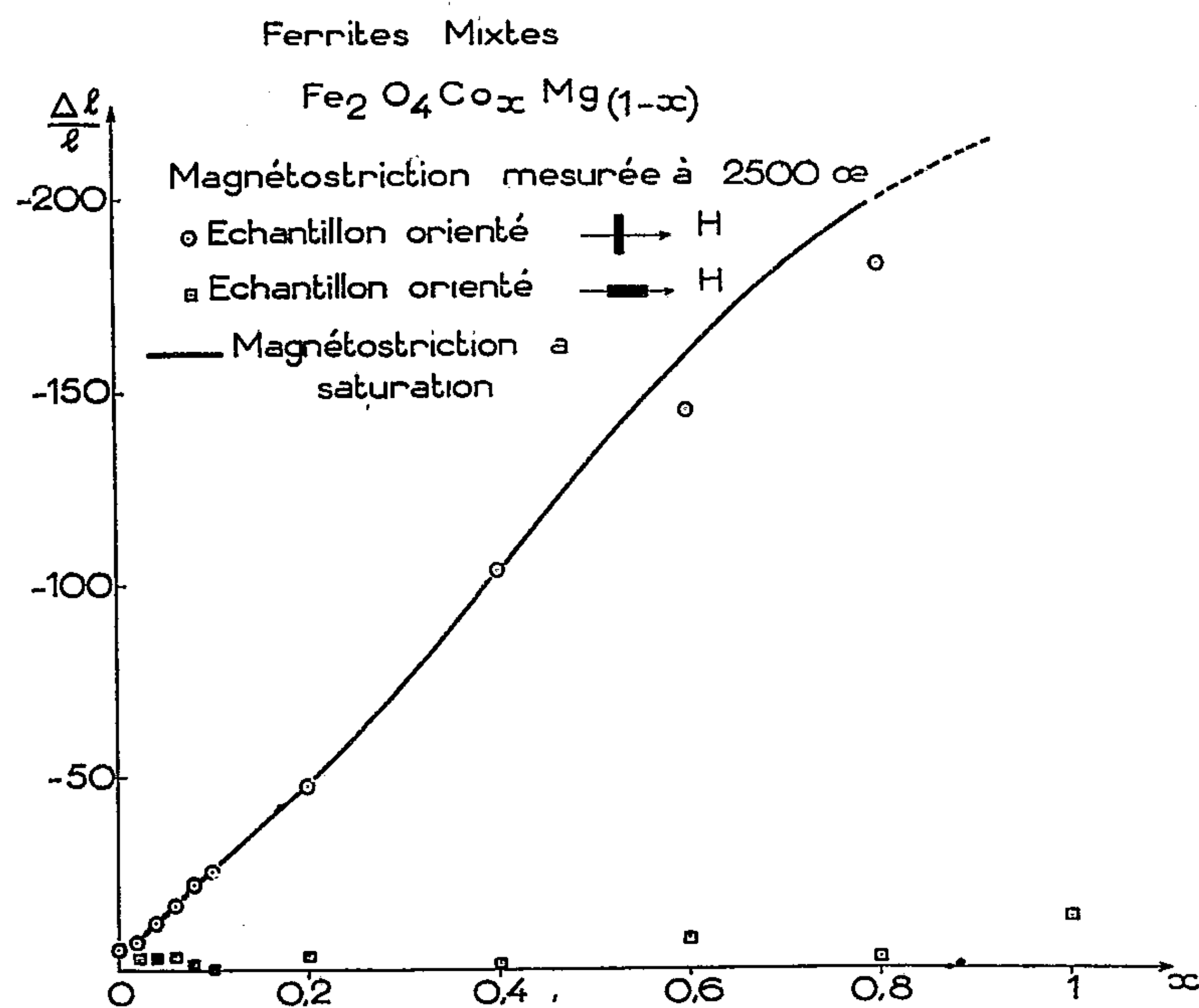
Comme on devait s'y attendre, quand le champ de mesure et le champ d'orientation sont parallèles (première série), les rotations ou déplacements de paroi au cours de la mesure sont très faibles et dl/l est voisin de zéro

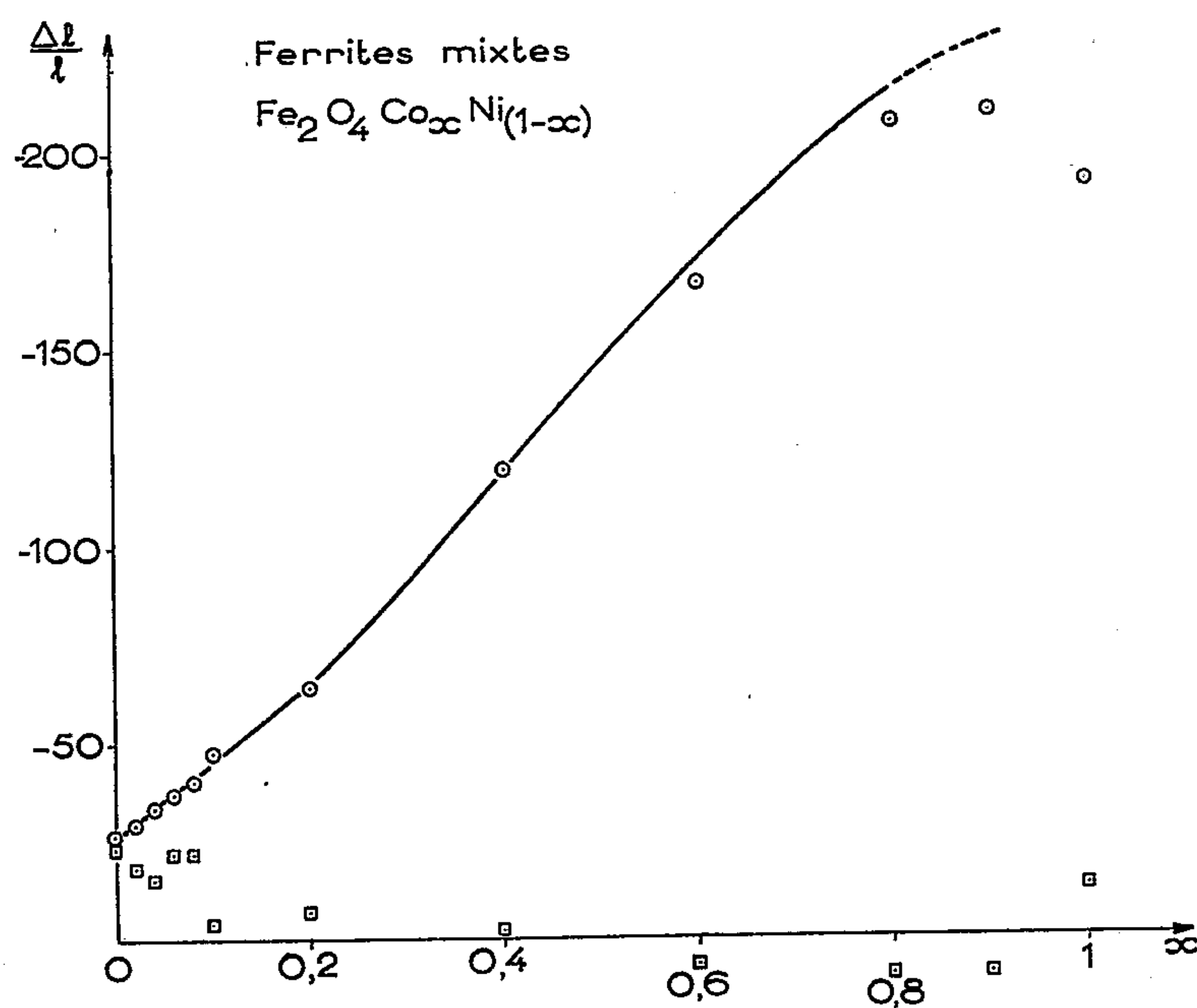
(1) D'après Bozorth, *Ferromagnetism*, p. 421.

(2) D'après Becker, *Ferromagnetismus*, p. 404.

(3) L. Néel, L. Weil et J. Aubry, 21 août 1943.

pour les échantillons orientables. Il est intéressant de remarquer que, pour une même composition, les valeurs déterminées dans les deux séries restent

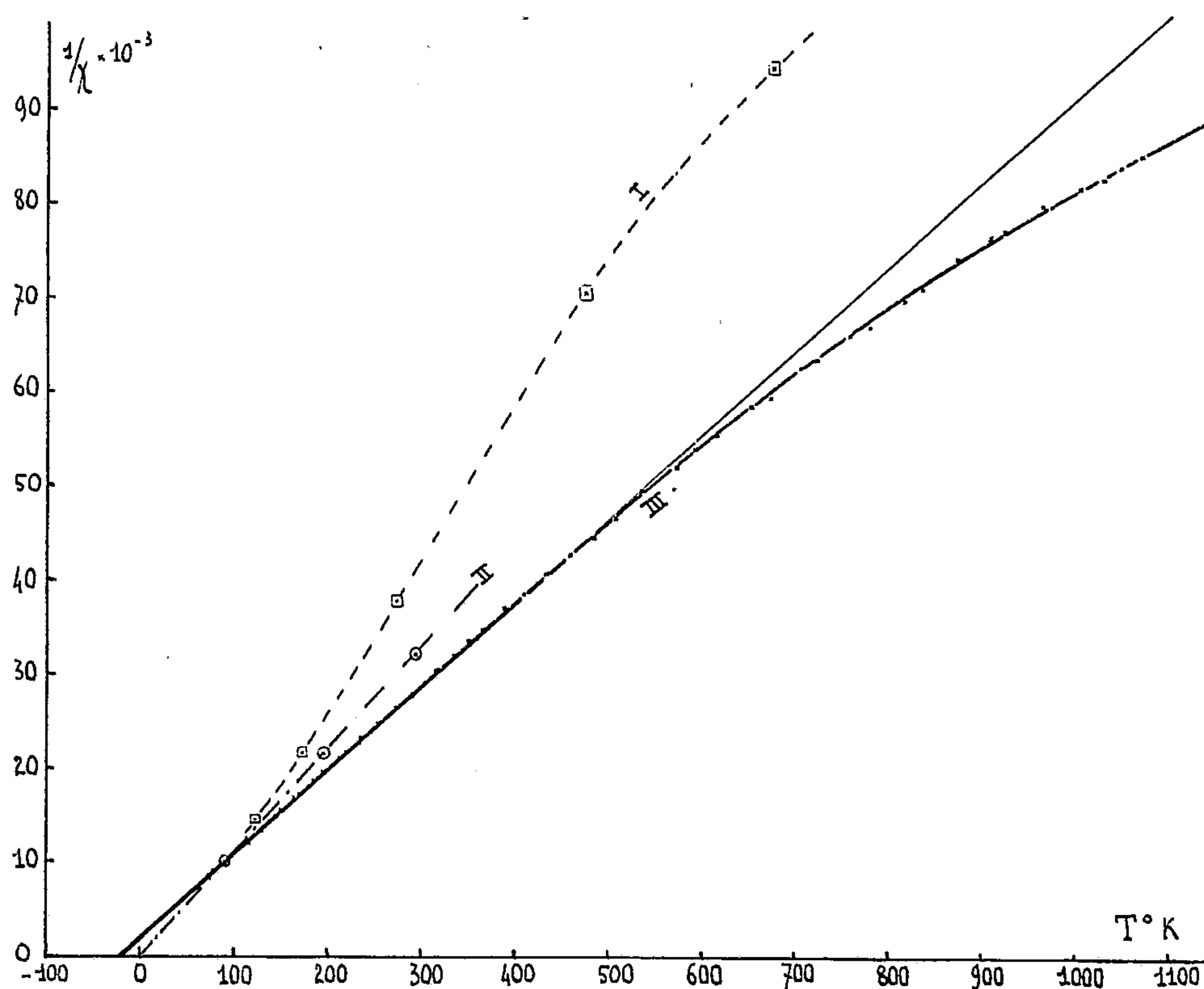




différentes, c'est-à-dire que les *ferrites restent orientables, même pour des teneurs en cobalt de quelques pour-cent seulement.*

MAGNÉTISME. — *Étude thermomagnétique du praséodyme métallique.* Note de Mlle **Charlotte Henry la Blanchetais**, présentée par M. Gaston Dupouy.

En 1912, Owen ([1]) déterminait pour la première fois les propriétés magnétiques d'un échantillon compact de praséodyme métallique ([2]). Il apparaît maintenant, d'après la valeur de la susceptibilité à la température ordinaire et l'allure de la courbe thermomagnétique (*fig.*, courbe I), que le produit étudié contenait une notable proportion de métal non magnétique, probablement du lanthane.



Plus récemment (1937), W. Klemm et H. Bommer ([3]) préparaient du praséodyme métallique pulvérulent par action d'un métal alcalin sur le chlorure de praséodyme. Le métal, très divisé, était inséparable d'une gangue importante de chlorure alcalin. Son étude magnétique (*fig.*, courbe II) entre 90° et

([1]) *Ann. Physik*, 37, 1912, p. 657-699.
([2]) W. Finke, *Ann. Physik*, 31, 1910, p. 149.
([3]) *Z. anorg. allg. Chem.*, 231, 1937, p. 138.

273°K donne, en $1/\chi$ et T, une droite correspondant à un moment $\sigma = 3,22\ \mu_B$ et un point de Curie très voisin de 0°K.

J'ai pu disposer, pour la détermination de ses propriétés magnétiques, d'un échantillon de praséodyme compact préparé, il y a quelques années, par F. Trombe et F. Mahn ([4]). Ce produit, particulièrement débarrassé de fer, correspond à l'analyse suivante : Si, 0,1 % ; Mg, 0,2 % ; Pt, 0,4 % ; Pr 99,3 %. Toutes les impuretés de ce praséodyme sont ou diamagnétiques ou très faiblement paramagnétiques. J'ai vérifié, en effet, que, dans l'intervalle de températures étudié, la susceptibilité était indépendante du champ.

L'étude thermomagnétique a été effectuée entre le point d'ébullition de l'azote et 1070° K, à l'aide de la balance classique à translation de Foëx et Forrer. Les mesures, entre 77° K et la température ordinaire sont faites dans un courant d'hydrogène. Au-dessus de la température ordinaire, le bloc de métal est scellé dans une ampoule de quartz dans laquelle il a été préalablement fait le vide.

Les résultats indiqués correspondent à différentes variations thermiques dans un champ de l'ordre de 6 350 Oe (températures croissantes et températures décroissantes). En particulier, plusieurs variations ont été faites entre la température ordinaire et 850° K. Une seule série de mesures (montée et descente) correspond à l'intervalle 850°-1070° K. A cette dernière température, il se produit une légère attaque de la paroi de quartz par le métal.

On peut distinguer, sur la courbe $1/\chi = f(T)$, deux intervalles (*fig.*, courbe III) :

1° entre 77° K et 500° K environ, tous les points se placent sur une droite bien définie permettant de déterminer un point de Curie à −21° K et une constante de Curie $C_a = 1,5765$. Le moment conventionnel calculé à l'aide de la formule de Langevin est $\sigma = 3,56\ \mu_B$. Rappelons que le moment théorique de l'ion Pr^{+++} est égal à 3,62 μ_B. Si l'on tient compte du fait que le métal étudié contenait 0,7 % d'impuretés non magnétiques, on peut estimer que le moment du praséodyme rigoureusement pur doit être extrêmement voisin de celui de l'ion trivalent, sinon égal à ce dernier.

2° Entre 500 et 1070°K, la représentation de $1/\chi$ en fonction de T donne une courbe qui s'écarte de plus en plus de la droite de basse température et il ne semble pas possible de faire passer, par les points expérimentaux, de droite permettant de définir un moment.

En résumé, le travail précédent montre que, dans un intervalle important de températures, le praséodyme métallique suit la loi de Curie-Weiss avec un moment très voisin de celui de l'ion Pr^{+++}. Il se comporte, à ce point de vue, comme les métaux des terres rares voisins, le cérium et le néodyme.

([4]) *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 778.

SPECTROSCOPIE. — *Structure de la bande d'émission* 2 940 Å *de l'oxygène dilué dans une atmosphère de xénon.* Note de M. Donald Cuthbertson et Mme Renée Herman, présentée par M. Jean Cabannes.

On sait que les spectres d'émission de l'oxygène atomique et moléculaire subissent d'importantes modifications en présence de gaz rares. Les changements observés sont dus à l'accroissement de l'intensité relative des transitions interdites et l'apparition de nouvelles bandes ou systèmes de bandes d'une molécule formée d'un atome de gaz rare et d'un atome d'oxygène ou d'une molécule O_2. Dans le cas du xénon on peut admettre la formation de XeO. Cette molécule est instable au niveau fondamental $Xe(^1S)O(^3P)$, mais sa stabilité s'accroît avec l'excitation des atomes. Le nombre de molécules excitées de XeO, formées lors du choc de deux atomes, et l'intensité d'émission du spectre moléculaire sont proportionnels à la durée de vie des deux atomes. On doit donc s'attendre à observer de telles émissions pour les atomes aux niveaux fondamental et métastable.

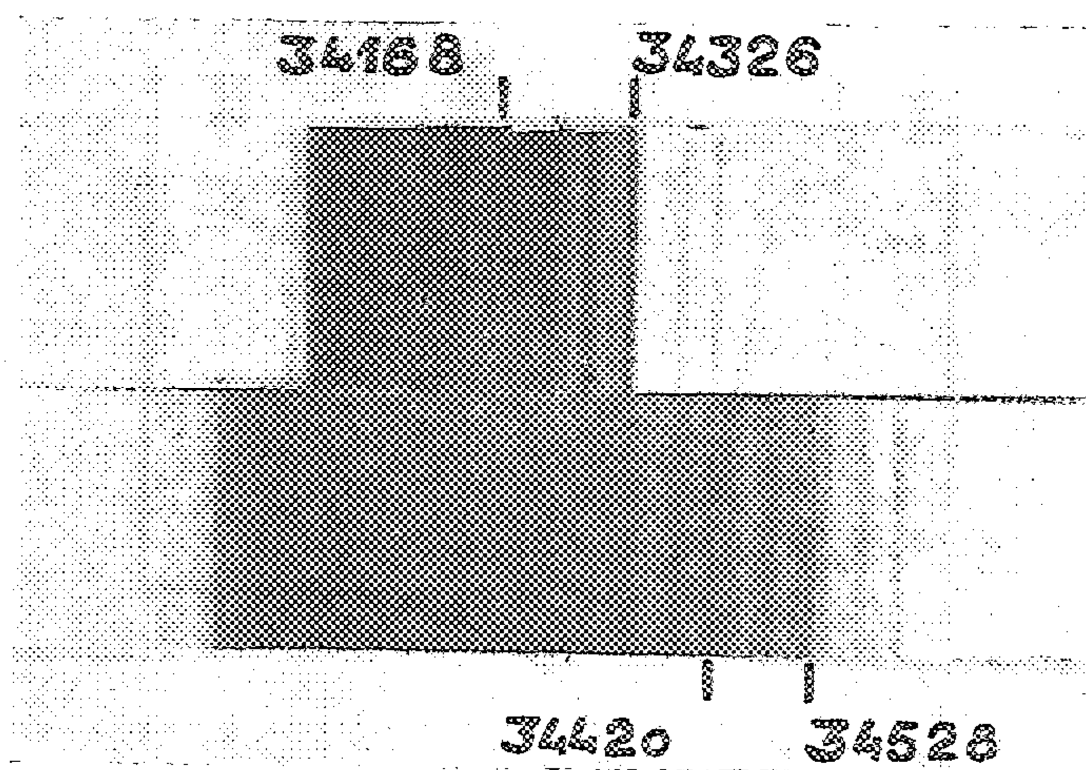


Fig. 1.

Les bandes identifiées jusqu'ici avec certitude se rapportent, en effet, aux niveaux fondamentaux $Xe(^1S)$ et $O(^3P)$ et aux niveaux métastables $O(^1S)$ et $O(^1D)$. Pour établir avec certitude la relation entre la transition moléculaire observée et la transition atomique s'y rattachant, il faut pouvoir ranger les bandes dans un schéma de vibration, on peut alors déterminer les constantes de vibration aux niveaux supérieur et inférieur et en déduire, au moins approximativement, les énergies de dissociation D' et D''.

Dans la présente Note nous donnons quelques détails relatifs à la structure de vibration de la bande 2940 Å observée dans un mélange xénon-oxygène. La reproduction photographique de la figure 1 montre les bandes de vibration de

ce système; son caractère diffus pourrait être dû à la structure de rotation non accessible à notre spectrographe. Dans le tableau I figurent les longueurs d'onde et les nombres d'onde des maxima d'intensité observés, arrangés dans un schéma de vibration. Il permet de déterminer les deux constantes de vibration $\omega'_e \approx 100$ cm^{-1} et $\omega''_e \approx 200$ cm^{-1} des niveaux supérieur et inférieur; ce dernier serait ainsi nettement le plus stable.

v'. v''....	0.	1.	2.	3.	4.	5.
0........	34 279	34 387	34 490	34 595	34 697	–
	2 916,4	2 907,2	2 898,5	2 889,7	2 881,2	–
1........	34 120	34 222	34 326	34 424	34 528	34 635
	2 930,0	2 921,2	2 912,4	2 904,1	2 895,4	2 886,4
2........	33 966	34 068	34 168	34 279	34 387	34 490
	2 943,3	2 934,4	2 925,9	2 916,4	2 907,2	2 898,5

Les constantes $\omega_e x_e$ ne peuvent être déterminées avec suffisamment de précision pour permettre le calcul des énergies de dissociation. Une estimation grossière fournit la valeur 0,08 eV pour D''. La figure 2 montre qualitativement la forme et la position relative des courbes de potentiel correspondant

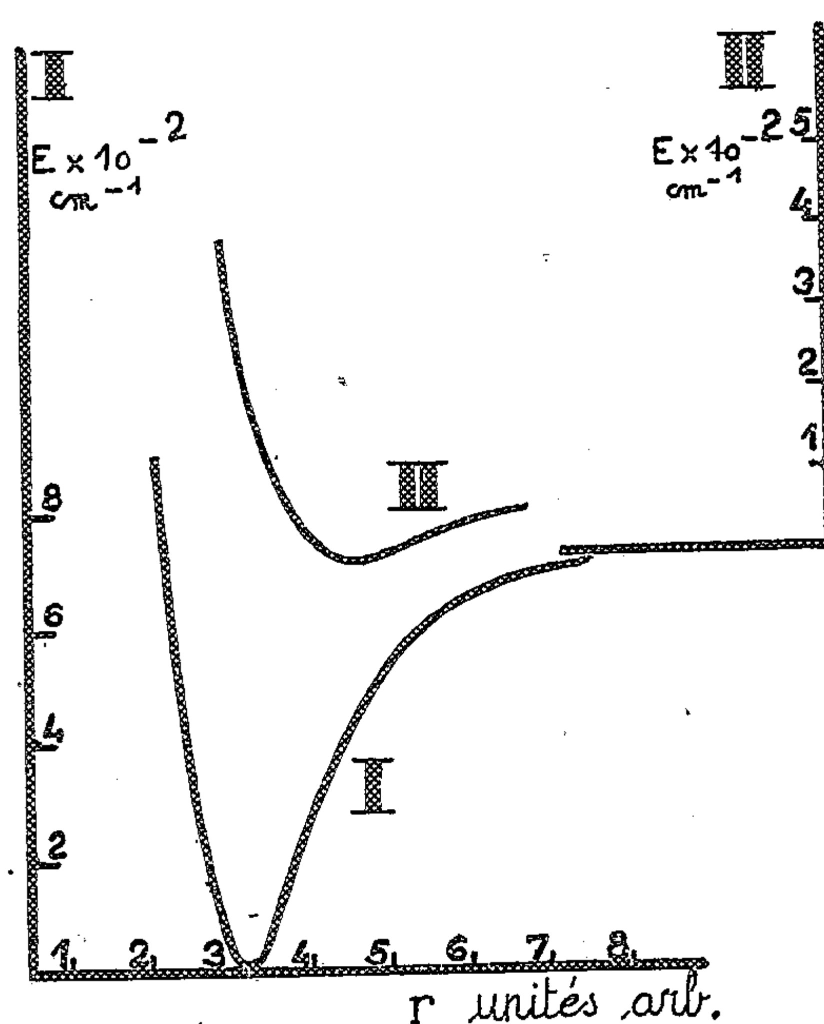


Fig. 2.

à cette transition. L'intensité du système croît lorsque la valeur de v'' augmente; ceci résulte du principe de Franck-Condon (*fig.* 2) et du fait que, dans le schéma de vibration, plusieurs bandes figurent à deux endroits différents du tableau I. La dispersion insuffisante de notre spectrographe ne permet pas leur séparation et par suite une détermination précise des $\omega_e x_e$.

La transition atomique correspondant à ce système de bande est probablement $O(^1S) \rightarrow O(^3P)$. Dans ce cas le niveau supérieur serait formé de deux atomes métastables $Xe(1s_5) + O(^1S_0)$. L'interprétation serait seulement légèrement modifiée si la molécule émettrice était O_2 au lieu de XeO. Au niveau supérieur la molécule serait formée des atomes métastables $O(^1S_0) + O(^1D_2)$ et au niveau inférieur des atomes $O(^3P) + O(^1D_2)$.

SPECTROSCOPIE. — *Effet de l'argon et de l'azote comprimés jusqu'à* 1000 atm *sur le spectre d'absorption de l'oxyde azotique dans l'ultraviolet.* Note (*) de Mme **Janine Granier-Mayence**, MM. **Stéphane Robin** et **Boris Vodar**, présentée par M. Eugène Darmois.

Les auteurs montrent l'effet différent de l'argon et de l'azote comprimés sur le spectre d'absorption de NO et attribuent le fond continu observé avec N_2 à une association entre les molécules NO et N_2.

Les propriétés thermodynamiques, magnétiques et spectrales de NO montrent qu'il y a association à l'état liquide (1). Par comparaison avec O_2 qui est également associé à l'état liquide, et dont en outre certaines transitions spectrales apparaissent lorsqu'il est comprimé avec un gaz étranger (2), il nous a semblé intéressant d'étudier le spectre d'absorption de NO dans les mêmes conditions. Les premières expériences ont été faites avec A et N_2 comprimés entre 2 000 et 4 000 Å.

L'argon et l'azote utilisés renferment moins de 0,002 % d'oxygène; ils sont comprimés par détente du gaz liquéfié suivant un procédé déjà décrit (3); NO préparé et distillé suivant des méthodes connues (1) est introduit sous vide en quantité donnée sous des pressions variant de 0,2 à 100 cm de Hg, dans la bombe d'absorption en acier inoxydable d'épaisseur 2,5 cm. Le gaz compresseur est amené par des tubes de nickel; les joints sont en argent et les robinets en acier inoxydable (3), munis de presse étoupes en « téflon ».

Les spectres obtenus sont totalement différents selon que l'on utilise comme gaz compresseur N_2 ou A. A température ordinaire, une bande d'absorption continue apparaît en effet, dans le cas de l'azote et n'apparaît pas avec l'argon.

Avec l'argon à 17° C, on observe d'abord un léger déplacement (de l'ordre de 1 Å) des maxima des bandes d'absorption du système γ vers les grandes

(*) Séance du 17 mars 1952.

(1) J. Mayence, *Thèse*, Paris, 1950.

(2) H. Salow, *Thèse*, Berlin, 1935.

(3) S. Robin, *Thèse*, Paris, 1951; *J. Chim. Phys.*, 48, 1951, p. 415.

longueurs d'onde lorsque la pression croît, puis un déplacement important vers les courtes longueurs d'onde. Cela est à rapprocher de résultats récents relatifs aux raies de résonance de certains métaux alcalins ([4]) et la même explication qualitative semble valable.

Avec N_2, les bandes γ de NO disparaissent progressivement lorsque la pression croît et il apparaît pour des pressions supérieures à 100 atm un fond continu intense, au-dessous de 2 700 Å environ ([5]).

Nous avons montré expérimentalement que cette bande ne pouvait pas être due à N_2O (pour cela, nous avons comprimé N_2O avec l'azote et ce mélange est resté transparent) ni à NO_2 formé avec les traces d'oxygène contenues dans N_2 : en effet, l'argon renferme la même proportion d'oxygène et l'absorption continue n'existe pas; d'autre part, nous avons ajouté volontairement de l'oxygène et comparé spectrographiquement les mélanges $NO + N_2$ et $NO_2 + N_2$; par ailleurs le mélange NO pur $+ N_2$ détendu et condensé dans N_2 liquide ne contient pas de NO_2 en quantité suffisante pour donner lieu à une absorption de cette nature; enfin, nous avons refroidi la bombe à $-80°$ C et nous avons observé une absorption plus intense qu'à 17° C pour une même quantité de NO et une même densité de N_2 alors que la teneur en NO_2 ne peut augmenter dans ces conditions. Par contre à 100° C, l'absorption est nettement moins intense qu'à la température ordinaire.

Dans l'état actuel des résultats (1000° atm et 17° C) l'absorption continue n'apparaît pas avec l'argon, ce qui est à rapprocher du fait que Johnston ([6]) n'a pas mentionné d'association dans l'étude infrarouge des solutions de NO dans le krypton liquide.

On sait ([1]) que NO liquide est très absorbant dans l'ultraviolet et qu'une bande continue du même genre existe également dans NO gazeux à basse température ([7]). Puisqu'une telle bande se manifeste dans les mélanges $NO + N_2$, elle ne peut être due à une transition simultanée dans deux molécules NO voisines; comme elle n'apparaît pas dans les mélanges avec l'argon, il est probable qu'elle ne peut être attribuée à une transition interdite dans une molécule NO entre l'état de base et un état excité d'ailleurs inconnu, comme c'est le cas pour certaines bandes de O_2. Il semble nécessaire d'admettre une action spécifique de N_2 avec association entre les molécules de N_2 et NO.

Pauling ([8]) a suggéré que la structure de NO pouvait être une structure

---

([4]) J. Robin et S. Robin, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1019.

([5]) Cette valeur n'est donnée qu'à titre indicatif, elle varie avec la quantité de NO et la température.

([6]) *J. Chem. Phys.*, **19**, 1951, p. 189.

([7]) L. d'Or, A. de Lattre et P. Tarte, *J. Chem. Phys.*, **19**, 1951, p. 799.

([8]) *Nature of the chemical bond* 1948.

de résonance; l'équilibre serait rompu à l'état liquide en faveur de la structure qui laisse un électron libre sur l'azote et donne, par suite, des molécules doubles stables. Dans le cas de NO comprimé par l'azote, on peut tenter provisoirement de supposer que cet équilibre serait, au contraire, rompu en faveur d'une structure ionique qui laisse un doublet libre sur l'azote et sur lequel la molécule d'azote peut venir se fixer.

Les résultats quantitatifs, en cours de dépouillement, seront publiés prochainement.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Sur une méthode photométrique d'identification des particules de charge électronique dans les émulsions photographiques épaisses.* Note (*) de MM. **Georges Kayas** et **Daniel Morellet**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

Dans les émulsions photographiques sensibles au minimum d'ionisation, l'identification des particules par comptage de grains est difficile voire même impossible, à partir d'une perte d'énergie supérieure à celle correspondant à quelques fois le minimum d'ionisation. La même difficulté se présente en ce qui concerne l'identification des noyaux lourds par numération de rayons δ. Ces mesures souffrent d'ailleurs d'une grande subjectivité. Pour pallier à ces difficultés et pour étendre le domaine d'application de détermination de masses par le comptage de grains et de détermination de charges par comptage de δ, nous avons mis au point un procédé photométrique de mesure (¹).

Le principe essentiel est de remplacer l'œil de l'observateur par un photomultiplicateur (R. C. A., type 5819, coefficient d'amplification d'environ 800 000) recevant sur sa cathode le flux de lumière transmis par une fente fine ajustable, sur laquelle on forme l'image de la trace à étudier. (Une platine tournante spéciale permet de réaliser cette superposition en chaque portion de trace.) La dernière dinode du phototube est reliée aux plaques verticales d'un oscilloscope, à travers un amplificateur à courant continu (coefficient d'amplification d'environ 50). Entre la fente et l'oculaire microscopique est intercalé un prisme de verre de section carrée, d'arête parallèle à la fente, tournant à raison de 1500 tours : mn autour de son grand axe, celui-ci étant dans le même plan vertical que l'axe de la fente. On réalise ainsi un « balayage » autour de la trace perpendiculairement à elle-même. Ce montage optique est plus facile à construire qu'un mouvement de va-et-vient de la platine ou de la fente et permet d'adapter la largeur de plaque balayée au grossissement objectif utilisé,

(*) Séance du 17 mars 1952.

(¹) *Cf.* S. von Friesen et K. Kristiansson, *Livre anniversaire de M. Siegbahn*, p. 623.

(la longueur de trace sur laquelle on « intègre » varie aussi avec ce même grossissement), comme le montre le tableau suivant :

Grossissement objectif (x)	10	20	43	97
Largeur balayée (μ)	120	55	30	13
Longueur de trace utilisée (μ)	350	190	100	30
Largeur de fente projetée sur le plan objet (μ)	2	1	$\sim$0,45	$\sim$0,2

(Oculaire de grossissement 10 x.)

De plus deux faces opposées du prisme sont noircies de manière à ce que, dans sa rotation, celui-ci intercepte périodiquement le faisceau lumineux. En l'absence de toute trace, l'oscilloscope reçoit donc un train, facilement synchronisable, d'impulsions carrées, de profondeur H. Si on introduit, dans la région de plaque explorée, la trace convenablement orientée, son « profil de noirceur » se superpose au signal carré (dans sa partie correspondant à la phase lumineuse). La hauteur de cette impulsion est évidemment caractéristique de l'ionisation de la particule étudiée donc de sa charge et de son β, à parcours restant donné. Pour éliminer l'influence des alentours de la trace (électrons et grains de fonds, défauts locaux, etc.), avant chaque mesure on ajuste H à une valeur constante arbitraire en agissant sur l'amplificateur. Après introduction de la trace, on mesure la hauteur de l'impulsion enregistrée comptée à partir du niveau H de normalisation.

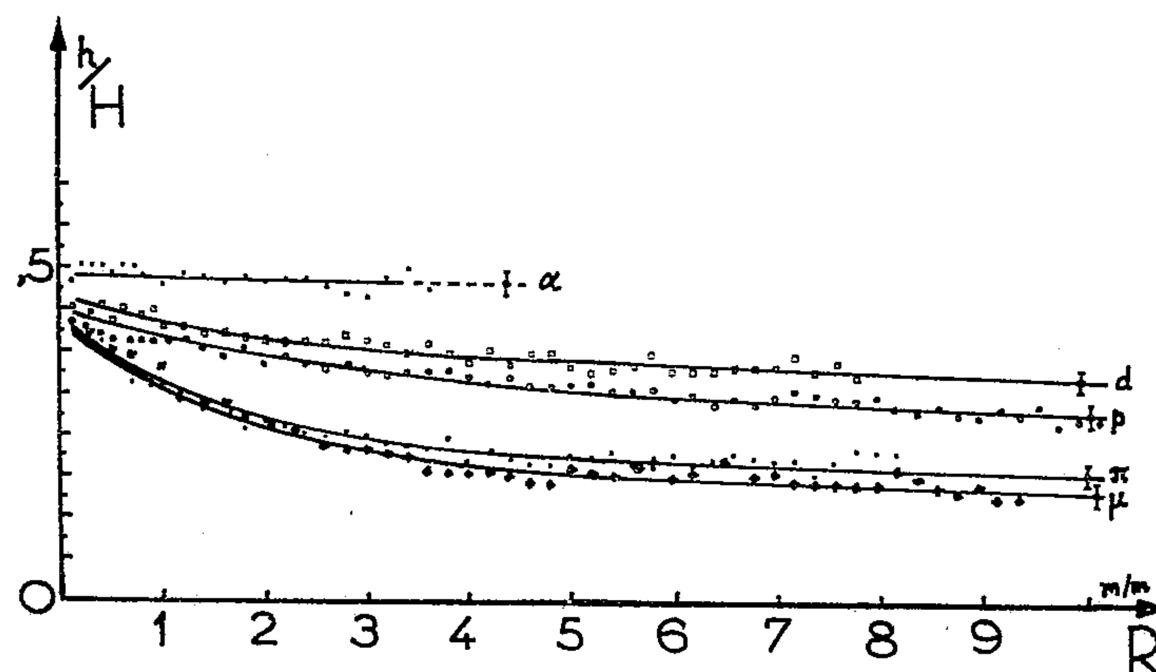
Nous avons travaillé sur des émulsions G5 Ilford, 600 μ (coefficient de contraction de 2,4) présentant un développement homogène et une très bonne transparence [2]. Nous avons constaté que la hauteur h de l'impulsion dépend linéairement tant de la profondeur de la trace au sein de l'émulsion que de sa pente (du moins pour les inclinaisons moyennes); ce qui permet d'effectuer les corrections nécessaires : pour les émulsions étudiées le coefficient linéaire de correction de profondeur utilisé est de 1,5 pour la couche d'émulsion au contact du verre.

La figure ci-contre représente la variation du « contraste » h/H (toutes corrections faites) en fonction du parcours restant pour différentes particules de charge unité (mesons μ, π, protons, deutons) et doublement chargées (particules α). Pour effectuer ces mesures à divers parcours, nous disposons d'un mouvement micrométrique dans la direction de la fente. Un comparateur indique la profondeur de la trace au lieu de chaque pointé δ.

Cette méthode permet donc d'identifier rapidement la nature des particules de charge unité. Toutefois les masses voisines du méson π et du

[2] Cette bonne transparence est due à la méthode de fixage-acide utilisée.

méson μ rendent aléatoire leur différenciation. On peut aussi utiliser cette méthode pour avoir une indication sur la nature de particules intermédiaires (mésons du type τ et K), une mesure précise de masse ne pouvant



Chaque point de la figure représente la moyenne de 10 à 15 mesures effectuées sur quelques cinq particules de même nature. L'erreur indiquée donne une idée des fluctuations auxquelles il faut s'attendre pour une mesure effectuée sur une seule particule le long de son parcours.

se faire que si la trace présente un assez long parcours dans l'émulsion. Nous l'avons utilisée pour le méson K trouvé récemment au laboratoire du Professeur Leprince-Ringuet ([3]).

Nous poursuivons actuellement l'étude des particules de charge ≥ 2, domaine pour lequel la méthode semble particulièrement bien adaptée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Potentiel critique de dépôt du protactinium sur divers métaux.* Note (*) de M. **Jacques Danon** et Mlle **Christiane Ferradini**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Les recherches électrochimiques sur le protactinium ont montré que cet élément se dépose sur une cathode de Pt par électrolyse des solutions fluo-ammoniacales à pH 5,8 pour des densités de courant de l'ordre de 10 mA/cm² et forte agitation ([1]). Postérieurement, il a été montré que le protactinium se dépose spontanément en solution fluorhydrique sur les métaux fortement électropositifs; la quantité déposée augmente généralement avec l'électropositivité du métal ([2]).

([3]) J. Crussard, C. Marboux, D. Morellet et A. Orkin-Lecourtois, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 84.

(*) Séance du 17 mars 1952.

([1]) Mme Emmanuel et M. Haïssinsky, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1102.

([2]) Mme Camarcat, G. Bouissières et M. Haïssinsky, *J. Chim. Phys.*, **46**, 1949, p. 153.

Ces expériences suggèrent la possibilité de définir un potentiel critique pour le dépôt de protactinium en solution fluorhydrique. Dans ce but, nous avons mesuré les quantités de protactinium déposées à la cathode pour divers potentiels maintenus constants pendant un temps déterminé (méthode d'Hevesy et Paneth).

Nous avons utilisé l'isotope ^{233}Pa de période 27,4 jours, émetteur β^-. Cet élément nous a été fourni en solution fluorhydrique par le Commissariat à l'Énergie Atomique. Afin de le purifier, nous l'avons extrait d'une solution HCl 3 N par le thénoyltrifluoracétone (TTA) en solution benzénique. Le protactinium a été mis ensuite en solution fluorhydrique par agitation avec une solution HF à 5 %. L'opération s'effectue avec un bon rendement. Le radioélément ainsi purifié a été dosé à l'aide d'un compteur Geiger-Müller dans des conditions géométriques constantes pour toutes les expériences. Une quantité correspondant à 200 impulsions par seconde a été dissoute dans 10 cm^3 d'une solution NaF *normale* à pH 5,9. La concentration de ^{233}Pa est alors environ 10^{-11} M.

Nous avons utilisé les solutions de NaF au lieu de NH_4F, car pendant l'électrolyse, le pH de la solution de NH_4F diminue rapidement par suite de la décomposition de cet électrolyte [3]. Par contre le pH des solutions de NaF se maintient constant, même pour les densités de courant élevées.

Les expériences ont été réalisées par le procédé de F. Joliot [4] dans une cellule en plexiglas. L'anode utilisé était un fil de Pt; on n'a jamais constaté de dépôt anodique. Une agitation rapide a été maintenue constante pendant toute la durée de l'électrolyse.

Les courbes de la figure donnent la quantité de Pa déposée sur divers métaux après 30 mn d'électrolyse, en fonction du potentiel de la cathode, mesuré par rapport à l'électrode de calomel saturée.

Les potentiels critiques obtenus à partir de ces courbes ont les valeurs suivantes :

Cathode	Pt.	Au.	Ag.	Cu.	Ni.
Potentiel critique (volts)	−1,45	−1,43	−1,45	−1,46	−1,14

On remarquera que le potentiel critique a sensiblement la même valeur, aux erreurs expérimentales près, pour les dépôts sur Pt, Au, Ag et Cu. Par contre, la valeur pour le dépôt sur Ni est déplacée de 0,3 V vers les valeurs plus positives.

La reproductibilité des résultats est en général satisfaisante, à l'excep-

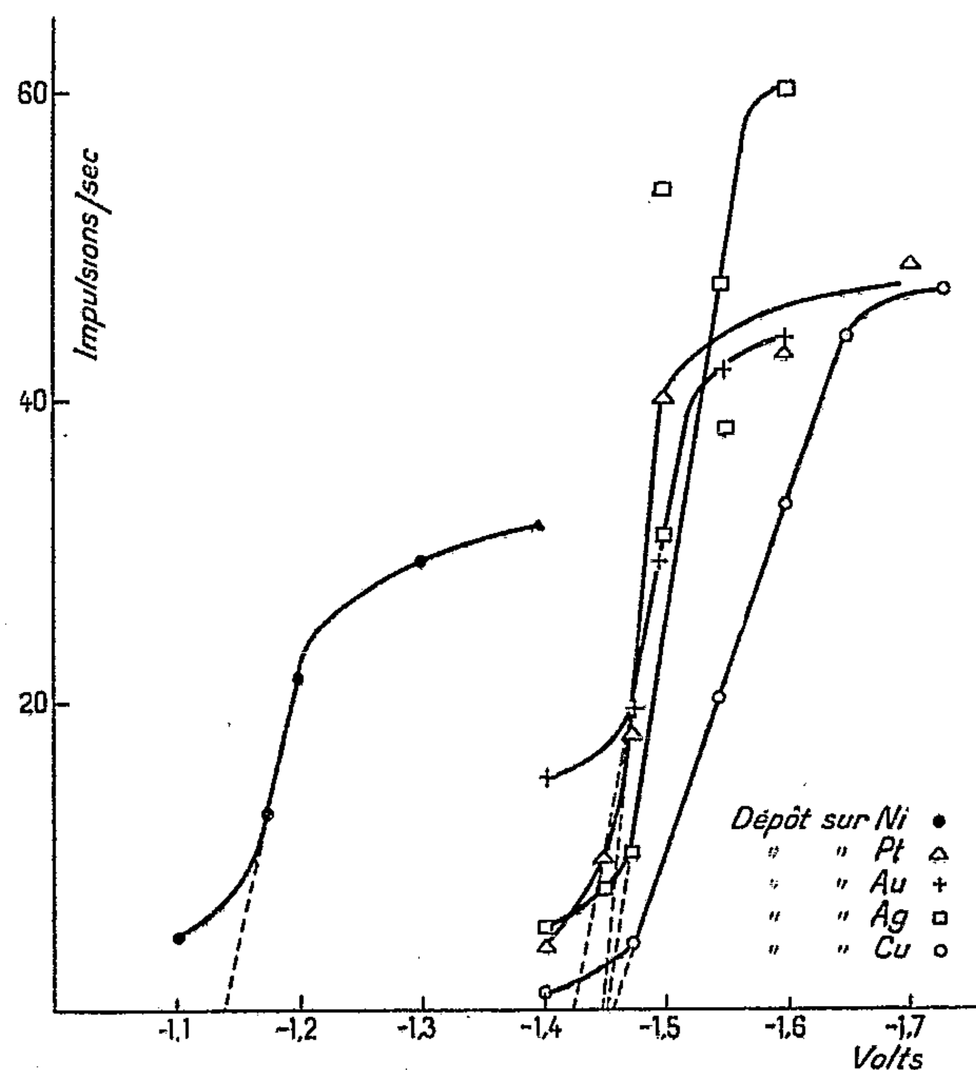
---

(3) Pour le rôle de la stabilité du pH, *voir* (1) et G. Bouissières, *J. Phys. Rad.*, 2, 1941, p. 72.

(4) *J. Chim. Phys.*, 27, 1930, p. 119.

tion toutefois de ceux obtenus sur Ag; elle est très bonne pour les expériences avec Ni.

Le dépôt sur les diverses cathodes étudiées se redissout dès l'interruption du courant.



Les courbes donnant les quantités de protactinium déposées sur Ni en fonction du temps, pour chaque potentiel, et que nous ne reproduisons pas ici, obéissent à l'équation établie par F. Joliot pour le dépôt électrolytique de Po [3] et retrouvée pour le dépôt de Bi [5]. Les courbes cinétiques pour les dépôts sur les autres cathodes étudiées ont la même allure.

Des expériences sont en cours sur la variation du potentiel de dépôt avec la concentration de protactinium au moyen de ^{231}Pa naturel.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Formes particulières d'isothermes d'adsorption de méthane sur le graphite et divers autres corps.* Note (*) de MM. **Lucien Bonnetain**, **Xavier Duval** et **Maurice Letort**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Les isothermes d'adsorption de gaz sur les solides sont classées d'après leur forme en cinq types [1]. Nous avons trouvé que les isothermes d'adsorp-

---

(5) A. Coche, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1275.

(*) Séance du 17 mars 1952.

(1) S. Brunauer, L. S. Deming, W. E. Deming et E. Teller, *J. Amer. Chem. Soc.*, 62, 1940, p. 1723.

tion de méthane à — 195° C sur cinq graphites d'origine différente (quatre graphites artificiels à 0,02 % d'impuretés et un graphite naturel), très semblables entre elles, ne se rattachent à aucun de ces types. Avant chaque adsorption, ces graphites sont dégazés soit une 1/2 h à 800° C, soit 1 h à 500° C sous 10^{-3} mmHg. Notre appareil est analogue à celui de Wooten et Brown (2).

La courbe G_0 représente une de ces isothermes sur graphite artificiel; elle exprime le volume adsorbé (cc. N. T. P.) en fonction de la pression relative p/p_s, p_s étant la pression saturante à la température d'expérience.

En outre du point B_1, généralement considéré comme correspondant à l'achèvement d'un film monomoléculaire, on remarque sur cette courbe une brusque augmentation du volume adsorbé pour $p/p_s = 0,36$. Cet accident se retrouve pour tous les graphites à cette même valeur de p/p_s. On remarque enfin un nouvel accident, mais plus atténué, à environ $p/p_s = 0,75$. La courbe G'_0 représente la désorption : les anomalies de la courbe G_0 s'y retrouvent aux mêmes pressions.

La courbe G représente une isotherme pour — 166° C. A — 183° C, l'isotherme affecte une forme intermédiaire entre celles de G et G_0; les « marches » de la courbe G_0 se retrouvent à peu près aux mêmes pressions relatives, mais les changements de pente sont moins accusés. Un effet de température similaire a été observé par Jura et Criddle (3) qui adsorbaient de l'argon sur du graphite à basses températures, mais à basse pression, c'est-à-dire *avant* que la première couche soit complètement formée.

L'isotherme d'adsorption d'*azote* à — 195° C est analogue à la courbe G : cette forme a déjà été observée par Joyner et Emmett (4) pour N_2 sur du graphon (carbon black graphitisé à 3 000° C).

Les brusques accroissements des quantités adsorbées sont souvent attribués à une condensation capillaire. Mais nous ne pensons pas qu'une telle explication puisse être retenue dans le cas présent pour les raisons suivantes :

a. étant donné l'adsorption massive à pression quasiment constante observée sur la courbe G, il faudrait admettre que les pores ont sensiblement même diamètre pour tous les graphites examinés qu'ils soient artificiels ou naturel. Disons par anticipation qu'il faudrait également admettre cette hypothèse pour divers autres corps;

b. la distribution du diamètre des pores varierait avec la température à laquelle l'adsorption est pratiquée;

---

(2) *J. Amer. Chem. Soc.*, 65, 1943, p. 113.
(3) *J. Phys. et Colloïd Chem.*, 55, 1951, p. 163.
(4) *J. Amer. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 2363.

c. on ne s'expliquerait pas qu'après le troisième accident l'isotherme ne tende pas vers une saturation comme dans le type IV de la classification de Brunauer ([1]).

L'insertion de molécules CH_4 entre les plans cristallins ne paraît pas non plus intervenir car, pour un graphite donné, la quantité adsorbée dépend de la granulométrie; elle n'est donc pas proportionnelle à la masse.

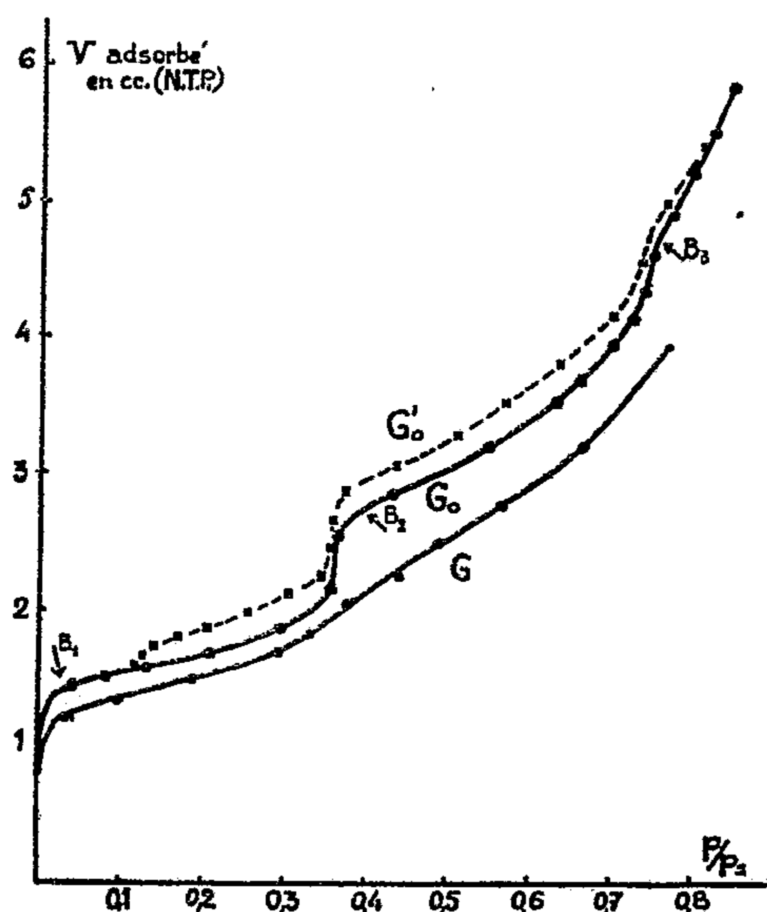


Fig. 1.

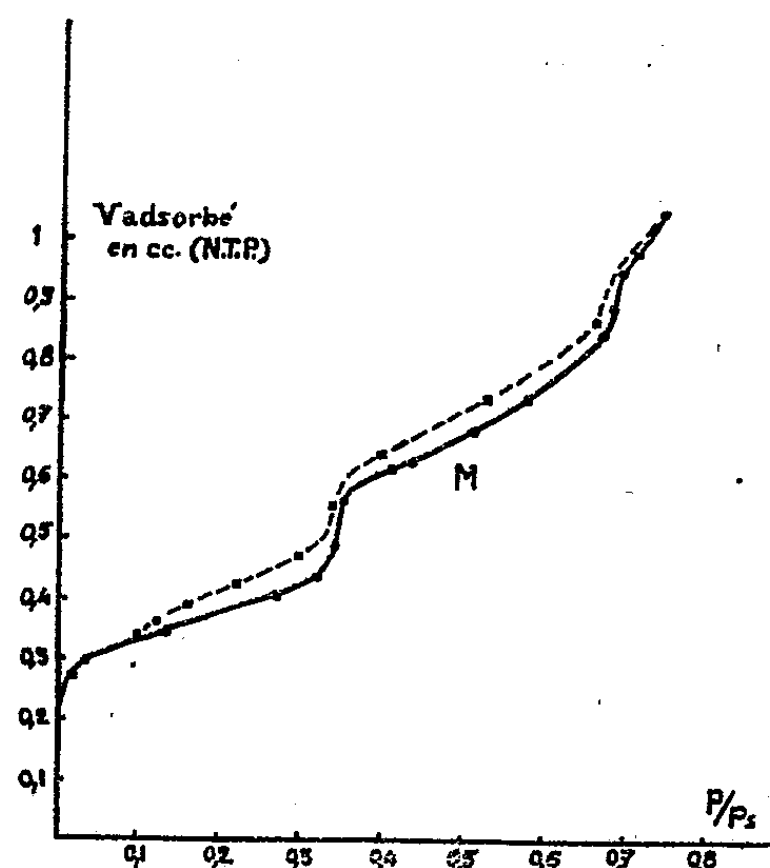


Fig. 2.

Fig. 1. — Adsorption de CH_4 sur 1 g de graphite.
G_0, adsorption à — 195° C; G'_0, désorption à — 195° C; G, adsorption à — 166° C.

Fig. 2. — Adsorption de CH_4 sur 1 g de molybdénite.

D'autre part, une donnée très importante doit être considérée, savoir que le rapport des volumes adsorbés aux points B_1 et B_2 est *très voisin de* 2 (à 5 % près) et le rapport des volumes adsorbés aux points B_3 et B_1 *très voisin de* 3 (à 10 % près).

Ces considérations nous inclinent à penser que l'isotherme du type G_0 traduirait *la formation successive d'une première, seconde et troisième couche adsorbée.* Ces données nouvelles devraient être importantes pour l'analyse théorique du phénomène d'adsorption et, particulièrement, des changements de phases.

Nous avons recherché si d'autres corps présentent un phénomène analogue. Dans l'état actuel de nos recherches, nous avons trouvé qu'il en est ainsi pour la molybdénite (MoS_2), $CdCl_2$, CdI_2 et $HgBr_2$. L'isotherme d'adsorption du méthane à — 195° C sur MoS_2 est donnée (courbe M) à titre d'exemple; on observe que les rapports approximativement égaux

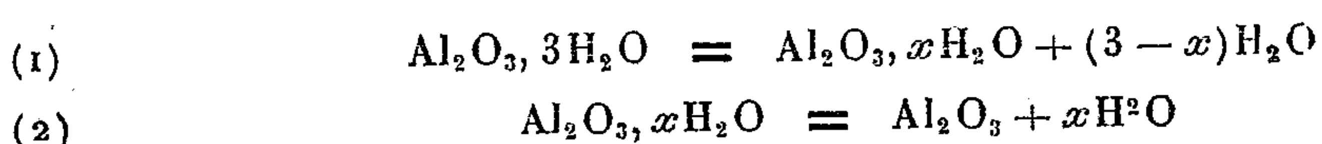
à 2 et 3 y sont aussi respectés. *Le phénomène observé a donc une certaine généralité.*

Ces différents corps ont de commun avec le graphite de se présenter sous forme de cristaux lamellaires. Il faut toutefois dire que le talc et le mica donnent une isotherme dépourvue de toute anomalie (type II de Brunauer) ; il est vrai que ces deux silicates sont de compositions chimiques beaucoup plus complexes que le graphite ou les composés binaires précédemment cités.

La présente Note fera l'objet d'une publication détaillée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la thermicité des réactions de déshydratation de l'hydrargillite.* Note de MM. **Tran-Huu-The** et **Marcel Prettre** présentée par M. Paul Pascal.

Dans une précédente Note (1), Blanchin, Imélik et l'un de nous ont montré, par un examen détaillé des évolutions de composition chimique, de structure et de texture subies par l'hydrargillite sous l'effet de températures régulièrement croissantes, que ce solide se déshydrate suivant deux étapes successives exprimées par les réactions :



$$(1)\qquad Al_2O_3, 3H_2O = Al_2O_3, xH_2O + (3-x)H_2O$$

$$(2)\qquad Al_2O_3, xH_2O = Al_2O_3 + xH^2O$$

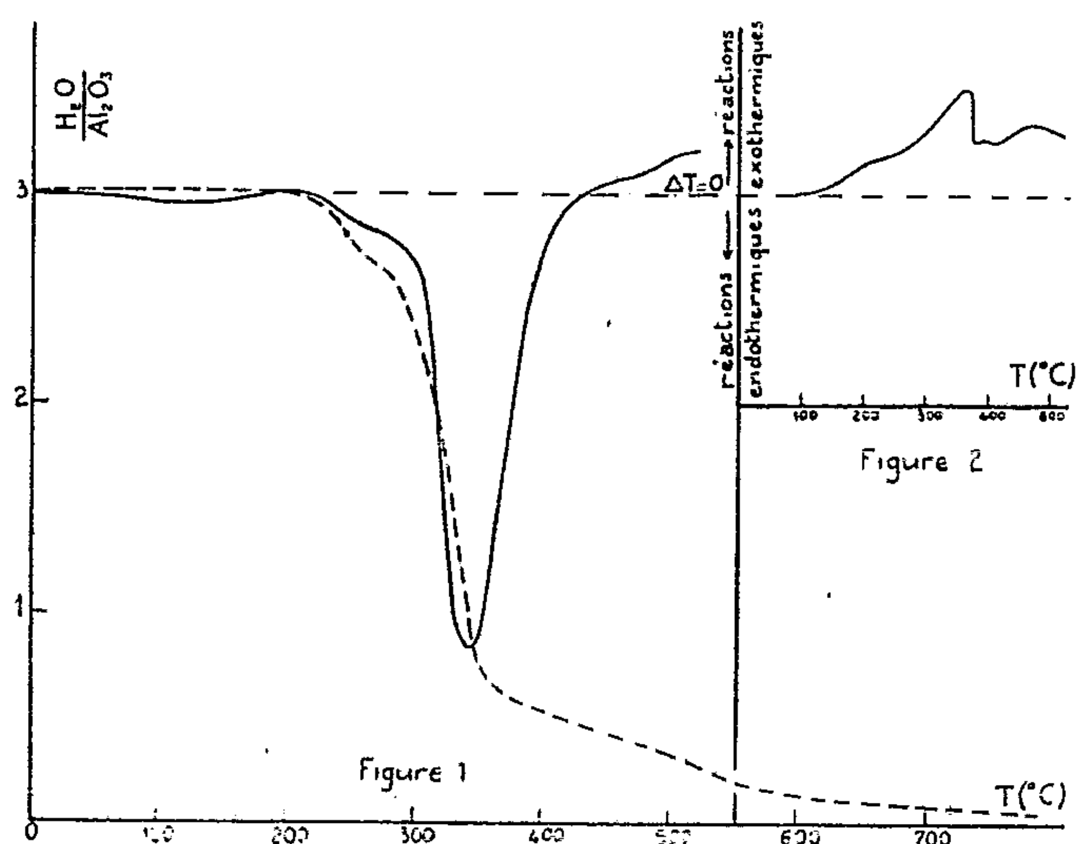
où x est voisin de 0,5. La phase unique qui se substitue à l'hydrargillite au terme de la première étape, a la structure de la boehmite (Al_2O_3, H_2O) et la valeur de x démontre qu'il s'agit d'une phase lacunaire. La structure de la phase engendrée par la réaction (2) est celle donnée par Tertian (2) pour l'alumine gamma.

Lorsque la dissociation est suivie par thermogravimétrie à vitesse infiniment lente de montée de température, les deux étapes sont séparées par un intervalle de près de 100° durant lequel la phase boehmite lacunaire est stable. Par contre, la thermogravimétrie conduite à vitesse finie d'échauffement, en décalant l'évolution vers les températures élevées, supprime tout arrêt dans la déshydratation dont les deux étapes se succèdent alors sans interruption mais sans autre modification.

L'emploi d'une vitesse élevée et constante de montée de température offre l'avantage de permettre, par l'emploi simultané de l'analyse thermique différentielle, de déceler le signe de la variation d'enthalpie caractérisant chacune des réactions (1) et (2). C'est dans ce but qu'ont été réali-

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1029.
(2) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1677.

sées les expériences résumées dans la présente Note, au cours desquelles la thermogravimétrie et l'analyse thermique différentielle ont été appliquées à des échantillons de même poids chauffés à la même vitesse constante. Dans ces conditions, le phénomène thermique provoqué par telle étape de la déshydratation est relié sans ambiguïté à la composition chimique et à l'état cristallin du système.



La courbe en trait interrompu de la figure 1 représente l'évolution de composition de l'hydrargillite en fonction de la température, la courbe en trait plein reproduit l'enregistrement fourni par l'analyse thermique différentielle. Il est clair qu'à une *première évolution endothermique*, succède une *seconde évolution exothermique*. Au moment du changement de signe de l'effet thermique de la déshydratation, la composition du solide est très sensiblement $2\,Al_2O_3$, H_2O. Il faut en conclure que seule la réaction (1) est endothermique et que la réaction (2) exprimant la décomposition de la boehmite lacunaire en vapeur d'eau et alumine gamma est un processus exothermique.

Pour confirmer cette conclusion, un échantillon d'hydrargillite a été partiellement déshydraté jusqu'à voir la composition $2\,Al_2O_3$, H_2O et la structure monophasée de boehmite lacunaire, caractéristiques qui garantissent l'achèvement de la réaction (1). Après avoir pris toutes les précautions indispensables pour éliminer l'eau adsorbée par ce solide poreux en évitant de le décomposer, sa déshydratation a été suivie par analyse thermique différentielle; l'enregistrement est reproduit sur la figure 2. Il est évident que la boehmite lacunaire se transforme en alumine gamma de manière exclusivement exothermique.

L'allure présentée par nos courbes d'analyse thermique de l'hydrar-

gillite se retrouve dans celles obtenues avec les bauxites renfermant cet hydrate. Le début de la courbe enregistrée par La Lande, McCarter et Sanborn (3) pour une bauxite de Guinée est superposable à la portion correspondante de la courbe de la figure 1. Mais les bauxites renferment d'autres constituants qui perturbent l'allure des courbes dès 470-480° C.

Cette exothermicité de la décomposition d'un oxyde métallique hydraté doit manifestement être attribuée au fait que cet oxyde est une combinaison non stœchiométrique, et à l'instabilité entraînée par le grand nombre des lacunes de son réseau. Elle doit être prise en considération pour expliquer les désaccords entre les valeurs publiées pour les chaleurs de formation, de décomposition et de réaction des hydrates d'alumine (4). Ces valeurs dépendent des écarts à la stœchiométrie que présentent très souvent certaines phases, notamment la phase boehmite (5) et les premières phases à peu près anhydres (6) obtenues par décomposition thermique des hydrates d'alumine.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur une anomalie des courbes thermogravimétriques isothermes enregistrées avec une houille chauffée au contact de l'air.* Note (*) de M. **Jean Chéreau**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Quand une houille en poudre est chauffée au contact de l'air, il apparaît en quelques cas, dans la marche de la combinaison avec l'oxygène, une singularité que j'ai appelée *anomalie d'oxydation* (1). Ce phénomène secondaire se manifeste par une pointe P sur la courbe thermogravimétrique aussitôt après le départ de l'humidité (*fig.* 1, courbes I et II). Il est bien en rapport avec l'oxydation puisque la courbe, qui demeure horizontale si le charbon est chauffé dans l'azote, s'orne de la pointe P aussitôt l'air admis dans la cloche de la thermobalance (*fig.* 1, courbe II).

Il m'a aparu intéressant d'étudier cette anomalie qui, à ma connaissance, n'a pas été signalée : il a suffi d'accroître la sensibilité de la thermobalance

---

(3) *Ind. Eng. Chem.*, 36, 1944, p. 99.

(4) Hüttig et coll. *Z. anorg. Chem.*, 171, 1928, p. 323; 187, 1930, p. 1; Fricke et Severin, *Z. anorg. Chem.*, 205, 1932, p. 287; Roth, *Z. angew. Chem.*, 49, 1936, p. 198; Rossini, *Selected Values of Chemical Thermodynamic Properties, Nat. Bur. Stand.*, Washington, séries 1, Tables 59, 1949; Calvet, Boivinet, Thibon et Maillard, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 18, 1951, p. 402.

(5) Blanchin, Imélik et Prettre, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1106.

(6) Hägg et Soderholm, *Z. phys. Chem.*, B 29, 1935, p. 88; Verwey, *Z. Krist.*, 91 1935, p. 65.

(*) Séance du 17 mars 1952.

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1165.

et la vitesse du chronographe. Dès les premières expériences, j'ai reconnu nécessaire d'opérer sur une poudre de granulométrie parfaitement déterminée. Puis j'ai été conduit à étudier systématiquement comment les courbes $(\Delta m/m_0, t)$ évoluent avec la température et avec la finesse des grains.

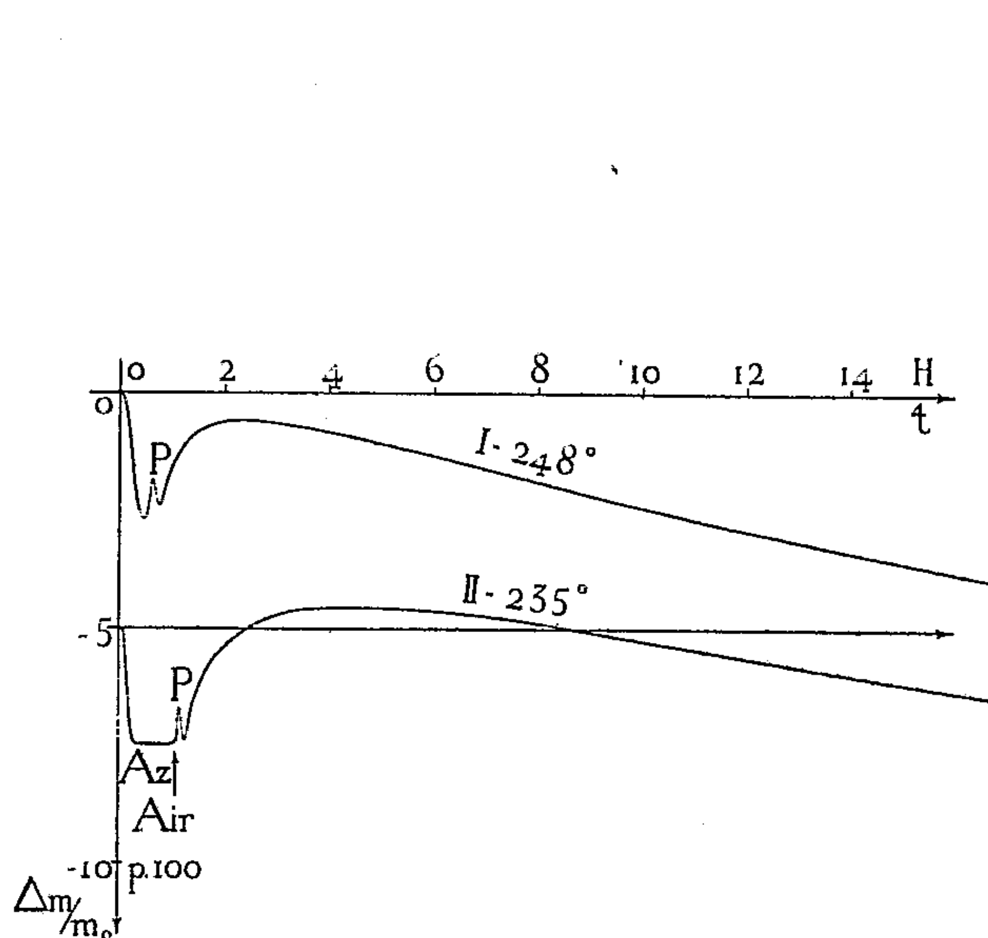


Fig. 1.

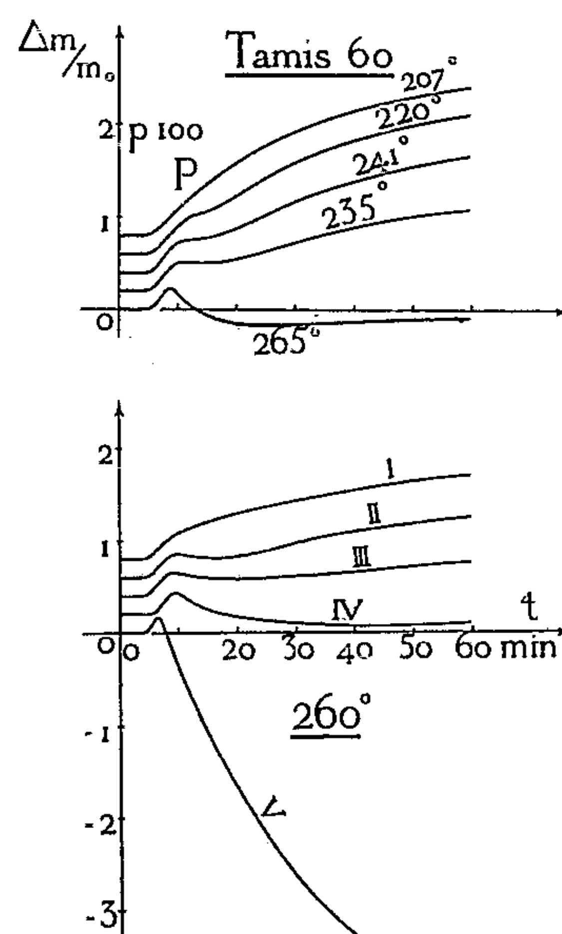


Fig. 2.

Fig. 2. — *En haut :* Influence de la température pour une même finesse de grains.
En bas : Influence de la finesse des grains pour une même température.
I : Tamis 25/26; II : Tamis 21/20; III : Tamis 20/19; IV : Tamis 19/18; V : Tamis < 18.

Comme le montrent les deux familles de courbes données à titre d'exemple sur la figure 2, les deux facteurs *température* et *finesse* agissent qualitativement de la même manière. L'anomalie P, d'abord marquée par un simple changement de courbure, puis par un palier, s'accuse par un maximum de plus en plus aigu pour disparaître quand les phénomènes deviennent très rapides.

Il faut certainement attribuer la manifestation P à une fixation d'oxygène sur une petite partie de la poudre et à la décomposition simultanée des produits oxydés. Mais il s'agit d'expliquer pourquoi cette double réaction est incomparablement plus rapide dans l'anomalie P que dans la manifestation principale. L'hypothèse d'une substance beaucoup plus active que la moyenne de la houille et susceptible de se concentrer dans les plus fines particules est à rejeter : en effet, deux lots de même finesse (tamis 23/24) obtenus, l'un d'emblée, l'autre par broyage d'un autre lot à grains plus gros (tamis 25/26) donnent des courbes thermogravimétriques

superposables. Il faut conclure à une *sensibilisation superficielle des grains causée par l'action mécanique du broyage.*

Sans doute, le broyage de la houille, colloïde formé de macromolécules, brise-t-il certaines liaisons, et la surface des grains se trouve-t-elle hérissée de valences inoccupées ou mal occupées, déterminant une oxydation locale très active. Dans mes expériences, la chaleur ainsi dégagée en surface ne suffit pas à chauffer assez la masse des grains pour faire emballer la réaction. Mais il pourrait en être autrement avec des particules plus fines ou avec des masses de charbon plus grandes qui ne permettraient pas la dissipation de la chaleur produite.

Ainsi, est-il permis de se demander si les phénomènes décrits n'interviennent pas dans l'inflammation spontanée du charbon. Il se pourrait que l'étude expérimentale de l'*anomalie d'oxydation*, dans des conditions bien définies, conduisît à caractériser l'aptitude d'une houille à provoquer des feux de mines mieux que les méthodes antérieurement proposées.

ÉLECTROCHIMIE. — *Cryoscopies dans le borate de lithium fondu* (1). *Cryoscopie des fluorures.* Note (*) de M. **Georges Zarzycki**, présentée par M. Eugène Darmois.

On connaît les propriétés remarquables des fluorures en tant qu'additions aux bains oxygénés en électrolyse ignée. En abaissant la température des bains et en les rendant plus fluides, les fluorures ont permis l'électrolyse des borates, silicates, et phosphates dans des conditions particulièrement intéressantes (2).

Il nous a donc semblé utile d'étudier par la cryoscopie le comportement physico-chimique de toute une série de fluorures dissous dans le BO_2Li fondu.

Les résultats de cette étude sont rassemblés dans la figure 1. On constate que tous les fluorures étudiés : FLi, FNa, FK, F_2Gl, F_2Mg, F_2Ca, F_2Sr, F_2Ba, F_2Zn, F_2Cd, F_2Pb, F_3Al, sont entièrement dissociés en leurs ions et donnent des abaissements simple, double, triple, ou quadruple, suivant le nombre d'ions étrangers apportés au solvant.

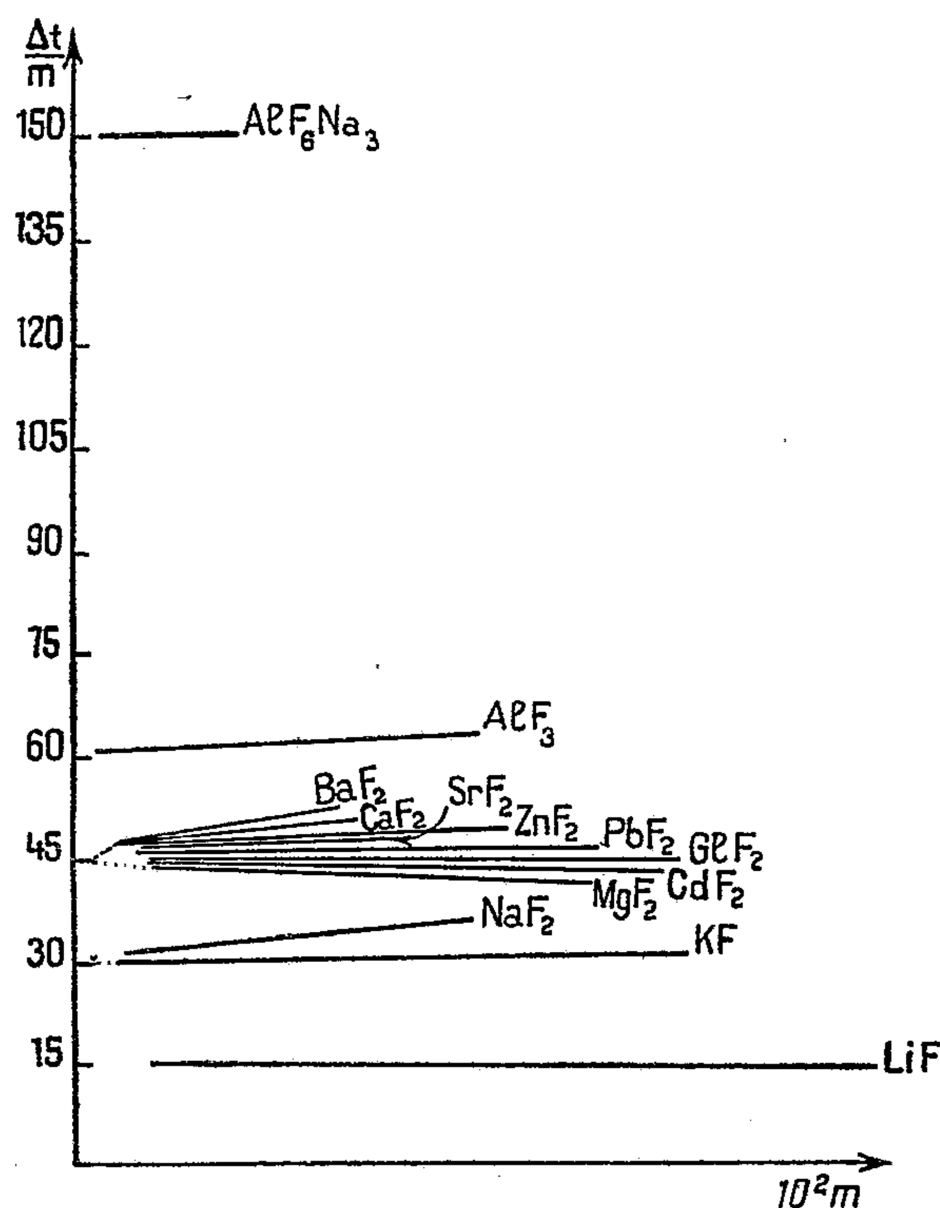
La cryolithe naturelle du Groënland, AlF_6Na_3, donne un abaissement molaire limite égal à 150, correspondant à 10 particules. La cryolithe se comporte donc en solution comme la juxtaposition de AlF_3 et de 3 NaF entièrement dissociés, sans que l'on puisse déceler la formation d'ions complexes $AlF_6^{\equiv}$.

(*) Séance du 10 mars 1952.

(1) E. Darmois et G. Zarzycki, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1110; G. Zarzycki, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 95.

(2) L. Andrieux, *Ann. Chim.*, 12, 1929, p. 423; M. Dodero, *Thèse*, Grenoble, 1937; M. Chene, *Thèse*, Grenoble, 1940.

Remarquons que ces cryoscopies ne permettent pas de voir si les ions métalliques provenant de la dissociation des fluorures restent libres en solution. En



Cryoscopie des fluorures et de la cryolithe dans BO_2Li fondu.

fait ils pourraient capter les ions $O^=$ du solvant et passer sous formes d'oxydes ou d'ions oxygénés monométalliques, les résultats cryoscopiques restant évidemment les mêmes.

CHIMIE MINÉRALE. — *Essais de synthèse de l'acide nitrique au moyen du rayonnement solaire*. Note de MM. **André Guillemonat** et **Léopold Frixon**, présentée par M. Paul Lebeau.

MM. Trombe et Foëx et Mlle Henry La Blanchetais ont, dès 1947, réalisé, à l'Observatoire de Meudon, la synthèse de l'acide nitrique au moyen du rayonnement solaire [1].

Les rendements étaient alors très faibles : 0,45 g d'acide nitrique par kilowatt-heure.

Dans une Note publiée en 1951 [2] ces mêmes auteurs ont décrit un

(1) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1079.
(2) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 311.

dispositif, expérimenté au Laboratoire de l'Énergie Solaire de Mont-Louis (Pyrénées-Orientales), qui leur a permis de porter ce rendement à 4,5 g d'acide nitrique par kilowatt-heure.

Nous avons pu obtenir des rendements très nettement supérieurs, les derniers en date dépassant 10 g d'acide nitrique par mètre carré de miroir et par heure.

Le premier dispositif, utilisé en septembre 1951, est schématisé dans la figure 1. Les deux pièces A et B sont en thorine agglomérée sous pression et frittée à 1400°C. L'image solaire est formée sur le renflement de la pièce B et l'air aspiré à travers le petit espace annulaire libre existant entre A et B.

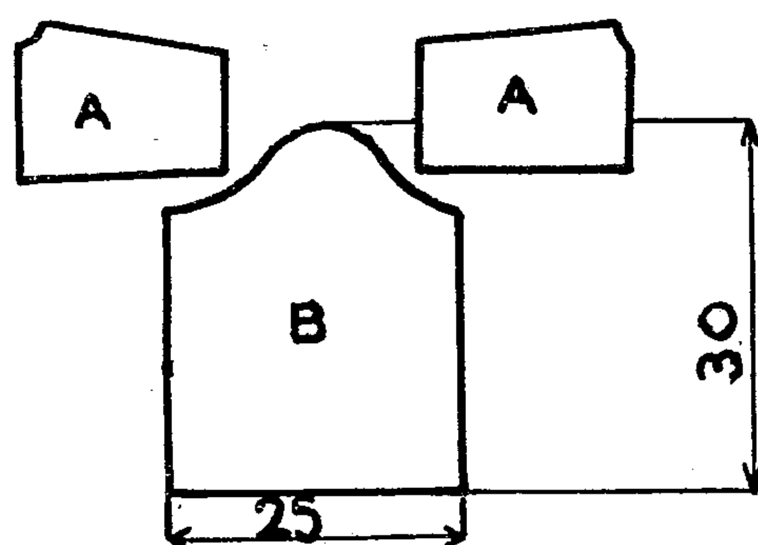


Fig. 1.

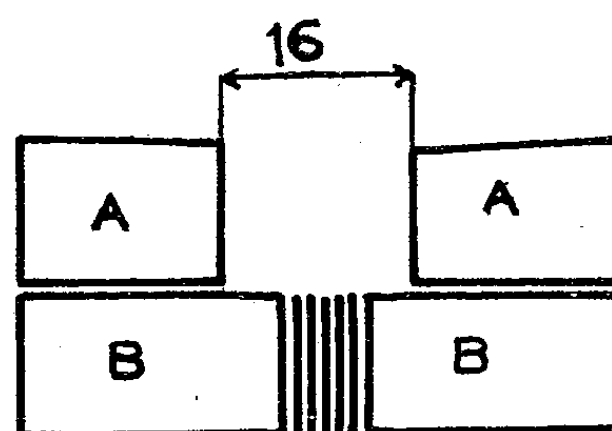


Fig. 2.

Ce dispositif a été utilisé avec un miroir parabolique mobile d'un projecteur de l'armée, de 1,50 m de diamètre. Les vapeurs nitreuses formées étaient, après oxydation du bioxyde d'azote, absorbées par une solution de soude.

Le tableau ci-dessous donne quelques-uns des résultats obtenus.

Date.	Hauteur apparente du soleil.	NO_3H (g : h).	NO_3H (g : m² : h).
18 septembre 1951........	55°	11,2	6,5
19 » »	51	12,3	7,8
28 » »	50	12,5	7,9

Plus récemment, nous avons pu améliorer encore les rendements en utilisant le dispositif de la figure 2, réalisé également en thorine. L'image solaire est formée quelques millimètres en avant de la pièce B. L'air est aspiré par les canaux, au nombres de 20, de 1 mm de diamètre dont est percée la pièce B.

Les résultats obtenus sont les suivants :

Date.	Hauteur apparente du soleil.	NO_3H (g : h).	NO_3H (g : m² : h).
25 février 1952	43°	17,6	10,3
28 » »	43	17,4	10,2
29 » »	44	17,7	10,4
1er mars »	44	17,6	10,3

Dans les expériences du mois de septembre le débit d'air était de 10 l : mn, dans les dernières le débit a été augmenté à 24 l : mn.

Les résultats précédents ont été obtenus à Alger où nous pensons disposer bientôt d'installations plus puissantes que celles que nous avons utilisées. Ils représentent un progrès sensible sur ceux qui ont été publiés au début de 1951 ([2]). Néanmoins, M. Trombe, M. Foëx et Mlle Henry La Blanchetais ont bien voulu nous communiquer le bilan de leurs dernières recherches sur cette question. Les rendements qu'ils obtiennent, avec un montage différent sont encore plus élevés que ceux que nous indiquons ici.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de longues chaînes aliphatiques par une méthode de récurrence*. Note (*) de M. **Albert Kirrmann** et Mlle **Suzanne Berschandy**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le passage d'un bromure $CH_3-(CH_2)_n-Br$ à son homologue $CH_3-(CH_2)_{n+p}-Br$ est réalisable par action d'un magnésien sur un nitrile portant un groupe éther-oxyde en ω. On a ainsi pu aboutir à une chaîne à 23 atomes de carbone, formant encore un magnésien normal.

La synthèse des composés aliphatiques comportant de longues chaînes normales se heurte à la rareté des matières premières favorables. Les dérivés octadécyliques représentent le maximum accessible. Le bromure primaire, par la voie des organo-magnésiens, se prête avec une aisance particulière à de nombreuses réactions fécondes. Il y aurait intérêt à pouvoir allonger la chaîne normale afin d'aboutir à des homologues supérieurs utilisables. Nous y sommes parvenus par une méthode dont nous avions récemment indiqué le principe ([1]).

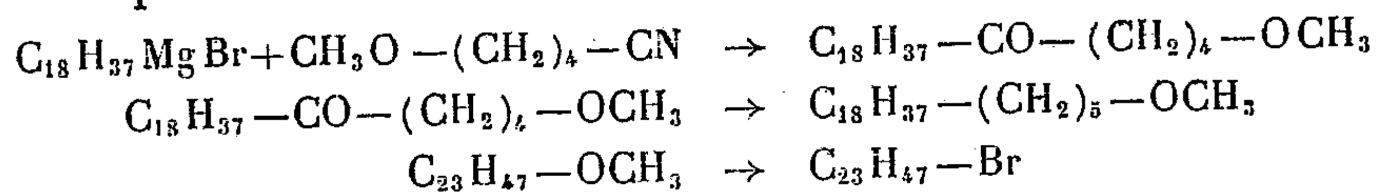
Notre procédé est basé sur la synthèse de Blaise, dont l'efficacité dans les longues chaînes avait été montrée par des expériences antérieures ([2]). Pour faire de cette réaction le principe d'une méthode de récurrence, il faut partir de nitriles portant une fonction monovalente à l'autre extrémité de la molécule. Ainsi, par une soudure suivie de transformations de fonctions, on arrive à ajouter p groupes CH_2, si le nitrile possède p atomes de carbone. Voici la suite

(*) Séance du 17 mars 1952.

([1]) Kirrmann, Brini et Berschandy, *Journ. chim. phys.*, 48, 1951, p. 605.

([2]) Brini et Berschandy, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 524.

de réactions qui nous ont conduits au but, dans un exemple où l'on a $p = 5$:



$$C_{18}H_{37}MgBr + CH_3O-(CH_2)_4-CN \rightarrow C_{18}H_{37}-CO-(CH_2)_4-OCH_3$$
$$C_{18}H_{37}-CO-(CH_2)_4-OCH_3 \rightarrow C_{18}H_{37}-(CH_2)_5-OCH_3$$
$$C_{23}H_{47}-OCH_3 \rightarrow C_{23}H_{47}-Br$$

Nous disposions de δ-chloro-valéronitrile. Par le méthylate de sodium, on obtient facilement, avec un rendement de 80 %, le nitrile δ-méthoxylé, accompagné de 10 % de pentène-nitrile, déjà connu (3). La réaction du magnésien octadécylique se fait par une ébullition de quelques heures dans l'oxyde d'éthyle. La méthoxy-cétone obtenue, souillée d'hydrocarbures $C_{18}H_{38}$ et $C_{36}H_{74}$, est purifiée par des cristallisations. On l'isole avec un rendement de 50 %. Elle forme facilement une oxime.

La réduction se fait par la méthode de Clemmensen (4) et fournit le méthoxy-tricosane avec un rendement de 90 %. Le passage au bromure est obtenu, encore avec un rendement de 90 %, par l'acide bromhydrique dissous dans l'acide acétique. Le bromure de tricosyle est ainsi préparé avec un rendement total de 40 % par rapport au bromure d'octadécyle commercial.

Le nouveau bromure est capable, à son tour, de former un magnésien $C_{23}H_{47}MgBr$. La réaction est cependant assez difficile. Nous ne l'avons pas réussie dans l'oxyde d'éthyle comme solvant, mais dans l'oxyde d'isopropyle. Ce magnésien réagit normalement. Il nous a fourni par hydrolyse l'hydrocarbure $C_{23}H_{48}$. Dans la formation du magnésien, on ne peut pas éviter le doublement, qui nous a donné le carbure $C_{46}H_{94}$, non encore décrit.

Il ne semble pas qu'un magnésien à chaîne aussi longue ait jamais été obtenu. Il permet d'envisager une répétition des mêmes réactions, avec un nouvel allongement de chaîne.

δ-méthoxy-valéronitrile, $C_6H_{11}ON$, $\acute{E}_{15}$ 81°; d^{22} 0,9027; n_D^{22} 1,4142;
méthoxy-1 tricosanone-5, $C_{24}H_{48}O_2$, F 61°; oxime F 47-48°;
méthoxy-1 tricosane, $C_{24}H_{50}O$, F 51°;
bromo-1 tricosane, $C_{23}H_{47}Br$, F 51°;
hexa-tétracontane, $C_{46}H_{94}$, F 88°.

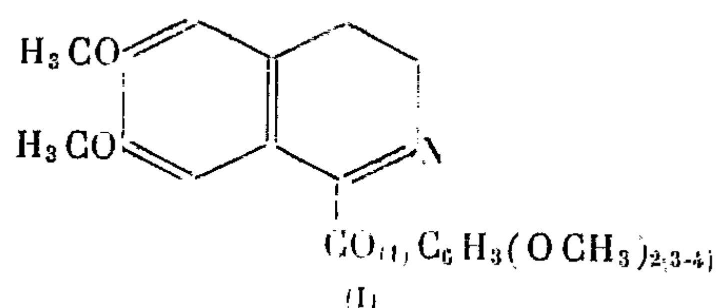
CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle méthode de synthèse de la dihydropapavéraldine.* Note de M. **Jean Gardent**, présentée par M. Marcel Delépine.

Sous l'influence de l'acide phosphorique à 85 % et à une température de 35-40°, l'homovératrylamine et l'isonitroso-acétovératrone se condensent avec cyclisation pour donner la dihydropapavéraldine. On obtient dans les mêmes conditions la dihydro perparaldine, homologue de la précédente.

La dihydropapavéraldine (I) est obtenue par simple oxydation à l'air

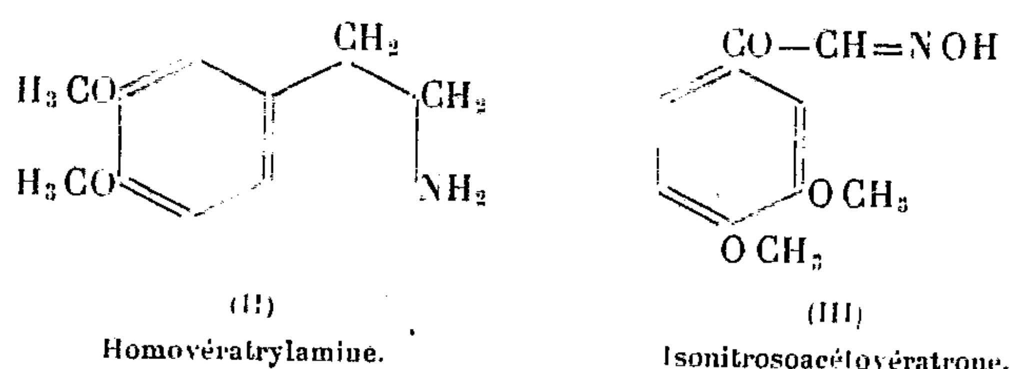
(3) Paul et Cottin, *Bull. Soc. Chim.*, 4, 1937, p. 933.
(4) Backer et Stating, *Rec. Pays-Bas*, 59, 1940, p. 935.

de la dihydropapavérine en solution dans un solvant organique. Cette réaction fut utilisée par Buck, Haworth et Perkin jun. dans la synthèse de la papavéraldine ([1]).



La dihydropapavéraldine constitue d'ailleurs une impureté fréquente au cours de la préparation synthétique industrielle de la papavérine.

Nous décrirons un nouveau mode d'obtention reposant sur la condensation de la diméthoxy-3.4 phényl-éthyl-amine (Homovératrylamine) (II) et de la diméthoxy-3.4-isonitroso-acétophénone (isonitroso-acétovératrone) (III) en milieu phosphorique concentré.



Les deux produits cités, mis en contact dans l'acide phosphorique à 85 % et maintenus à douce température (37°), se dissolvent lentement. La solution se colore en jaune foncé. Après 48 h, on peut extraire dans des conditions appropriées, une base que l'on purifie par l'intermédiaire de son chlorhydrate jaune, peu soluble dans l'eau, facilement relargable par un excès d'acide. Cette base a été identifiée à la dihydropapavéraldine, F 190-191°.

En vue d'étudier le mécanisme de la réaction, celle-ci fut pratiquée en deux temps. L'isonitroso-acéto-vératrone est mise en suspension dans le benzène, où elle est insoluble. L'addition d'homovératrylamine provoque la dissolution instantanée de l'ensemble. L'éther de pétrole ajouté avec ménagement permet de faire cristalliser un corps jaunâtre, F 95-96° (au bloc).

Ce produit est soluble dans la soude diluée. Il se décompose sous l'action de l'acide chlorhydrique à 5 % en régénérant ses constituants. Sous l'action

([1]) Buck, Haworth et Perkin jun., *J. Chem. Soc.*, 125, 1924, p. 2176.

de l'acide phosphorique à 85 %, il se cyclise en conduisant à la dihydropapavéraldine.

Les mêmes réactions peuvent être utilisées pour l'obtention de la dihydroperparaldine en partant de la diéthoxy-3.4-phényl-éthylamine et de la diéthoxy-3.4-isonitroso-acétophénone.

La condensation et cyclisation directe des deux produits dans l'acide phosphorique s'effectue exactement dans les mêmes conditions que précédemment.

Le produit intermédiaire peut être obtenu par simple mélange des constituants en proportions équimoléculaires au sein d'alcool à la température ordinaire. Par dilution aqueuse, il cristallise spontanément. Il est insoluble dans l'eau, soluble dans la soude, F 78-79°. Soumis à l'action de l'acide phosphorique à 85 % à la température de 37°, il se cyclise en dihydroperparaldine, F 120°, extraite et purifiée dans les mêmes conditions que précédemment.

Il faut noter toutefois la lenteur relative de la cristallisation et la différence de nature des dernières fractions obtenues. Le point de fusion, après recristallisation dans l'alcool ou l'acide acétique du second produit est de 141°. Il n'est plus cyclisable par l'acide phosphorique. Ce dérivé est d'ailleurs le seul qui se forme lorsqu'on chauffe la solution alcoolique primitive (dans les mêmes conditions l'homovératrylamine et l'isonitroso-acétovératrone conduisent directement au produit correspondant non cyclisable).

Le produit intermédiaire de la réaction peut être considéré comme un simple produit d'addition, combinaison instable rendue possible par l'acidité de l'hydrogène du groupement CH de l'isonitroso-acétone considérée dans sa forme oxime.

Ce point de vue est confirmé par la solubilité dans la soude qui laisse supposer la permanence d'un groupement isonitrosé et par la décomposition facile par les acides dilués. Concourant à la même preuve, on doit noter l'échec rencontré dans des essais de condensation et cyclisation effectués à partir de la diéthoxy-3.4-phényl-éthyl-amine et de nitroso-cétones substituées en α dans lesquelles la forme oxime ne possède plus d'hydrogène acide (isonitrosopropiotoluone, isonitrosobutyrophénone).

Quant à la cyclisation proprement dite, le mécanisme en est encore obscur. Un point a pu être mis en évidence : la libération d'ammoniac dans le milieu réactionnel. On pourrait envisager une déshydrogénation du produit d'addition intermédiaire en amidine qui se cycliserait ensuite avec perte d'ammoniac, mais ce n'est là qu'une simple hypothèse.

MINÉRALOGIE. — *Pseudowavellite et Millisite dans les minerais phosphatés dits latéritoïdes blancs de la région de Thiès (Sénégal).* Note de M. **Léon D. Visse**, présentée par M. Charles Mauguin.

Il existe dans la région de Thiès d'importantes accumulations en place ou remaniées de phosphate d'alumine de couleur blanche (latéritoïdes).

Lorsqu'il est en place, le minerai repose, par contact brusque ou insensible, sur un horizon d'argiles à phosphate de chaux du Lutétien inférieur (1) (Pallo, Fandène, etc.) (2). Mais avant l'époque de latéritisation, la partie supérieure de cette formation fut démantelée, et les produits remaniés, épandus transgressivement sur les divers horizons du Lutétien marin ou continental (Baraglou, Lam-Lam, K. Matilem, etc.).

Postérieurement à la genèse de la cuirasse latéritique ferrugineuse qui constitue le toit des accumulations de latéritoïdes précédemment définies, une nouvelle érosion a permis, après la destruction de cette cuirasse, le remaniement et l'épandage des phosphates d'alumine sous un recouvrement de sable kaolinique (région de Taïba Baye).

D'une manière générale, et quel que soit leur mode de gisement, ces matériaux alumino-phosphatés sont mal cristallisés et la microscopie électronique confirme cet état de faits, sauf pour de rares minerais constitués de bâtonnets rhomboédriques (Taïba N' Diaya).

Leur composition chimique élémentaire varie entre les valeurs moyennes suivantes : (3)

P_2O_5....	27 à	32	Al_2O_3......	26 à	34
CaO.....	8,5	12	Fe_2O_3......	6	9
Na_2O....	1,5	4	F..........	0,2	0,3
TiO_2.....	1	1,60	H_2O.......	15	16

Par la considération de ces résultats, il convient d'insister essentiellement sur les proportions relativement importantes d'eau de constitution, de calcium, de sodium, et sur l'absence de potassium qui n'existe qu'à l'état de traces.

L'expérimentation physico-chimique permet d'interpréter la composition chimique de ces matériaux et de définir leurs principales propriétés :

1° Le plus souvent, le fer entre dans la composition du minéral phosphaté,

(1) F. Tessier, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 981.

(2) Les noms entre parenthèses précisent le village sénégalais d'où proviennent les échantillons.

(3) L. D. Visse, *Contribution à l'étude des phosphates du Sénégal* (*Rapp. Serv. Géol. A. O. F.*, 1949).

puisque les courbes d'analyse thermo-magnétique n'enregistrent aucune anomalie d'aimantation ni de point de Curie.

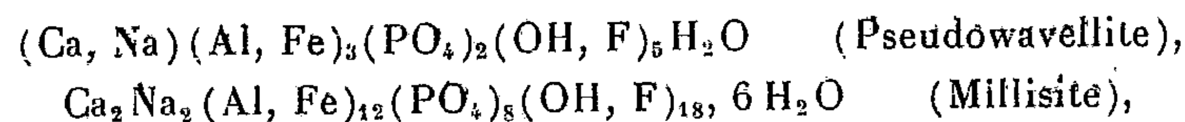
Néanmoins, une très faible proportion de limonite est responsable des teintes ocreuses que prennent les minerais calcinés à l'air libre ou sous vide (déshydratation).

2° Le calcium entre également dans la composition du constituant alumino-phosphaté; pour preuve, les résultats de l'étude des solubilités dans les bases minérales (solutions alcalines) et organiques (méthylamine par exemple), et dans les solutions acides, qui démontrent l'absence d'une phase phosphatée-calcique du type apatitique. De même, le sodium est un élément constitutif du phosphate alumino-calcique.

3° L'analyse thermique différentielle et thermo-gravimétrique permet d'établir que la déshydratation s'effectue entre 200-250° et 500° (crochet endothermique). Elle détermine l'apparition d'un produit déshydraté non cristallisé qui répond de l'augmentation de la proportion d'anhydride phosphorique soluble dans le citrate neutre par exemple : 60 à 70 % du P_2O_5 total sont solubles après déshydratation.

Après 500°, cette solubilité décroît, le produit amorphe cristallisant (crochet exothermique à 600°). Au cours de la déshydratation, se manifeste une volatilisation du fluor qui se poursuit après 500°, sous la dépendance des phénomènes de recuit et de frittage.

L'étude de diffraction par les rayons X et la considération des paramètres calco-sodiques permettent d'identifier, dans de nombreux minerais recueillis dans la région considérée, la Pseudowavellite et la Millisite, dans lesquelles, d'une manière inusitée, Na^+ peut remplacer Ca^{++} (Pseudowavellite), et Fe^{+++}, Al^{+++} (Millisite), une partie des OH^- étant remplacée par F^-; ces mutations ioniques conduisent aux formules



$$(Ca, Na)(Al, Fe)_3(PO_4)_2(OH, F)_5H_2O \quad \text{(Pseudowavellite)},$$
$$Ca_2Na_2(Al, Fe)_{12}(PO_4)_8(OH, F)_{18}, 6\,H_2O \quad \text{(Millisite)},$$

qui sont approximativement les formules des deux minerais essentiellement constitués de Pseudowavellite (Sam) et de Millisite (Baraglou).

La Millisite typique, minéral très peut répandu, acquiert, par son identification au Sénégal, une réelle importance. Elle participe à la constitution de nombreux minerais alumino-phosphatés en place ou remaniés (remaniement antélatéritiques) de la région de Thiès, associée fréquemment à la Pseudowavellite.

Le plus souvent, les phosphates recueillis sous les recouvrements sablo-kaoliniques (remaniement post-latérique) sont constitués de Pseudowavellite (Sam, Taïba N'Diaya).

Par ailleurs, l'analyse rœntgénographique a permis d'identifier l'hydrargillite dans plusieurs minerais.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Influence de la vitesse d'évaporation de solutions non aqueuses d'halogénures alcalins sur le faciès des cristaux obtenus.* Note de M. **Raymond Kern**, présentée par M. Charles Mauguin.

Dans une Note précédente (¹) nous avons étudié l'influence de la vitesse d'évaporation de solutions aqueuses d'halogénures alcalins sur le faciès des cristaux formés. Afin d'étudier l'influence du solvant nous avons répété ces mêmes expériences sur des solutions d'halogénures alcalins du type NaCl dans les solvants suivants : alcool méthylique (CH_3OH), alcool éthylique (C_2H_5OH), acétone (CH_3COCH_3), acétophénone ($CH_3COC_6H_5$), dioxane ($C_4H_8O_2$). Nous avons utilisé des solvants purs, redistillés, pour éliminer toute présence d'eau.

Nous avons constaté les faits suivants :

1° Les vitesses d'évaporation lentes fournissent toujours des cubes; les vitesses d'évaporation plus élevées des octaèdres, sauf pour le dioxane où nous n'avons jamais observé (111).

Ces cristallisations ont été faites sur lames porte-objets et observées au microscope. Dans le cas de CH_3OH, C_2H_5OH, CH_3COCH_3 nous avons pu également opérer sur de plus grosses quantités dans des cristallisoirs. La taille des octaèdres obtenus pouvaient atteindre 2 mm.

2° Pour un solvant donné, les « vitesses critiques d'évaporation » nécessaires pour obtenir l'octaèdre vont en croissant dans la série NaCl, KCl, KBr, NH_4I, KI, RbI.

Exemple. — Solvant alcool méthylique :

Temps d'évaporation de 10 cm³ de solution.	NaCl.	KCl.	KBr.	KI.	RbI.
	Proportion de la forme (111).				
1,0 heure	10%	1%	0%	0%	0%
0,5 »	35	20	12	0	0
0,25 »	60	40	30	20	8

3° Pour un sel donné, les vitesses critiques d'évaporation nécessaires pour obtenir l'octaèdre vont en croissant dans la série CH_3OH, C_2H_5OH, CH_3COCH_3, $CH_3COC_6H_5$.

(¹) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 970. Dans cette Note, p. 971, 23ᵉ ligne, *au lieu de* (110) dominant *lire* (100) dominant.

Exemple. — Sel KI :

Temps d'évaporation de 10 cm³ de solution.	CH_3OH.	C_2H_5OH.	CH_3COCH_3.	H_2O.	$CH_3COC_6H_5$.	dioxane.
	Proportion de la forme (111).					
6 heures......	quelques octaèdres	2%	0%	0	0	0
2,5 »	20%	50	0	0	0	0
1,0 »	90	90	0	0	0	0
0,5 »	–	–	30	quelques octaèdres		0

Ces résultats n'ont qu'une valeur relative; ils permettent néanmoins de classer les sels et les solvants.

4° Dans le dernier tableau, les constantes diélectriques des solvants diminuent de gauche à droite a l'exception de l'eau. On ne retrouve par contre plus d'exception si l'on considère les nombres de solvatation de KI (²).

D'autre part on sait que les nombres de solvatation pour les différents ions étudiés varient en raison inverse de leur rayon. On met ainsi en évidence une relation entre le faciès cristallin et la solvatation des ions : la forme de l'octaèdre se produit d'autant plus facilement que la somme des nombres de solvatation de l'anion et du cation du sel considéré est plus grande.

Il est vraisemblable que la solvatation des ions soit en relation avec la sursaturation de la solution qui, elle-même, dépend de la vitesse d'évaporation.

GÉOLOGIE. — *Sur les environs de Port-Martin (Terre Adélie).* Note de M. **Georges Heurtebize**, présentée par M. Charles Jacob.

L'étude géologique des environs de Port-Martin, dont les résultats sont donnés ci-dessous, a été faite en janvier 1951 au cours de l'Expédition antarctique française en Terre Adélie, organisée par les Expéditions Polaires françaises (Missions Paul-Émile Victor).

On sait que la Terre Adélie (¹) développe, sous le cercle polaire antarctique, 300 km de côte représentés presque uniquement par une falaise de glace, rebord de la calotte glaciaire qui s'élève doucement jusqu'au Pôle Sud. Les raids vers l'intérieur n'ont rencontré aucun pointement du

(²) G. Sutra. *Revue Générale des Sciences pures et appliquées*, 56, 1949, nos 3-4, p. 54.

(¹) La géologie de la Terre Adélie a déjà été l'objet d'une Note de E. Aubert de La Rue et P. Tchernia, consacrée à des échantillons de roche recueillis en 1950 (*Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 995).

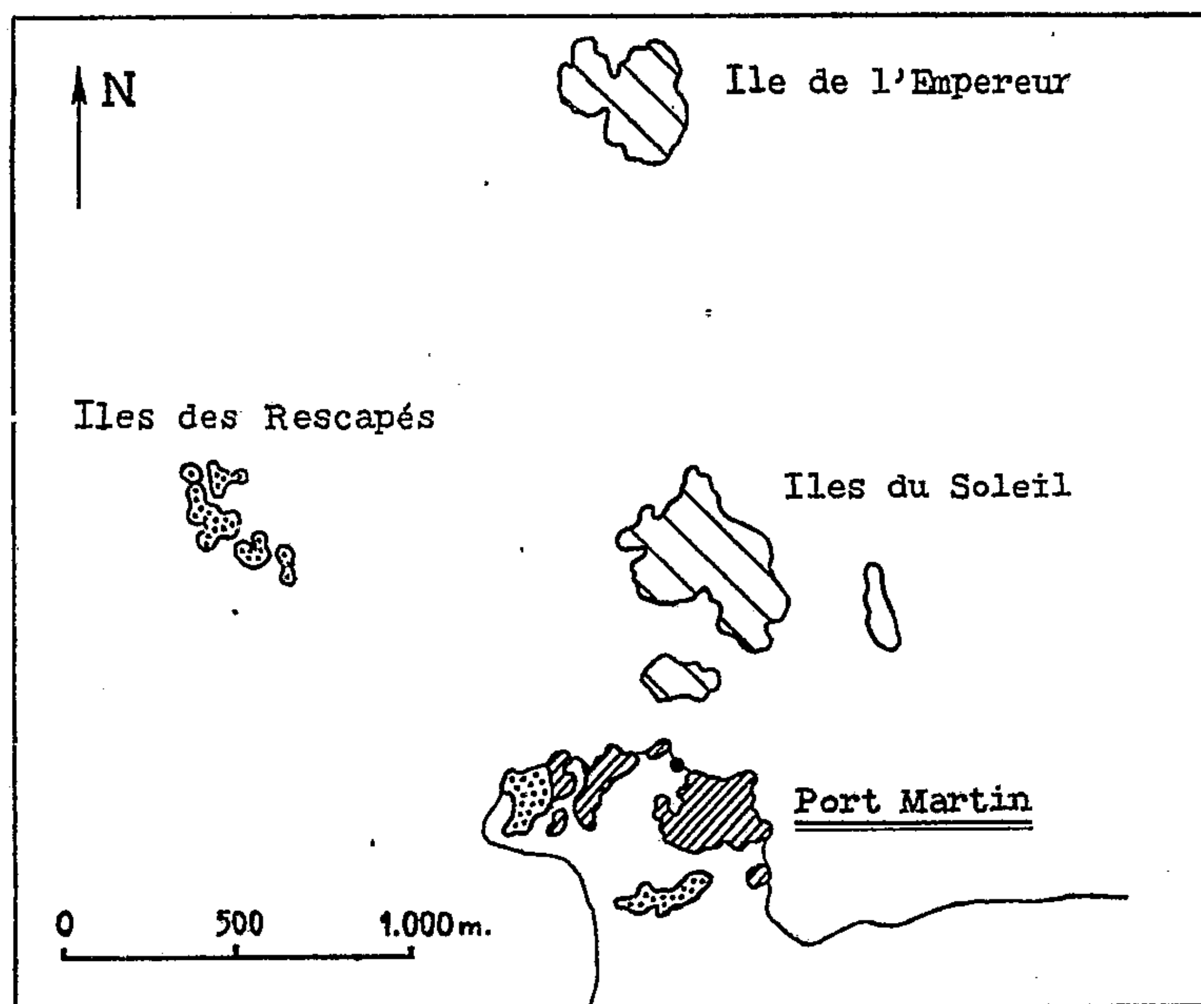
substratum. Les investigations géologiques ont donc été limitées aux caps rocheux qui accidentent la côte de loin en loin et aux îlots qui les prolongent quelquefois au large sur 5 ou 6 km. La présente Note est consacrée à la description des roches constituant l'un de ces caps, Port-Martin, base française antarctique.

Port-Martin comporte, tant sur le cap que sur les îles voisines, plusieurs pointements rocheux dont l'altitude peut dépasser 20 m. On peut y distinguer les trois formations suivantes, dont les limites sont orientées NW-SE :

1° le granite;

2° une zone de transition;

3° le gneiss porphyroïde.



Hachuré lâche : gneiss porphyroïde. — *Hachuré serré :* migmatites hétérogènes. — *Pointillé :* granite d'anatexie. (Les noms géographiques dans le texte et sur cette carte sont provisoires.)

1° Le granite affleure aux îles des Rescapés et dans la moitié Sud-Ouest de la presqu'île de Port-Martin. Il est à grain assez gros et est essentiellement constitué par du quartz, du microcline et de l'oligoclase (An^{25}). Les minéraux ferromagnésiens, représentés ici exclusivement par la biotite, sont très peu abondants. Il existe ici deux générations de cristaux de microcline ; ceux de la première se présentent en grands éléments perthitiques aux macles peu distinctes et sont corrodés par de la myrmékite et par de petits microclines quadrillés de la seconde génération. La structure est largement grenue, mais très proche du type granoblastique qui est typiquement représenté dans les gneiss.

2° Dans la moitié Nord-Est de Port-Martin affleure la zone de transition. Dans cette formation, le granite est associé à des bandes et des lentilles confuses d'un gneiss sombre et porphyroïde assez semblable à celui dont il sera question ci-dessous. Cette zone contient en outre des traînées de nature dioritique et des filons d'aplite et de pegmatite dépourvue de mica blanc.

3° Le gneiss porphyroïde forme au Nord de Port-Martin les îles du Soleil et de l'Empereur. Il s'agit d'une roche à texture si peu gneissique que son allure orientée est difficile à voir, même sur le terrain. Elle est formée par de gros cristaux roses de microcline englobés dans une mésostase remarquablement riche en minéraux ferromagnésiens. Ce microcline est perthitique, mal maclé et corrodé par des cristaux de myrmékite comme celui du granite. Quant à la mésostase, elle contient, outre du quartz et de l'oligoclase, de la hornblende verte accompagnée d'un peu de biotite.

Les caractères propres de chacune des trois formations, ainsi que leurs relations mutuelles, montrent qu'elles font partie d'un même ensemble migmatitique. Le granite en représente le terme le plus transformé. Sa structure porphyroblastique et son mode de passage aux gneiss le font ranger dans les granites d'anatexie. La zone suivante est formée par des migmatites hétérogènes. Enfin, le gneiss porphyroïde des îles doit être classé parmi les migmatites homogènes, roches où un apport alcalin a provoqué la formation de feldspaths en quantité importante.

Le granite est très peu ferromagnésien alors que les gneiss le sont très fortement. Il semble que l'on puisse rapprocher ces faits de l'hypothèse de D. L. Reynolds [2] suivant laquelle le fer et le magnésium seraient expulsés vers la périphérie des massifs granitiques.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence de Dasycladacées dans le Trias de la Chaîne Bétique (Espagne).* Note de M. **Marcel Lemoine**, présentée par M. Paul Fallot.

Résultats de l'étude paléontologique des premières Diploporidées triasiques découvertes dans la chaîne bétique; conséquences stratigraphiques et paléogéographiques.

Parmi les matériaux récoltés par MM. L. Solé et P. Fallot dans le Trias de la Sierra de Baza (chaîne bétique) [1], se trouvaient quelques roches calcaires ou dolomitiques contenant des Dasycladacées dont ils ont bien voulu me confier l'étude. Elles proviennent de la région de Gor, du massif du Calar de Santa-Barbara et de la Calahorra.

Résultats paléontologiques. — L'étude de ces algues a été faite, soit en lames minces, soit dans l'espace, après une attaque à l'acide acétique dilué qui dissout la gangue calcaire en respectant les fossiles dolomitisés. J'ai pu déterminer les espèces suivantes :

1. *Teutloporella triasina* Schauroth spec., typique, provenant de deux gisements, l'un dans le massif du Cerro de Gor, l'autre au Sud du Picon de Gor. Cette espèce caractérise, d'après Pia, l'Anisien supérieur (zone à

(2) *Science Progress*, 35, 1947, p. 207.

(1) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1118, 1184 et 1405.

Ceratites trinodosus) dans les Alpes calcaires méridionales (Recoaro, Pontebba).

2. *Oligoporella pilosa* Pia 1912 est représentée, dans un même échantillon, par les deux formes *typica* Pia 1935 et *intusannulata* Pia 1935. Le gisement se trouve aussi au Sud du Picon de Gor. Cette espèce est connue dans l'Anisien moyen dans les Alpes calcaires méridionales, la Dalmatie, la Bosnie et la Hongrie.

3. Toujours au Sud du Picon de Gor, un troisième calcaire à algues contient une *Diplopora* qui, par ses caractères morphologiques, se rapproche de *Diplopora subtilis* forma *typica* Pia 1935 de l'Anisien moyen de Bosnie. Mais notre forme est beaucoup plus grande que celle de Bosnie. Il s'agit, soit d'une espèce nouvelle, soit d'une forme géante de *D. subtilis*, que l'on pourrait appeler var. *gigantea*. Seuls de nouveaux matériaux permettront de lever cette indétermination.

4. Enfin, dans le massif du Valenciano (Nord du Calar de Santa-Barbara), les dolomies terminant la série triasique contiennent un niveau à *Griphoporella curvata* Gümbel spec. On la retrouve 30 km au Sud-Ouest dans le massif du Cerro de Juan Canal, contrefort Nord-Est du massif de la Sierra-Nevada, près de la Calahorra. Cette espèce est caractéristique du Norien des Alpes calcaires méridionales (région des Lacs italiens, Dolomites), des Alpes dinariques et de l'Italie péninsulaire.

Résultats stratigraphiques. — 1. Les trois premières espèces citées se rencontrent dans la même coupe, au Collet au Sud du Picon de Gor, dans l'ordre suivant, de bas en haut : *a. Diplopora* n. sp., 10-15 m au-dessus des dolomies basales de l'Anisien, ici anormalement épaisses (environ 300 m) et reposant mécaniquement sur les phyllites werféniennes; *b. Teutloporella triasina*, 50 m au-dessus; *c. Oligoporella pilosa*, 15 m au-dessus de la précédente. D'après les données du terrain et la détermination des faunes de Brachiopodes et de Mollusques faite par M. Fallot, nous avons bien affaire à l'ordre stratigraphique normal. Les couches qui ont fourni la *Diplopora* seraient de l'Anisien, probablement moyen, et celles qui ont fourni les deux autres espèces seraient de l'Anisien supérieur ou même peut-être du Ladinien tout à fait inférieur. Ainsi, *T. triasina* serait à sa place stratigraphique normale, tandis qu'*O. pilosa apparaîtrait ici plus tard que dans les domaines alpin et dinarique* où elle a été d'abord décrite.

2. Les dolomies qui, au Valenciano, ont fourni *Griphoporella curvata*, représentent, d'après les données du terrain, le Trias terminal : cette espèce caractérise bien, en Espagne comme dans les Alpes méridionales, le Norien.

Ces résultats nous montrent que, dans ce domaine des Alpides espagnoles déjà très éloigné du domaine alpin proprement dit, la valeur des Diploporidées *en tant que fossiles caractéristiques d'un étage* reste utilisable.

Mais leur valeur *en tant que fossiles de zones*, sur laquelle Pia [2] a longuement insisté, ne doit, à de grandes distances, être utilisée qu'avec de grandes précautions.

Résultats paléogéographiques. — Les seules Dasycladacées connues jusqu'ici dans le Trias espagnol étaient une *Physoporella* sp. ind., et *Physoporella* aff. *lotharingica*, déterminées par Pia [3], provenant du Trias à faciès *germano-andalou* qui règne au Nord de la chaîne bétique. Or, les Diploporidées citées plus haut sont spécifiques du Trias sud-alpin ou dinarique. Leur découverte dans la Sierra de Baza confirme donc le caractère *alpin* du Trias bétique, déjà indiqué par ses faunes de Brachiopodes et de Mollusques et par le caractère particulier de sa sédimentation, constamment calcaire ou dolomitique et continue de l'Anisien au Norien inclus, sans émersion ni faciès d'évaporation au Carnien.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur l'évolution morphologique de l'escarpement de faille de la Montagne Noire occidentale. Les dépôts synorogéniques.* Note de M. **Georges Baeckeroot**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Des recherches sur l'origine et la nature des dépôts détritiques tertiaires qui frangent la Montagne Noire, au Nord-Ouest et au Nord, m'ont permis d'en donner une interprétation synorogénique et de préciser les principales phases de la formation de l'escarpement tectonique.

a. Une morphologie pré-lutétienne, pressentie par H. Baulig (Plateau Central de la France, p. 300), s'est établie entre le Montien et le Lutétien; elle se caractérisait déjà par un relief vigoureux, ainsi que l'atteste la nature des dépôts de piémont les plus anciens.

Sur le front Nord, ces dépôts, variables latéralement, ont en commun leurs éléments grossiers, plus ou moins roulés et altérés, souvent de couleur rougeâtre; ils correspondent, *pro parte*, aux « argiles rouges à graviers », de Vasseur. Ce sont, *à l'Est de Mazamet*, des brèches de gneiss pourris, tantôt rouges (base de la butte du Ranfort), tantôt vertes (base de la carrière du Simou); *à l'Ouest de Mazamet*, les puissants cailloutis à gros éléments roulés et dissociés, de gneiss et de quartz, de la Pomarède-Rigautou, les amas, plus fournis en gneiss et plus agglomérés, de Payrin, la mollasse rose, à quartz non roulés, de la base du Causse, à Augmontel.

Sur le front Nord-Ouest, les dépôts infra-lutétiens sont représentés par la puissante formation de la *brèche schisteuse à ciment calcaire* d'Escoussens,

---

(2) *Mitt. geol. ges. Wien*, Bd. 33, 1940, p. 11.

(3) J. v. Pia et M. Schmidt, *Abh. der Heidelb Ak. d Wiss.*, *Math. Nat. Kl.*, 22, 1935, p. 15.

appliquée contre la Montagne avec une forte pente, et faillée (¹). On la retrouve au pied des escarpements de Dourgne, plus relevée encore (²). La nature de son ciment démontre que, à l'Ouest du Massif, la sédimentation calcaire terrigène se poursuivait dans une vaste lagune, sur l'emplacement d'une fosse de subsidence (³) pendant que se produisait une surélévation de la Montagne. Sur le flanc de celle-ci, des dépôts torrentiels contenant de gros paquets éboulés de schistes cambriens, le tout fortement redressé, sont visibles près de la Métairie de la Sagne : preuve complémentaire de l'intensité des mouvements, sans doute sismiques, et de la forte accentuation du relief à l'époque pré-lutétienne.

b. Une période de calme relatif correspond, *à l'Ouest de Mazamet*, à la formation fine du *Calcaire de Castres*, daté du *Lutétien* par ses fossiles. Le sondage du Bernazoubre, près de Soual, dans la plaine du Sor, en révélant la grande épaisseur de ces dépôts lagunaires, a montré qu'ils avaient été soumis à la subsidence inaugurée dès avant le Lutétien. *A l'Est de Mazamet*, il n'y a plus de Calcaire de Castres; on y trouve une autre formation fine, les *Argiles rouges compactes* (carrières des Estrabauts-Bas et du Simou, entre Saint Amans-Soult et Albine; colline du Ranfort, à l'Est d'Albine). Ces formations rutilantes, qui contiennent des pisolithes ferrugineux, proviendraient du lessivage de dépôts latéritiques de la pénéplaine éogène du Massif de l'Agout.

c. Une phase de surrection post-lutétienne, en rapport avec les grands mouvements pyrénéens, a rajeuni le relief de la Montagne Noire en relevant, au delà de leur pente originelle, les dépôts pré-lutétiens.

Cette activité s'est traduite, *à l'Ouest de Mazamet*, par la dislocation de la masse du Calcaire de Castres. Parmi les horsts ainsi formés, le Causse d'Augmontel est le plus important; il est limité, au Sud et à l'Est, par des failles. Au Sud du *graben* du Thoré, la zone de Calcaire de Castres appliquée contre la Montagne Noire fut relevée avec elle, fortement faillée et fissurée, ce qui eut pour effet de la résoudre en petits horsts tels que la colline de Saint-Hilaire, et d'en accentuer les propriétés karstiques. La surélévation brusque et saccadée du massif ancien détermina, en même temps, la descente d'abondants détritus, la plupart grossiers et non consolidés, de schistes et de quartz. Toute cette zone calcaire fut ensevelie, et ainsi fut formé, au Sud du Thoré, au droit de Payrin et de Labruguière, le *Causse couvert* et fertile *de Lacalm*, unité géographique bien individualisée, qui contraste fortement, par ses propriétés physiques et « humaines »,

---

(¹) G. Baeckeroot, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1205 et 1386.

(²) Cette brèche n'est donc pas bartonienne comme, après Vasseur, le dit B. Gèze (*Étude Géologique de la Montagne Noire des Cévenne méridionales*, p. 121).

(³) L. Mengaud, *Bull. soc. Hist. Nat. Toulouse*, 80, 1945, p. 16-20.

avec le Causse nu et stérile d'Augmontel. Sur le front Nord-Ouest, le calcaire de Castres est également faillé, basculé et recouvert par les mêmes détritus grossiers, avec de gros blocs de quartz (sommet des buttes d'Escoussens et de la Sagne); il faut rattacher à ce piémont post-lutétien la brèche de gneiss, déjà en partie décomposée, de la butte du transformateur des Dauzats, à l'Ouest du Bassin de Saint-Ferréol.

A l'Est de Mazamet, des dépôts grossiers à conglomérats de quartz recouvrent les dépôts lenticulaires d'argile rouge compacte, et s'y intercalent, ce qui indique que cette phase épirogénique fut accompagnée par de fortes reprises de l'érosion torrentielle.

Conclusions. — 1. Les formations détritiques nommées par Vasseur « argiles rouges à graviers de Mazamet » et considérées par lui comme un faciès littoral des mollasses de l'Éocène moyen et supérieur, et de l'Oligocène, sont, en fait, d'origine continentale; elles sont descendues de la Montagne Noire et du Massif de l'Agout. Elles ont construit un piémont frangeant composite, précédé, au Nord-Ouest, par une fosse de subsidence.

2. La répercussion des mouvements pyrénéens, ante- et post-lutétiens peut se lire dans ces dépôts : à chacun de ces épisodes épirogéniques correspondent des détritus grossiers que l'on voit séparés par des formations fines, déposées pendant la période de calme relatif du Lutétien.

3. La connaissance de ces faits nous fournira des données nouvelles pour définir et préciser le style de l'accident qui limite, au Nord et au Nord-Ouest, la Montagne Noire.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. MORPHOLOGIE. — *Sur le réseau hydrographique et les dernières phases de soulèvement du Taurus occidental.* Note de M. **Xavier de Planhol**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

I. A travers le bourrelet Taurique, la profonde vallée de l'Aksu est, par sa direction d'ensemble, sensiblement adaptée aux dislocations Nord-Sud qui commandent les lignes directrices du relief et résultent des mouvements post-paroxysmaux affectant la masse du néogène.

a. La partie supérieure du cours, de la plaine d'Isparta à la plaine du coton (Pamuk ovasi), correspond à une vaste aire synclinale entre les puissantes masses de calcaire crétacé de l'Ak dağ (2 276 m) et du Davras dağ (2 635 m). Le fond du synclinorium est accidenté de failles en escalier à la faveur desquelles réapparaissent des lambeaux de calcaire pincés dans la série flyschique jurassique imperméable où coule le fleuve. C'est une zone de tufs tendres qui a permis la capture par érosion régressive du ruisseau d'Isparta et l'annexion au drainage méditerranéen d'une partie de la plaine du même nom.

b. Dans la partie moyenne, de nombreuses sections du cours coïncident avec les dislocations Nord-Sud. Dans la plaine du coton, l'Aksu suit le pied d'un escarpement de faille regardant vers l'Ouest où les calcaires crétacés dominent la mollasse helvétienne. De Kizilseki à Kaya dibi le fleuve suit, avec quelques infidélités de détail, une faille de regard oriental mettant en contact la série du flysch avec les poudingues tortoniens.

c. C'est également à une ligne de faille que correspond dans la plaine d'Antalya le cours de l'Aksu. Cette faille de regard occidental et d'au moins 70 m de rejet amène au jour dans le bloc soulevé les grès et les sables du Pliocène marin qui ont facilité l'installation du cours entre les masses de travertin perméable et sec.

II. Cependant, on constate que cette conformité d'ensemble à la tectonique est troublée par l'existence de nombreux cas de surimposition et d'antécédence.

a. L'Aksu est surimposé dans la partie de son cours où il pénètre dans la montagne : ainsi de Kaya dibi aux environs de Kizil seki, il s'encaisse dans les poudingues tortoniens et sa surimposition semble due à la divagation du fleuve sur l'énorme masse de poudingues qu'il a déposée dans tout son cours inférieur à la suite d'une phase d'érosion violente, postérieure au dépôt du travertin (les poudingues remblayant une vallée creusée dans le travertin) et à la formation de la haute terrasse, mais antérieure à la formation de la basse terrasse qui recoupe ces poudingues. On suit les traces de ce remblaiement dans la vallée de l'Aksu jusqu'à près de 200 m d'altitude et c'est à lui qu'il convient d'attribuer les nombreuses irrégularités de détail que l'on peut constater.

b. Des phénomènes d'antécédence sont à signaler aussi dans la partie moyenne du cours. Le Gök su, branche originaire des montagnes de la région de Sütçüler, coule à contre-pente du bloc faillé qui domine à l'Est la plaine du coton et y a creusé une gorge impressionnante. De même au Sud de Kargi l'Aksu, quittant la faille Nord-Sud, s'enfonce dans la masse des calcaires crétacés. Des phénomènes analogues sont à noter dans le cours du moyen Köprü su, qui, longeant un moment l'escarpement de faille du Scarp dag au-dessus de la Tel ovasi, le quitte pour s'enfoncer en gorge dans le bloc lui-même.

III. L'évolution du réseau hydrographique peut se ramener à trois phases :

1. Établissement d'un premier réseau immédiatement après l'émersion post-tortonienne.
2. Phase du soulèvement lent au cours de laquelle ces premières rivières maintiennent leur cours par antécédence.
3. Phase de soulèvement rapide et de dislocations importantes au cours de laquelle un jeune réseau hydrographique adapté aux failles Nord-Sud

conquiert partiellement le réseau antérieur; à cette phase correspond une période de remblaiement et de surimpositions locales dans le cours inférieur, ainsi que la majeure partie de l'érosion des plaines intra-tauriques (plaine du coton et Tel ovasi).

Si l'on met en parallèle ce tableau avec les données stratigraphiques de la plaine Pamphylienne, on peut coordonner la période de soulèvement lent avec la période de dissolution chimique et de stabilité relative indiquée par le dépôt du travertin (superposé à l'Astien fossilifère dans la basse vallée de l'Aksu d'après les travaux de Besim Darket) qui se termine par l'élaboration de la haute terrasse, et la période de soulèvement rapide avec la période d'érosion violente qui a entraîné la karstification du travertin et le dépôt des poudingues dans la basse vallée. Les caractères du remblaiement semblent indiquer une période pluviale et il doit probablement s'agir du pléistocène glaciaire. La basse terrasse qui lui est postérieure n'offre aucun caractère eustatique (on ne la retrouve d'ailleurs pas dans la plaine de Finike ni le long des côtes ciliciennes), mais indique que les mouvements épéirogéniques se sont poursuivis jusqu'à une date très rapprochée.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. CLIMATOLOGIE DYNAMIQUE. — *Ciel sale et ciel propre, en anticyclone clair, dans la région parisienne.* Note de M. **Pierre Pédelaborde**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

En situation *anticyclonique continentale d'été ou de printemps*, et par *nébulosité nulle*, la teinte du ciel peut affecter deux nuances principales : bleu clair, franc, très propre; bleu terne, sale, presque gris, cette teinte *s'étendant à tout le ciel, aussi bien au zénith qu'à l'horizon.* Le fait que les ciels des types océaniques sont toujours propres et, qu'en particulier, les traînes à S. Cu présentent des trouées d'un bleu intense et très pur, nous a suggéré l'hypothèse que les variations de la teinte du ciel pourraient être liées à la stabilité ou à l'instabilité verticale des masses anticycloniques. L'observation personnelle des ciels, et l'analyse synoptique et aérologique des situations, de 1946 à 1951, nous permettent d'affirmer :

Chaque fois qu'il y a ciel sale, la masse d'air est humide et instable jusqu'à un niveau assez bas (2 à 3 000 m au maximum), puis devient sèche et stable au-dessus de ce niveau. Entre la couche inférieure humide et la couche supérieure sèche, on note presque toujours une couche d'*inversion thermique apparente* et de *subsidence* qui stoppe l'instabilité de la couche basse. Quand il n'y a pas franchement inversion et subsidence, on note du moins un redressement de la courbe (*inversion théorique*) avec baisse de l'humidité relative, donc augmentation de stabilité (sondage type : *fig.* 1).

Au contraire, *chaque fois que le ciel devient propre* après une période de ciel sale, la masse d'air reste humide et instable jusqu'à un niveau beau-

coup plus élevé que dans les cas précédents et l'on ne note *aucune subsidence* ni aucune couche plus stable pouvant arrêter l'instabilité des couches inférieures (sondage type : *fig.* 2).

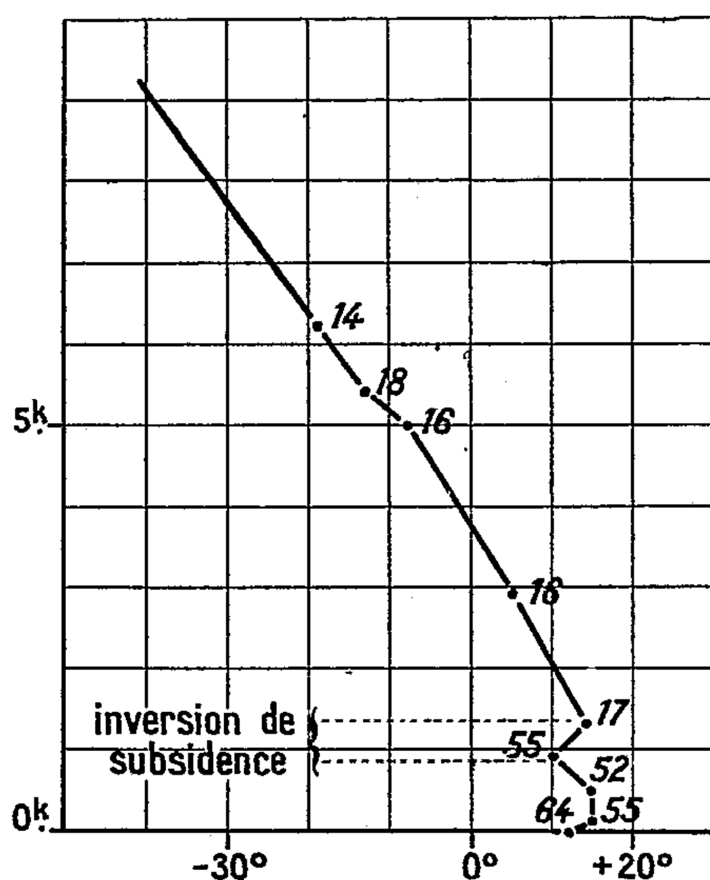


Fig. 1 - Trappes, 19-5-48 - 2h

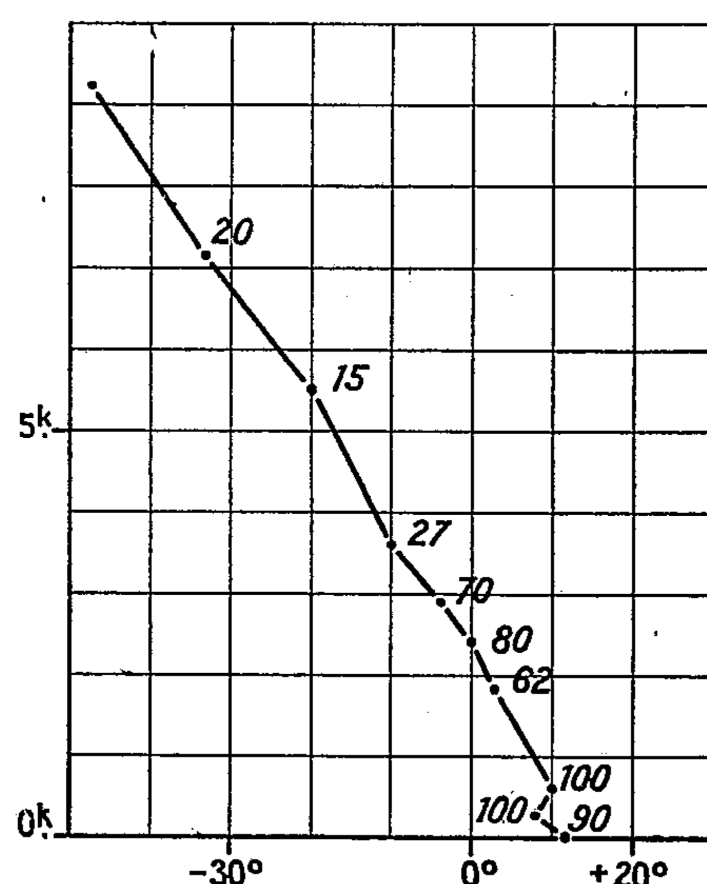


Fig. 2 - Trappes, 21-5-48 - 2h

L'examen des cartes norvégiennes montre que le *ciel sale généralisé* est lié aux masses d'air continentales chaudes à la base (convection), mais stables en altitude (subsidence anticyclonique). Il redevient propre dès qu'une advection d'air océanique humide et dynamiquement instable détruit la discontinuité constatée vers 2 ou 3 km. Le passage du ciel sale au ciel propre est particulièrement net après un orage, c'est-à-dire à la suite d'un processus de forte instabilité. On peut donc proposer l'explication suivante :

A. *En situation anticyclonique continentale.* — L'air stagnant surchauffé par la base devient fortement convectif. D'où humidité relative élevée malgré la forte température (effet de détente). Mais, comme la masse d'air est stable dans les hautes couches, on conçoit que l'ascendance doive être stoppée à une certaine altitude. Nous avons effectivement toujours noté une couche subsidente d'arrêt entre 1000 et 3 000 m. A la base de la couche subsidente, il existe donc un niveau où *se concentre l'humidité*. C'est le même processus que celui qui forme les S. S, ou Cu au-dessous d'une inversion, avec cette différence qu'ici l'humidité n'aboutit pas à la constitution du stratus. D'autre part, le mouvement convectif entraîne aussi les *poussières* et celles-ci s'arrêtent et se concentrent à la base de la couche stable.

Le ciel sale généralisé (¹) proviendrait donc : 1° d'un stratus élevé, très léger, si léger que les observations néphologiques ne le mentionneraient pas, mais qui atténuerait la pureté du ciel bleu; 2° d'une couche de crasse ayant précisément le stratus pour support. Quand $h \# 100$ (99 à 3000 m, le 7 mai 1948), les gouttelettes très fines du S. concentrent certainement les poussières. Et inversement, les poussières jouent le rôle de noyaux de condensation. La teinte sale s'explique alors par les lois de la diffusion de la radiation solaire par les *particules de grandes dimensions*. Quand le diamètre des particules est $> 5\ \mu$ (cas des gouttelettes et des poussières), il n'y a pas diffraction, mais diffusion de lumière blanche. Même quand les particules sont $< 5\ \mu$ (poussières les plus fines), la diffusion sélective étant fonction directe de λ^2, porte surtout sur les radiations à grand λ (du jaune à l'orangé). On notera que la teinte sale du ciel peut être un indice de beau temps stable. Elle prouve, en effet, l'arrêt de l'instabilité à un niveau bas ($\lessapprox 3000$ m), donc la stabilité des couches élevées, c'est-à-dire de celles qui déterminent le temps. L'anticyclone persiste donc en altitude et a des chances de durer.

B. *Dès qu'une advection d'air maritime instable* rétablit la continuité des mouvements ascendants, l'instabilité généralisée à toute la masse crève la couche subsidente d'arrêt et provoque un brassage et une *dispersion de l'humidité et des poussières*. Dans ce cas, la seule diffusion qui existe est la diffusion moléculaire (diffusion sélective ou diffraction, proportionnelle à $1/\lambda^4$). Cette diffraction envoie donc sur nous surtout les radiations courtes : violet et bleu. D'où ciel propre.

PALÉONTOLOGIE. — *Formes de passage de* Nummulites variolarius *Lmk. à* N. wemmelensis *de la Harpe et van den Broeck*. Note de M. **René Abrard** présentée par M. Paul Fallot.

En indiquant en 1928 que *Nummulites wemmelensis* de la Harpe et van den Broeck devait être considérée, suivant une idée émise par H. Douvillé, comme une forme résultant de la dégénérescence de *N. variolarius* Lmk., par desserrement de la spire, j'ai signalé qu'un hiatus existait entre les deux espèces (¹). L'étude d'un matériel très important qui m'a été remis

(¹) Nous ne considérons pas, en effet, le phénomène bien connu du ciel plus sale à l'horizon qu'au zénith (influence de l'épaisseur optique). Le fait que nous signalons consiste en une teinte laiteuse étendue à tout le ciel. Elle affecte non seulement Paris, mais sa banlieue jusqu'à 20 km.

(¹) *Bull. Muséum Nat. Hist. Nat.*, 34, 1928, p. 183-184; *Bull. Soc. Géol. France*, (4), 28, 1928, p. 173.

par L. et J. Morellet, et sur lequel ils avaient attiré mon attention, permet de supprimer cette solution de continuité.

Les gisements et les caractéristiques des échantillons examinés sont les suivants :

1° *Lédien de Bambrugge.* — Une douzaine d'individus ne peuvent pas être rapportés à *N. variolarius*, très fréquente dans le gisement; ils présentent un bouton central généralement net, une spire plus lâche et plus irrégulière que chez *N. variolarius*, mais moins que chez *N. wemmelensis*; la hauteur des logettes montre également un stade de passage de *N. variolarius* à *N. wemmelensis*. Les formes A sont très voisines de certaines *N. wemmelensis* A du Wemmelien de Jette et de emmel. Il s'agit d'une forme intermédiaire entre les deux espèces.

2° *Lédien de Gand.* — Plusieurs échantillons à spire bien plus lâche que celle de *N. variolarius*, avec tendance operculiforme chez les formes B. Ils présentent un bouton central entouré d'une dépression et des filets subnoduleux en fort relief, ce qui leur donne le faciès de petites Operculines granuleuses et les fait ressembler beaucoup à quelques *N. wemmelensis* du Wemmelien de Jette. De plus, la différence de taille entre les individus A et B est beaucoup plus accusée que chez *N. variolarius* sans l'être autant que chez *N. wemmelensis*. Ces individus du Lédien, très différents de *N. variolarius* paraissent devoir être attribués à une variété ancestrale de *N. wemmelensis*.

3° *Lédien de Forest.* — Trois individus à bouton central bien individualisé, à tendance operculiforme, à filets en côtes subfalciformes, ressemblent à quelques échantillons du Wemmelien de la ferme Osseghem à Wemmel. Il s'agit sans doute de la même forme que celle du Lédien de Gand et il sera peut-être utile de lui donner un nom distinct, si sa constance dans le Lédien supérieur est constatée.

4° *Lédien d'Erondeghem.* — Un individu provenant du Lédien supérieur de la tranchée d'Erondeghem ne diffère en rien de *N. wemmelensis* du Wemmelien du même gisement.

5° *Wemmelien d'Erondeghem et de Jette.* — De nombreux individus A de *N. wemmelensis* de ces gisements ne pourraient être distingués de *N. variolarius* A, si on les mélangeait à cette espèce; ils ont une spire très peu desserrée et le mamelon central est très peu marqué ou même absolument nul. Ils peuvent être considérés comme représentant une forme de passage entre les deux espèces.

Il existe donc, entre *N. variolarius* et *N. wemmelensis* plusieurs formes de passage qui confirment que la deuxième dérive de la première par dégénérescence operculiforme.

En ce qui concerne leur répartition stratigraphique, les faits qui viennent d'être exposés conduisent aux conclusions ci-après :

N. variolarius caractérise essentiellement le Lédien, mais dans la partie supérieure de ce sous-étage, apparaissent déjà des formes qui annoncent *N. wemmelensis*, et dont quelques-unes peuvent même être considérées comme des variétés précoces de cette espèce;

N. wemmelensis caractérise essentiellement le Wemmelien, mais à la base de la formation, on rencontre encore des individus qui ne diffèrent que très peu de *N. variolarius*, surtout chez les échantillons mégasphériques, la répartition entre les deux espèces apparaissant alors comme arbitraire.

Ainsi, aussi bien en ce qui se rapporte au remplacement d'une espèce par l'autre dans la série évolutive, qu'au point de vue de leur répartition stratigraphique, rien ne se fait brusquement, contrairement aux données généralement admises. Il y a là quelque chose de comparable à ce que J. Boussac a signalé à Biarritz (2) où, au sommet de l'Éocène, on trouve des individus de *N. Fabianii* Prever, formant le passage à *N. intermedius* d'Arch. qui en dérive et la remplace dans l'Oligocène; on peut d'ailleurs ajouter que la base du Lattorfien renferme des échantillons de *N. intermedius* qui sont encore loin de la forme typique et sont intermédiaires entre les deux espèces.

CHIMIE AGRICOLE. — *Rapports physiologiques des bases* K_2O, CaO, MgO *dans des feuilles situées à différents niveaux sur la tige, chez diverses variétés de* Blé, *en sol calcaire ou non calcaire.* Note de MM. **Louis Maume** et **Jacques Dulac**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons étudié par la méthode du diagnostic foliaire l'alimentation de cinq variétés de Blé (Blanc hâtif, Noël, Vilmorin 23, Vilmorin 27, Yveline) constituant deux champs d'expériences de la Station centrale d'amélioration des plantes de Versailles. Le début de la floraison a été l'époque physiologique choisie pour la prise des échantillons (1).

Pour chaque variété, l'échantillonnage séparé des feuilles présentes sur la tige a permis d'étudier la variation des principes minéraux basiques de la feuille la plus jeune à la plus âgée. Les résultats analytiques Mx, My, Mz % de matière sèche sont transformés en univalences alcalines Ax, Ay, Az, donnant des chiffres chimiquement comparables. La relation entre ces valeurs est la suivante :

$$Ax = 1\,000 \frac{Mx}{\frac{1}{2} K_2O}, \qquad Ay = 1\,000 \frac{My}{\frac{1}{2} CaO}, \qquad Az = 1\,000 \frac{Mz}{\frac{1}{2} MgO}.$$

(2) *Annales Hébert*, 5, 1911, p. 72.

(1) *C. R. Acad. d'Agriculture*, 37, 1951, p. 573.

	Masses pour 100 g de matière sèche.			Univalences alcalines en milligrammes			Alcalinité totale	Constitution de l'unité alcaline composite (CaO, K_2O, MgO) en centièmes.		
	K_2O Mx.	CaO My.	MgO Mz.	K_2O Ax.	CaO Ay.	MgO Az.	S.	K_2O x.	CaO y.	MgO z.
				Sol calcaire, pH : 8,3.						
Blanc hâtif :										
1re feuille...	2,25	1,50	0,44	47,77	53,57	21,89	123,23	38,76	43,47	17,76
2e » ...	2,95	1,71	0,44	62,63	61,07	21,89	145,59	43,02	41,94	15,03
3e » ...	2,65	2,40	0,48	56,26	85,71	23,88	165,85	33,92	51,68	14,40
4e » ...	1,95	3,27	0,58	41,40	116,78	28,86	187,04	22,13	62,44	15,43
5e » ...	0,35	4,4	0,62	7,43	157,08	30,84	195,35	4,31	78,67	17,08
Noël :										
1re feuille...	2,20	1,85	0,46	46,71	66,07	22,88	135,66	34,43	48,71	16,86
2e » ...	2,85	2,05	0,43	60,51	73,21	21,39	155,11	39,05	47,24	13,70
3e » ...	2,25	2,35	0,38	47,77	83,93	18,90	150,60	31,72	55,73	12,55
4e » ...	0,90	3,14	0,44	19,11	112,50	21,89	153,50	12,45	73,29	14,26
5e » ...	0,25	4,15	0,33	5,31	148,21	16,42	169,94	3,13	87,20	9,67
Vilmorin 23 :										
1re feuille...	2,10	1,80	0,44	44,58	64,28	21,89	130,75	34,09	49,16	16,74
2e » ...	2,30	2,03	0,39	48,83	72,50	19,40	140,73	34,70	51,52	13,78
3e » ...	1,80	2,62	0,42	38,22	93,57	20,89	152,68	25,03	61,29	13,68
4e » ...	0,63	3,57	0,44	13,37	127,50	21,89	162,76	8,21	78,35	13,44
5e » ...	0,20	5,02	0,51	4,25	185,71	25,37	215,33	1,97	86,24	11,78
Vilmorin 27 et Yveline : Observations de même ordre.										
				Sol acide, pH : 6,6.						
Blanc hâtif :										
1re feuille...	1,40	–	–	29,72	–	–	–	–	–	–
2e » ...	1,95	0,84	0,45	41,70	30,00	22,39	93,79	44,14	31,98	23,87
3e » ...	1,45	0,95	0,44	30,78	33,93	21,89	86,60	35,54	39,18	25,27
4e » ...	0,55	0,85	0,36	11,68	30,36	17,91	59,95	19,48	50,63	29,88
5e » ...	0,20	0,77	0,32	4,25	27,50	15,92	47,67	8,91	57,69	33,40
Noël :										
1re feuille...	1,95	1,30	0,50	41,40	46,43	24,98	112,81	36,70	41,15	22,14
2e » ...	1,60	1,04	0,48	33,97	37,14	23,98	95,09	35,72	39,05	25,22
3e » ...	0,95	0,94	0,37	20,17	34,57	18,41	73,15	27,57	47,26	25,16
4e » ...	0,35	0,80	0,26	7,43	29,57	12,93	49,93	14,88	59,22	25,90
5e » ...	0,20	0,77	0,25	4,25	27,50	12,44	44,19	9,61	62,23	28,15
Vilmorin 23 :										
1re feuille...	1,75	1,24	0,57	37,15	44,28	28,36	109,79	33,84	40,33	25,83
2e » ...	1,70	1,22	0,48	36,09	43,57	23,98	103,64	34,82	42,04	23,14
3e » ...	0,95	1,25	0,37	20,17	37,50	18,41	76,08	26,51	49,29	24,20
4e » ...	0,05	0,96	0,26	5,31	35,28	12,93	53,52	9,92	65,92	24,16
5e » ...	0,15	0,78	0,23	3,18	27,86	11,44	42,48	7,48	65,58	26,93

Vilmorin 27 et Yveline : Mêmes observations.

$Ax + Ay + Az = S$ représente l'alcalinité totale des trois bases pour 100 de matière sèche. Nous avons également indiqué dans notre tableau ce que nous avons appelé dans des travaux antérieurs ([2]) *unité alcaline composite* $X + Y + Z = 100$.

Conclusions. — 1° Chez toutes les variétés étudiées, *l'alcalinité totale* exprimée en univalences-milligrammes est nettement plus élevée en terre calcaire pour les feuilles âgées (4ᵉ et 5ᵉ feuille sous l'épi). On observe l'inverse en terre acide.

2° Fait remarquable, en sol calcaire ou acide, *l'unité composite alcaline* K_2O va diminuant de la 1ʳᵉ ou de la 2ᵉ feuille sous l'épi à la dernière (5 feuilles). Inversement, *l'unité alcaline composite* CaO est en augmentation constante de la première ou de la deuxième feuille à la cinquième. Cette observation confirme celle que nous avons faite sur plantes pérennes ([3]), à savoir que, dans l'alcalinité totale $K_2O + CaO + MgO$, la part de la chaux croît sans cesse en fonction du vieillissement de la feuille. L'inverse se produit à partir de la 2ᵉ feuille pour K_2O.

De ces deux faits, il résulte qu'on aura avantage, dans la détermination de la nutrition K_2O du Blé par le diagnostic foliaire, à prendre comme niveau la feuille 2, ou sans grande erreur, l'ensemble des feuilles 2 et 3. Par contre l'indice de nutrition en CaO sera d'autant plus net que les feuilles homologues comparées seront placées plus bas sur la tige.

CYTOLOGIE. — *Les cellules nerveuses de l'Éponge* Sycon raphanus O. S. Note de Mˡˡᵉ **Odette Tuzet**, MM. **René Loubatières** et **Max Pavans de Ceccatty**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Lendenfeld ([1]) décrit, chez les Éponges calcaires Hétérocoeles, des cellules fusiformes disposées radialement et dont la pointe distale est saillante entre les cellules épidermiques, la proximale se prolongeant en un filament qui se porte vers les autres cellules de l'Éponge. Ces éléments seraient de nature sensitive. Dendy ([2]) se demande s'ils ne sont pas simplement glandulaires.

Duboscq et Tuzet ([3]) décrivent dans le mésenchyme de *Sycon raphanus* des collencytes, cellules ramifiées de formes variées sécrétant la substance fondamentale de ce mésenchyme, des amœbocytes de différentes catégories et des scléroblastes. Ils homologuent aux sclérolastes, qu'ils pensaient

([2]) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 702.
([3]) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1456.

([1]) *Proc. Linn. Soc. of N. S. Wales*, 9, 1885.
([2]) *Proc. Roy. Soc. Victoria N. S.*, 5, 1892.
([3]) *Mélanges Paul Pelseneer; Mém. Mus. Roy. Hist. Nat. Belg.*, 2ᵉ série, 3, 1936.

toujours très nombreux, des cellules ramifiées fusiformes ou triangulaires considérées comme collencytes par Del Rio Hortega et Ferrer ([4]).

Nous avons repris l'étude du mésenchyme du *Sycon raphanus* par diverses méthodes utilisées pour l'identification des cellules nerveuses : Masson, hématoxyline phosphotungstique, hématoxyline-fuschsine de Van Gieson et diverses méthodes d'imprégnations argentiques.

Ces colorations nous ont montré dans le mésenchyme, parmi les cellules que Duboscq et Tuzet ([3]) considéraient comme scléroblastes, des éléments souvent fusiformes ou triangulaires se colorant comme les cellules nerveuses des Métazoaires. Ils sont plus nombreux au voisinage de l'oscule, de la paroi externe et de l'atrium.

Ces cellules ne peuvent être confondues avec les collencytes. Ces derniers montrent, après imprégnation argentique, un protoplasme clair contenant le noyau arrondi et sombre et dans le voisinage de celui-ci, un ou deux dictyosomes. Les prolongements de ces cellules, qui vont se perdre dans la gelée anhiste du mésenchyme, sont toujours clairs.

Les scléroblastes ont un protoplasme plus granuleux que celui des collencytes; ils sont moins ramifiés, montrent aussi un ou deux dictyosomes. On peut les identifier le plus souvent par le voisinage du spicule dont la place est encore visible sous forme d'une tache claire après action du liquide décalcifiant qu'il nous a fallu utiliser après les fixations au formol neutre, indispensables pour les colorations du système nerveux.

Les deux prolongements d'un scléroblaste fusiforme suivent la surface du spicule et correspondent à du protoplasme qui était à la périphérie de ce dernier.

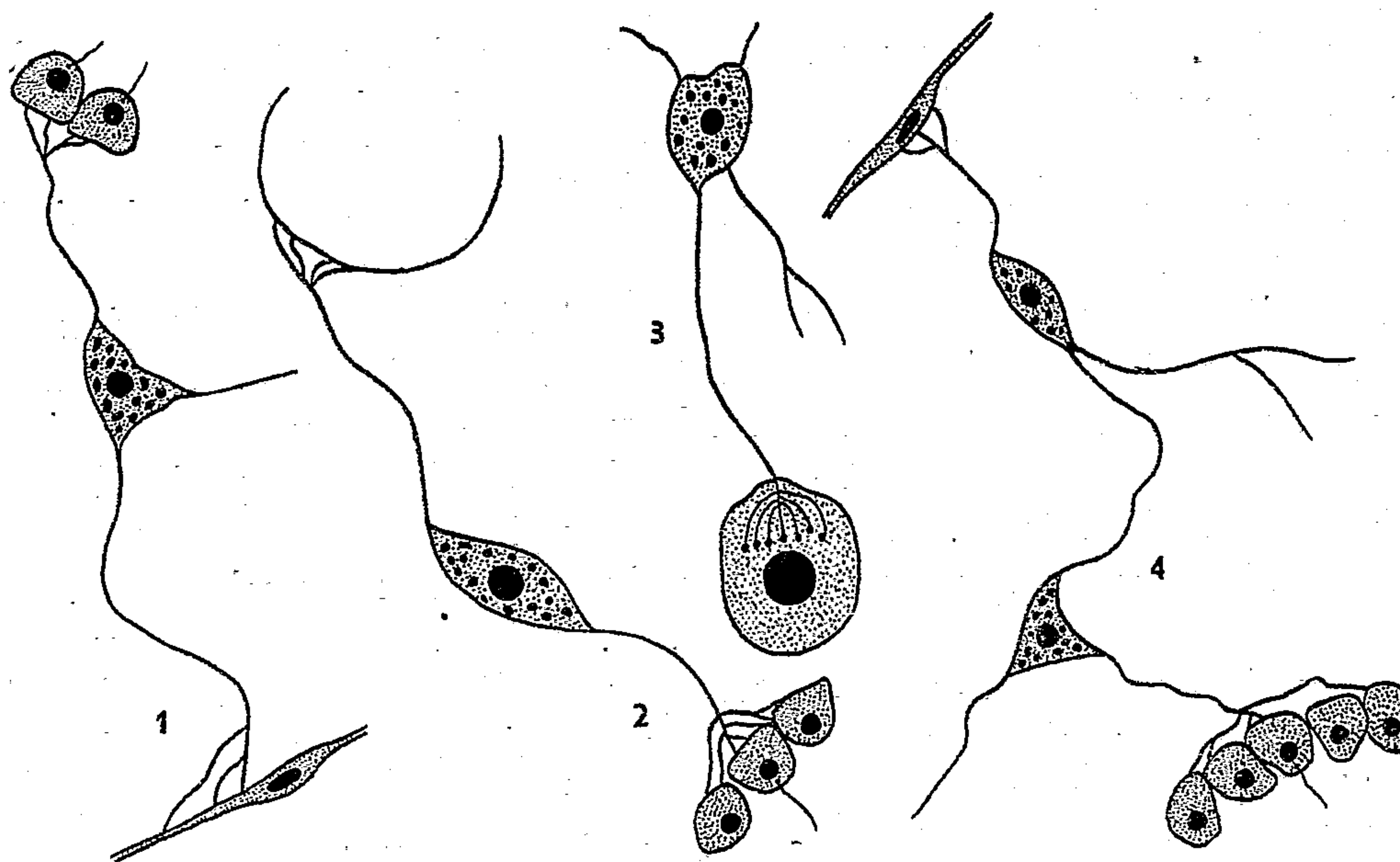
Les cellules nerveuses du *Sycon raphanus* sont fusiformes, triangulaires, quelquefois multipolaires. Leurs prolongements sont fortement argentophiles. Le protoplasme de la cellule est aussi argentophile et montre de gros grains généralement périphériques très colorables et tout à fait semblables à des corps de Nissl. Le Masson colore le protoplasme en rose, le noyau en rouge vif; les corps de Nissl et les fibres nerveuses sont bleus.

Les filaments nerveux issus de ces cellules peuvent aller directement, par l'intermédiaire de la cellule servant de relais, de la surface de l'Éponge à une corbeille, entrant alors en rapport avec les bases de quelques choanocytes (*fig.* 1). D'autres cellules établissent une relation entre les canaux et les corbeilles vibratiles (*fig.* 2). Mais le système peut être plus complexe : les fibres nerveuses issues d'un élément peuvent entrer en rapport avec celles d'une autre cellule servant de relais (*fig.* 4).

Nous avons enfin vu une fibre nerveuse se terminer en arborisations à l'intérieur d'une autre cellule du mésenchyme (*fig.* 3).

([4]) *Bol. Soc. Esp. Hist. Nat. Madrid*, 17, 1917.

Le *Sycon raphanus* montre donc, dans son mésenchyme, des cellules nerveuses qui sont à distinguer des collencytes et des scléroblastes d'une part, et des cellules mobiles (diverses catégories d'amœbocytes, ovocytes en migration, choanocytes émigrés) d'autre part. Ces cellules sont soit



bipolaires, soit multipolaires. Elles sont bien caractérisées par leur argentophilie et par la présence de corps de Nissl dans leur protoplasme. Elles peuvent, soit mettre directement en rapport la périphérie du *Sycon* avec les corbeilles et les canaux, soit le faire par l'intermédiaire d'une ou deux autres cellules servant de relais. On peut même observer des terminaisons nerveuses en arborisation dans des cellules du mésenchyme.

EMBRYOLOGIE. — *Sur une technique permettant la culture* in vitro *des gonades embryonnaires des Oiseaux.* Note de M. **Étienne Wolff** et Mlle **Katy Haffen**, présentée par M. Pierre-P. Grassé. (¹)

Nous avons explanté *in vitro* des gonades embryonnaires de poulet et de canard après et avant le stade de la différenciation sexuelle. Ces organes conservent leur intégrité, leur structure normale; ils se développent et continuent leur différenciation histologique; ils effectuent leur

(¹) Document retiré du pli cacheté nº 12839, déposé le 9 juillet 1951, ouvert à la demande des auteurs, le 10 mars 1952.

différenciation sexuelle, mâle ou femelle, s'ils ont été explantés au stade morphologiquement indifférent (²).

La technique mise au point après de nombreux essais tient compte des considérations suivantes : assurer au greffon une large aération, une nutrition suffisante, une élimination des déchets, *éviter avant tout l'essaimage des cellules de l'explant. La culture de tissus proprement dite est aussi nuisible que l'infection bactérienne*, elle asphyxie l'explant autour duquel elle rayonne. Après avoir éprouvé la technique de Gaillard (³), qui s'est révélée impropre à la culture des gonades embryonnaires d'Oiseaux, nous avons adopté un milieu de culture solide relativement pauvre en substances nutritives. A cet effet, nous avons éliminé le plasma qui apporte, en plus du coagulum solide, un aliment trop riche et trop favorable à la culture de tissus, et nous l'avons remplacé par de la gélose à une concentration telle qu'elle offre un support élastique et qui adhère intimement à l'explant. Les substances nutritives et stimulantes sont ajoutées à la gélose au moment de la préparation des milieux. Ceux-ci sont préparés dans des salières recouvertes d'une plaque de verre que l'on lute à la paraffine après l'explantation.

Un des milieux qui se sont montrés le plus favorables à la culture des gonades est le suivant :

Gélose à 1 % : 6 gouttes;
Liquide de Tyrode : 3 gouttes;
Jus d'embryon : 2 gouttes (ou de cerveau d'embryon);
Sérum homologue ou hétérologue : 1 goutte;
Pénicilline : 1 goutte.

L'organe à cultiver est découpé et extrait avec soin dans le liquide de Tyrode de manière à ne pas le léser et à le séparer complètement des organes contigus (mesonephros). On le dépose avec précaution sur la surface du milieu, qui ne doit pas être entamée. Il est placé sur cette surface dans sa position normale, le hile tourné vers le bas. Une légère pression sur les deux extrémités de l'organe l'enfonce légèrement dans le milieu, contre lequel il s'applique intimement. Le liquide apporté avec l'organe est épuisé soigneusement. Le récipient est alors refermé et porté à l'incubateur.

Nous avons cultivé jusqu'à présent des gonades de canard âgées de 8 et 9 jours d'incubation, des gonades de poulet de 7 à 14 jours. Les explants ont été prélevés après 3 à 7 jours. Ils sont lavés et éventuellement changés de milieu toutes les fois qu'une culture de tissus trop abondante tend à

(²) E. Wolff et K. Haffen, *C. R. Soc. Biol.*, 1951, séance du 6 juin de la Société de Biologie de Strasbourg.

(³) *IIIᵉ Journées Cyto-embryo. belgo-néerland.*, 1949, p. 5-9.

les entourer, c'est-à-dire en pratique tous les 3 jours. Les explants augmentent de taille et se développent; ils étaient encore très sains à la fin de l'expérience, comme le montrent leur aspect extérieur et leur structure histologique. Ils évoluent au même rythme que les témoins. Rien n'indique qu'ils étaient près de dégénérer au moment de la fixation.

Cette technique nous a permis d'obtenir des développements normaux ou quasi-normaux dans 18 cas sur 22 expérimentés chez le Canard. Les résultats ont été moins bons chez l'embryon de Poulet. Ils sont suffisamment constants pour qu'on puisse se servir de cette technique comme d'une méthode expérimentale de choix, pour étudier l'action d'une substance ou d'un facteur sur un organe isolé, en éliminant par conséquent toutes les corrélations et les interactions normales de l'organisme. Cette technique n'est pas seulement applicable aux glandes génitales, elle a été déjà étendue, avec de légères modifications, à d'autres organes embryonnaires.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Le* Strongyloceros spelæus *Owen* (*Cerf géant des Cavernes*). Note de Mme **Madeleine Friant**, présentée par M. Émile Roubaud.

Étude d'un très grand Cervidé disparu, le *Strongyloceros spelæus*, qui, décrit en 1846 par R. Owen d'après une ramure et une mandibule fragmentaires, fut, ensuite, confondu, par erreur, avec le *Cervus elaphus* L. de nos forêts.

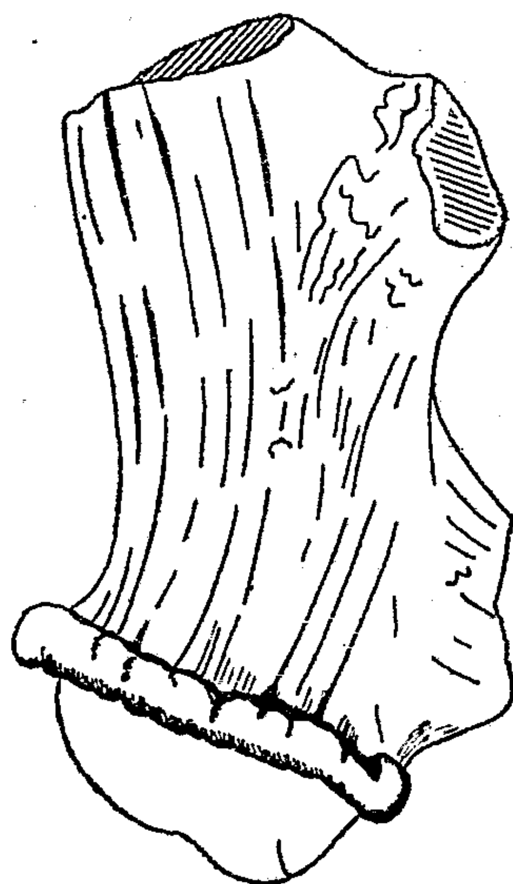
Voici plus de cent ans, en 1846, R. Owen décrivait, sous le nom de *Strongyloceros spelæus* (Cerf des Cavernes à bois arrondis), la ramure et la mandibule fragmentaires d'un très grand Cervidé du Pléistocène de Kent's Hole, près de Torquay (Devon, Angleterre).

En 1899, dans son *Catalogus Mammalium*, E. L. Trouessart identifiait ce grand Cerf au *Cervus elaphus* L. de nos forêts.

Au cours d'un séjour en Angleterre, j'ai eu l'occasion d'étudier, grâce à M. A. G. Madan et à M. le Professeur J. R. de Beer, tous les restes connus de ce fossile, au Muséum de la Société d'Histoire naturelle de Torquay et au British Museum natural History.

Les *bois*, très obliques sur les chevilles osseuses frontales, volumineux, à branche arrondie, ne présentent pas l'indication de palmure terminale, morphologie qui exclut l'*Alces* et le *Megaceros*. L'andouiller de l'œil (qui existe seul sur les bois des jeunes individus de Kent's Hole) part de la base de la ramure; le deuxième andouiller, généralement très proche du premier, est situé sur un plan un peu différent (*fig.* 1). Nous ne savons malheureusement rien de l'extrémité distale de la ramure. Quoi qu'il en soit, le nom de *Strongyloceros spelæus*, Cerf des Cavernes à bois arrondis, convient parfaitement au grand Cervidé de Kent's Hole.

Ses *ossements*, dont nous ne connaissions, jusqu'ici, que fort peu de choses, viennent confirmer le vocable de R. Owen : de taille aussi élevée que le *Cervus canadensis* Erxleb. (Wapiti), le plus grand des Cerfs actuels, le *Strongyloceros* était beaucoup plus robuste que lui, se rapprochant surtout, à ce point de vue, du *Megaceros giganteus* Blum. éteint, quoique un peu plus élancé. Il différait aussi du *Megaceros*, non seulement par sa



Strongyloceros spelæus Owen, n° 10820/*a*, Type. — Collections du British Museum natural History
Fragment basal d'une ramure du côté droit, face postérieure (1/3 de la grandeur naturelle).

ramure, comme nous l'avons dit, mais aussi par certains détails du squelette des membres : c'est ainsi que le cubitus, relativement mince, était soudé au radius, à quelques centimètres au-dessous de la fossette articulaire supérieure de cet os, comme, souvent, chez le Renne (*Rangifer tarandus* L.), alors que ces deux os demeurent plus ou moins distincts, sur toute leur longueur, chez les Cerfs actuels et le *Megaceros* éteint. Une telle morphologie indique une adaptation très nette à la course, chez notre fossile.

Ses dimensions « gigantesques » et l'aspect de ses os longs séparent donc le *Strongyloceros spelæus* du *Cervus elaphus*, contrairement à l'opinion de E. L. Trouessart. Toutefois, par leur ramure, ils appartiennent, l'un et l'autre, au groupe des « Cerfs à bois arrondis ».

Parmi les Mammifères du Continent européen demeurés énigmatiques, il faut citer un Cervidé beaucoup plus grand que le Cerf de nos forêts, dont les restes sont souvent associés, comme ceux du *Strongyloceros* de Kent's Hole, à des os de Cerf élaphe et de Renne, mais dont les ramures

n'ont jamais été rencontrées. Cet animal a été signalé, notamment, en Suisse [Löss de Wenken, Münchenstein, Wyhlen, Grottes de Shalberg, Veyrier, Cotencher (1)] et en Luxembourg [Œtrange (2)]. Beaucoup d'auteurs le rapportent au Wapiti (*Cervus canadensis* Erxleb.) d'Amérique du Nord, d'autres, avec A. Dubois et H. G. Stehlin, à un *Cervus elaphus* de taille géante.

L'étude qui précède semble donner la clef de cette énigme. Par suite de conditions exceptionnelles, les ramures du *Strongyloceros spelæus*, de même que les cornes du *Bison priscus* Boj. et du *Bos primigenius* Boj., sont assez bien conservées à Kent's Hole. Par contre, dans les gisements du Continent, ces ramures auraient disparu, en raison de leur fragilité, et les restes du grand Cervidé qui vécut en Europe occidentale durant la dernière période glaciaire, semblent bien, tant par leurs dimensions que par leur âge géologique, appartenir au *Strongyloceros spelæus*, le Cerf des Cavernes à bois arrondis.

« Dans les Palafittes, on trouve des sujets qui rivalisent avec ces géants pléistocènes » (A. Dubois et H. G. Stehlin), ce qui laisse penser que le *Strongyloceros* vivait encore à l'époque néolithique, alors que le Renne avait disparu, à nos latitudes, de l'Europe continentale.

BIOLOGIE. — *Effet du régime hypoprotéique sur la teneur en acide désoxyribonucléique des noyaux hépatiques chez le Rat jeune*. Note (*) de Mlle **Christiane Lecomte** et M. **André de Smul**, présentée par M. Robert Courrier.

Des rats de 7 semaines (60-65 g) ont été soumis pendant 28 jours à des régimes synthétiques (caséine, amidon, huile de colza, mélange salin de Hawk et Oser, vitamines) identiques qualitativement et en apport calorique, mais comportant respectivement 19 %, 10 % et 3,2 % de protéines (animaux appelés respectivement « normaux », « intermédiaires » « hypoprotéiques »).

1° *Classes nucléaires*. — Dans les animaux « normaux » les trois classes nucléaires bien connues (I, II, III), dont les volumes moyens et les teneurs moyennes en acide désoxyribonucléique (DNA) sont dans les rapports 1, 2, 4, existent avec, comme de coutume, une nette prédominance numérique des noyaux de la classe II. Chez les animaux « hypoprotéiques » les noyaux

(1) A. Dubois et H. G. Stehlin, *Mém. Soc. Pal. suisse*, 1933, 52-53, p. 148.

(2) V. Ferrant et M. Friant, *Bull. Soc. Natur. luxembourg.*, 1-2-3, 1938, p. 7 du tiré à part.

(*) Séance du 17 mars 1952.

de la classe III sont presque entièrement absents, tandis que ceux de la classe I sont beaucoup plus nombreux. Les animaux « intermédiaires » présentent une image intermédiaire.

2° *Volumes nucléaires.* — Ely et Ross [1] ont observé chez les animaux soumis à un régime hypoprotéique une diminution de volume nucléaire de 35 % par rapport aux témoins, tandis que Stowell [2] a observé une augmentation de 54 %. Nos mesures ne permettent pas de trancher ces résultats contradictoires. En effet, les volumes moyens d'une même classe nucléaire présentent dans certain cas des différences statistiquement significatives entre individus soumis à un même régime. (C'est par exemple le cas entre l'animal R_{13} et les autres animaux hypoprotéiques et entre les animaux R_9 et R_{11}). Ce fait semble indiquer que le volume nucléaire est contrôlé par d'autres facteurs que le régime alimentaire. L'effet éventuel du régime alimentaire ne peut dès lors être décelé que par des expériences spécialement planifiées, comportant notamment une analyse de variance. Ni les expériences des auteurs précédents, ni les nôtres ne sont décisives à cet égard.

Animaux.		n (*).	Volumes (μ^3).	DNA (unités arbitraires).
Normaux	R_5	76	232,3±3,2	578,7±11,2
	R_6	72	224,9±4,1	578,4±10,9
	R_8	75	221,9±3,9	590,1±12,0
Ensemble		223	–	582,4± 5,2
Intermédiaires	R_9	85	254,7±3,0	602,7±10,0
	R_{10}	80	252,1±3,8	594,6±12,2
	R_{11}	70	235,9±3,3	614,7±10,0
Ensemble		235	–	603,9± 5,7
Hypoprotéiques	R_{13}	67	229,6±4,0	628,9± 7,9
	R_{14}	43	197,0±3,4	648,5±10,5
	R_{15}	50	203,0±3,5	644,0±10,9
	R_{16}	47	201,7±4,3	636,5± 7,9
Ensemble		207	–	638,6± 4,7

(*) Nombre de noyaux mesurés dans la classe nucléaire II.

3° *Teneur en DNA.* — La teneur en DNA a été estimée par des mesures histophotométriques sur des coupes de tissus fixés, suivant des modalités

(1) *Science*, **114**, 1951, p. 70.

(2) *Cancer*, **2**, 1949, p. 121.

techniques identiques à celles utilisées par Lison et Pasteels [3]. Les noyaux des classes I et III, beaucoup moins nombreux que ceux de la classe II, se prêtent mal aux mesures en série, et ne seront pas étudiés pour le moment.

A. Les teneurs nucléaires moyennes en DNA de différents individus soumis à un même régime ne diffèrent pas entre eux de façon statistiquement significative.

B. Les teneurs nucléaires moyennes des individus soumis aux divers régimes diffèrent d'une façon statistiquement significative : les animaux « hypoprotéiques » ont une teneur moyenne supérieure à celle des animaux « normaux », et les animaux « intermédiaires » des teneurs intermédiaires. Ces résultats sont en bon accord avec les résultats des dosages chimiques de Ely et Ross, mais non avec leurs estimations histophotométriques qui montraient des différences beaucoup plus grandes, en désaccord d'ailleurs avec leurs propres dosages chimiques. Les conclusions d'autres auteurs [Kosterlitz [4], Davidson [5], Vendrely et Vendrely [6], Campbell et Kosterlitz [7]], qui, par des dosages chimiques, n'ont constaté aucune différence dans le DNA hépatique d'animaux à régime normal et à régime hypoprotéique, ne sont pas nécessairement en contradiction avec nos résultats, car elles concernent des rats adultes et non des rats jeunes.

C. Les histogrammes des teneurs des « normaux » révèlent dans une même classe nucléaire une distribution asymétrique des teneurs individuelles des noyaux, avec un sommet déplacé vers les valeurs basses. Ceux des « hypoprotéiques », asymétriques également, montrent un sommet déplacé vers les valeurs hautes. Ceux des « intermédiaires » sont presque symétriques, avec un plateau occupant la région entre les deux sommets précédents. Ce fait rend vraisemblable l'hypothèse suivante : l'augmentation de la moyenne des teneurs, observée chez les animaux hypoprotéiques, est due, non pas à une augmentation de la teneur moyenne de tous les noyaux, mais à un changement dans les proportions relatives des deux populations nucléaires, l'une de teneur moyenne plus basse, l'autre de teneur moyenne plus élevée. La première serait prédominante chez les animaux à régime normal, la deuxième dans les animaux hypoprotéiques; les animaux intermédiaires auraient une proportion à peu près égale des deux populations. Une investigation plus approfondie de cette question est en cours.

---

(3) *Arch. Biol.* 61, 1950, p. 445; 62, 1951, p. 1.
(4) *J. Physiol.*, 106, 1947, p. 194.
(5) *Biochem. Jl.*, 39, 1945, p. 59.
(6) *Compte rendus*, 228, 1949, p. 1256.
(7) *Science*, 115, 1952, p. 84.

BIOLOGIE. — *La survie* in vitro *en milieu aseptique, de l'Ascaris du Porc,* Ascaris lumbricoides *Linné* 1758. Note (*) de MM. **Raymond Cavier** et **Jean Savel**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Pour étudier le métabolisme de l'Ascaris, il nous a paru indispensable de maintenir ce Nématode parasite en survie dans un milieu totalement dépourvu de bactéries, car il est bien évident que celles-ci interfèrent d'une manière non négligeable sur la composition du milieu ambiant. Cette cause d'erreur ne semble pas avoir été écartée par les auteurs qui nous ont précédés et permet d'expliquer, en partie, les divergences constatées dans leurs conclusions.

Nous avons tout d'abord songé à utiliser le pouvoir antiseptique des sels biliaires, ceux-ci représentant un constituant normal du milieu intestinal dans lequel vivent habituellement les Ascaris; nous avons observé que la bile fraîche du Porc ou une solution de cholate de sodium n'exercent pas d'action nocive sur ces vers, mais sont incapables d'entraver, même à des concentrations relativement élevées, le développement bactérien.

Nous avons utilisé ensuite diverses substances bactéricides ou bactériostatiques et ce n'est qu'après de nombreux essais infructueux que nous avons enfin trouvé le moyen de résoudre ce problème; nous avons eu recours successivement à des antiseptiques, à des sulfamides, à des antibiotiques d'origine naturelle, ainsi qu'à des mélanges de ces diverses substances.

Compte tenu des résultats précédemment acquis, nous avons dissous les substances présumées actives dans l'un des deux milieux suivants : milieu de Bunge glucosé, milieu de Baldwin modifié [1]. Dans 500 cm³ de mélange ainsi préparé et porté à 38° C, on place cinq Ascaris préalablement lavés avec du sérum physiologique tiède; le tout est maintenu à l'étuve à 38°; le liquide est renouvelé tous les jours et à chaque opération, on prélève une partie du milieu que l'on ensemence aseptiquement sur bouillon nutritif et gélose inclinée afin de contrôler la stérilité. Nos résultats sont résumés dans le tableau ci-après.

Il ressort de ces expériences que certains produits (Pénicilline, Sulfanilamide) sont peu toxiques pour l'Ascaris, mais inaptes à entraver le développement de la flore microbienne. D'autres (Merthiolate, Chloromycétine) se comportent comme des antibactériens puissants, mais manifestent, par contre, une toxicité élevée pour les vers, ce qui se traduit par une diminution notable du temps de survie; diverses associations ne se sont pas montrées plus favorables. Seuls, certains sulfamides, tels que Adiazine et

---

(*) Séance du 17 mars 1952.

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1216.

Gantrisine, permettent une survie aseptique sans effets nocifs appréciables. Ajoutons qu'avec ces deux antibiotiques, le pH initial des milieux glucosés dans lesquels vivent les Ascaris ne s'abaisse pas beaucoup (8,4 → 7,0 à 7,5), contrairement à ce que nous avions constaté avec ces mêmes milieux quand le développement microbien n'est pas inhibé ([1]). Enfin, il convient de remarquer que la Pénicilline paraît s'opposer à l'action de la Chloromycétine; l'association de ces deux antibiotiques est inefficace pour des concentrations de Chloromycétine qui, seules, assurent l'asepsie du milieu; le même phénomène a, d'ailleurs, été signalé en ce qui concerne l'effet de ces deux antibiotiques sur certaines bactéries pathogènes pour l'Homme.

Substances essayées (%).	Milieu.	Essai de stérilité (*).	Temps moyen de survie (**).
Ethyl mercurithiosalicylate de sodium :			
(merthiolate N. D.) 10 mg	Bunge glucosé	o	4,4 (5)
» 2	»	o	6,6 (7)
» 1	»	o	6,2 (7)
» 0,5 mg	»	o	–
» 0,2	»	±	6,8 (9)
» 0,1	»	±	9,6 (11)
» 0,05	»	+	13 (15)
Sulfanilamide 1162 F 0,2 g	»	+	–
» 0,1	»	+	–
» 0,05	»	+	–
Soludagénan 0,2 g	»	+	–
Solufontamide 0,2 g	»	+	–
Thiazomide à sat.	»	+	–
Sulfaméthylthiodiazol (Rufol N. D) 10 mg.	Baldwin mod.	o	8,6 (11)
» » 5	»	+	10,4 (12)
» » 1	»	+	12 (15)
» » 0,1	»	+	11,4 (13)
Pénicilline 20 000 U.	Bunge glucosé	+	9,2 (11)
» 40 000	»	+	12 (14)
» 40 000	Baldwin mod.	+	10,2 (13)
» 100 000	»	+	8 (11)
Chloromycétine 0,05 g	Baldwin mod.	o	4 (5)
» 0,10	»	o	3 (5)
Streptomycine 0,05	»	±	6,4 (8)
» 0,10	»	±	5,2 (7)
Pénicilline 80 000 U / Chloromycétine 0,05 g	»	+	5,2 (6)
Chloromycétine 50 mg / Merthiolate 0,05	»	o	3,6 (5)
Chloromycétine 50 / Merthiolate 0,1	»	o	3,4 (5)

(*) Milieu stérile, o; milieu septique, +; résultats inconstants, ±.

(**) Le chiffre entre parenthèses indique le temps maximum de survie.

Substances essayées (%).		Milieu.	Essai de stérilité (*).	Temps moyen de survie (**).
Chloromycétine Merthiolate	50 0,05	»	0	4,8 (6)
Rufol Pénicilline	1 mg 80 000 U	»	+	11 (14)
Rufol Chloromycétine	1 mg 25	»	0	6,6 (8)
Rufol Chloromycétine	1 12,5	»	+	9,4 (10)
Adiazine (N. D.) (***)	50 mg	»	0	15,2 (17)
»	20	»	0	15 (17)
»	10	»	0	15,4 (18)
»	5	»	0	16,2 (19)
Gantrisine (N. D.) (****)	50	»	0	14,9 (16)
»	20	»	0	16,5 (18)
»	10	»	0	15,2 (19)
»	5	»	0	16,6 (19)

(***) Paraminophénylsulfamido-2 pyrimidine.
(****) 3.4-Diméthyl-5 sulfamido-isoxazol.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Effets de l'ablation des pédoncules oculaires sur le développement des caractères sexuels externes des Décapodes Brachyoures* Carcinus mænas *Pennant et* Pachygrapsus marmoratus *Fabricius*. Note de M[lles] **Geneviève Cornubert**, **Noëlle Demeusy** et M. **André Veillet**, présentée par M. Louis Fage.

Nous avons montré précédemment [1] que l'ablation des pédoncules oculaires déclenche le développement des ovocytes et même la ponte chez des femelles prépubères de *Carcinus mænas*, c'est-à-dire sans que les caractères sexuels externes de l'adulte se soient développés. Inversement, on peut se demander si la réalisation de ces caractères est liée d'une façon rigide au développement des ovaires. Nous avons repris ces expériences sur des femelles prépubères ou plus jeunes de *Carcinus mænas* et de *Pachygrapsus marmoratus* et observé que le développement des caractères sexuels externes n'est pas lié aux gonades, mais à la présence des pédoncules oculaires.

Chez *Carcinus mænas*, on sait qu'une mue spéciale, appelée mue de puberté, précède l'accouplement et la ponte : l'abdomen s'élargit, se décroche, se colore, se borde de soies et les pléopodes deviennent plus longs.

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1224.

Les femelles prépubères opérées avaient de 20 à 26 mm de longueur céphalothoracique : 3 ont pondu sans muer; 15 ont mué et le développement de leurs ovocytes était comparable à ceux des témoins; 23 sont mortes sans muer avant la fin de l'expérience (un mois et demi) et avaient des ovaires sur le point de pondre; une s'est échappée.

Les femelles opérées qui ont mué ont donné deux type d'individus :

1° des femelles en tous points comparables aux femelles qui viennent de faire leur mue de puberté; l'accouplement a lieu;

2° des femelles anormales dont la teinte varie du vert pâle au violet jaune avec les dents céphalothoraciques et les pinces violettes (²). L'abdomen est peu élargi, dépourvu de soies pubérales, mais l'accouplement a lieu.

On sait que lorsqu'on étudie la variation de l'élargissement de l'abdomen en fonction de la mue chez les femelles de *Carcinus mænas*, on met en évidence deux phases de croissance séparées par une discontinuité, au moment de la mue de puberté. Tout se passe pour les femelles anormales obtenues comme si la phase impubère était prolongée; les femelles anormales du deuxième type proviennent de mues plus tardives que les premières et les différences observées doivent tenir à la place de l'opération dans le cycle d'intermue : pour les femelles du premier type, la mue devait être déjà préparée au moment de l'opération; pour celles du deuxième, il est probable que l'opération a eu lieu longtemps avant la mue suivante.

Les femelles opérées plus jeunes du deuxième lot avaient de 10 à 12 mm de long. Elles ont mué trois ou quatre fois et se sont accouplées à la dernière mue : cette mue paraît donc avoir le rang normal d'une mue de puberté mais le coefficient d'augmentation de la taille à chaque mue étant plus grand que chez les animaux non opérés, la taille atteinte est supérieure à celle des femelles pubères. Là encore, l'abdomen est décroché mais il ne porte pas de soies pubérales et les pléopodes ne sont pas allongés. Ces femelles sont identiques aux femelles anormales obtenues en opérant des femelles prépubères. On constate cependant que les ovaires sont en cours de développement et que l'une des femelles pond.

Chez *Pachygrapsus marmoratus*, la mue de puberté est plus difficile à caractériser que chez *Carcinus mænas*. On observe bien un élargissement accentué de l'abdomen comme chez *Carcinus*, c'est-à-dire que la courbe de l'élargissement de l'abdomen en fonction de la taille présente une discontinuité au moment de la mue de puberté. Mais, étant donné la variabilité de taille des femelles prépubères et pubères, il est quelquefois difficile d'affirmer si l'on a affaire à une femelle pubère ou non. Chez *Carcinus mænas*, l'accouplement a lieu quand la femelle vient de muer et

(²) R. Lenel et A. Veillet, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1064.

est encore molle et il reste une empreinte sur la face ventrale du thorax qui permet de dire si elle s'est accouplée. Mais chez *Pachygrapsus* : l'accouplement n'a pas lieu au moment de la mue; il ne reste aucune trace de l'accouplement.

Les femelles prépubères opérées ont mué jusqu'à quatre fois sans que l'abdomen s'élargisse. Elles ont atteint une taille de 17 mm alors que les femelles non opérées effectuent leur mue de puberté entre 8 et 12 mm. Les femelles opérées plus jeunes ont, malgré une grande mortalité, donné les mêmes résultats. Nous constatons donc chez *Pachygrapsus* un arrêt total de la féminisation des femelles impubères. Alors que, chez *Carcinus mænas*, l'ablation des pédoncules oculaires se traduit par un allongement de la période impubère, c'est-à-dire par une féminisation ralentie, chez *Pachygrapsus marmoratus*, elle amène un arrêt de cette féminisation. Cependant, il est nécessaire de rappeler que l'ablation des pédoncules oculaires réduit d'une façon considérable la période d'intermue. Nous pouvons donc supposer que l'opération agit d'une façon distincte sur la mue et sur la réalisation des caractères sexuels externes. L'intermue étant réduite au tiers chez *Pachygrapsus*, il se peut que dans une intermue, la modification des caractères sexuels soit trop faible pour être marquée, Cependant, des femelles prépubères ont mué jusqu'à quatre fois et la durée des trois ou quatre intermues étant supérieure à l'intermue d'une femelle non opérée, nous aurions dû observer une féminisation notable de l'animal. L'ablation produit donc un arrêt de la féminisation.

Ces expériences, qui vont être reprises, montrent que le développement des caractères sexuels externes, indépendant du développement de l'ovaire, est lié à la présence des pédoncules oculaires. La question se pose de savoir quel est l'organe qui, dans le pédoncule oculaire, est responsable du développement des caractères sexuels externes des femelles.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *A propos de la notion de vitamine P. Chez le Cobaye alimenté au régime artificiel exempt de flavonoïdes et de tannoïdes la fixation de l'acide ascorbique est normale.* Note de MM. **Joseph Neumann**, **Jean Fabianek** et **Jean Lavollay**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons montré que des cobayes nourris avec un régime artificiel purifié et recevant 20 mg d'acide ascorbique par jour peuvent se développer et vivre en parfaite santé pendant au moins 13 mois sans jamais présenter de fragilité vasculaire ni d'hémorragies [1]. Des expériences analogues, de durée plus courte parce que le régime artificiel n'était pas

(1) J. Fabianek, J. Neumann et J. Lavollay, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 894.

encore parfaitement au point, avaient été réalisées par nous au cours des dernières années. A différentes reprises, on avait fait des déterminations du taux de l'acide ascorbique dans les tissus des animaux alimentés avec ces régimes exempts de « vitamine P » en vue de les comparer avec les chiffres trouvés par d'autres auteurs.

Penney et Zilva ([2]) ont déterminé les taux d'acide ascorbique dans les organes de cobayes soumis à un régime alimentaire comportant du chou à volonté et dans les organes d'animaux qui avaient reçu, depuis 15 jours, le régime scorbutigène de Zilva ([2]), complété par 25 mg d'acide ascorbique pur par jour. Les chiffres de ces auteurs, obtenus dans des conditions rigoureuses à l'aide d'une technique éprouvée, nous serviront de référence.

Comme Penney et Zilva, nous sacrifions les animaux *par saignée*, 24 h *après la dernière prise orale d'acide ascorbique*; nous extrayons et dosons l'acide ascorbique des organes suivant la même technique que ces auteurs Les déterminations sont faites par la méthode à la 2.4-dinitrophényl-hydrazine d'après Roe et Kuether ([3]).

Les cobayes dont les organes ont été prélevés et analysés avaient tous reçu des régimes artificiels purifiés ([4]), mais pendant des temps variés. Tous également avaient reçu 20 mg d'acide ascorbique par jour, *per os*, depuis le début de l'expérience.

Les *moyennes* des taux d'acide ascorbique trouvés chez 16 animaux, dans quatre organes, sont ci-dessous comparées aux moyennes déterminées par Penney et Zilva (*voir* tableau).

	Surrénales.		Rate.		Reins.		Foie.	
	moyenne(*).	écart type.	moyenne(*).	écart type.	moyenne(*).	écart type.	moyenne(*).	écart type.
A	70,8	18,3	31,2	6,5	5,1	1,7	7,7 (**)	2,3
B......	82	24	29	5,4	4,9	1	9,9	3,3
C......	65	17	25	5	5,2	2,1	6,1	1,3

A, 16 cobayes aux régimes artificiels purifiés, avec 20 mg d'acide ascorbique par jour (21 à 340 jours). B, 12 cobayes au régime scorbutigène de Zilva, avec 25 ou 50 mg d'acide ascorbique par jour, ou du chou à volonté (6 jours), (PENNEY et ZILVA, *loc. cit.*, p. 697, Tab. 2, colonne 1); C, cobayes au régime scorbutigène de Zilva, avec 25 mg d'acide ascorbique par jour (15 jours), (PENNEY et ZILVA, *loc cit.*, p. 699; Tab. 5, colonne 5).

(*) mg par 100 g d'organe.

(**) Moyenne de 13 dosages.

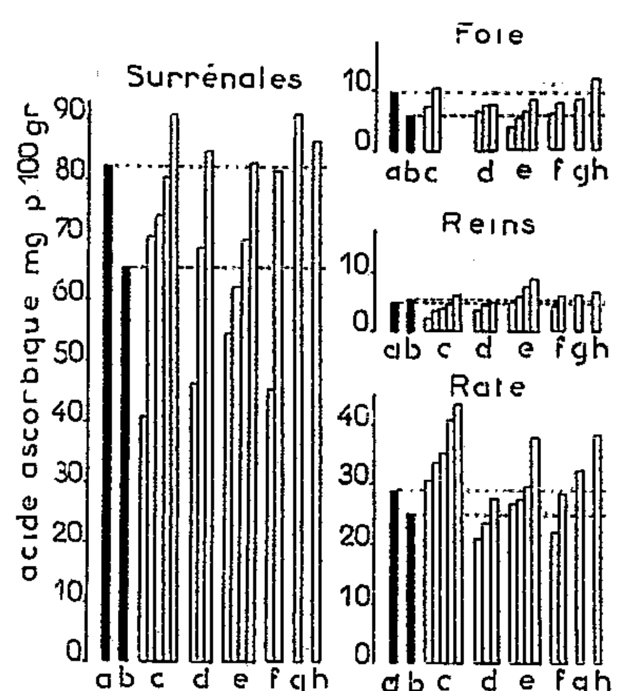
([2]) *Biochem. J.*, 40, 1946, p. 695.

([3]) *J. Biol. chem.*, 147, 1943, p. 399.

([4]) Les régimes de base toujours exempts de flavonoïdes ou de tannoïdes ressemblaient à celui que nous avons décrit ([1]) mais en différaient suivant les expériences, soit par la présentation, soit par la nature des protéines ou par celle des matières grasses, soit par la richesse en vitamines, notamment en α-tocophérol, en acide folique, en vitamine A et en choline.

Les *chiffres individuels* sont représentés dans la figure ainsi que les chiffres moyens de Penney et Zilva.

Les taux d'acide ascorbique apparaissent comme sans rapport avec la durée de l'alimentation au régime artificiel (21, 23, 36, 50, 236, 340 jours). Ces taux



Taux d'acide ascorbique dans les organes du Cobaye.

a et *b* : taux moyens de Penney et Zilva (tableau); *c*, taux individuels, régime artificiel depuis 21 jours; *d*, depuis 23 jours; *e*, depuis 36 jours; *f*, depuis 50 jours; *g*, depuis 236 jours; *h*, depuis 340 jours.

sont généralement compris entre les deux moyennes de Penney et Zilva que nous prenons comme références : celle qui correspond à la consommation de chou à volonté et celle qui correspond à l'absorption quotidienne de 25 mg d'acide ascorbique.

Précédemment, nous avons montré que 20 mg d'acide ascorbique pur par jour suffisent à prévenir le scorbut et à éviter la fragilité vasculaire pendant au moins 13 mois; les résultats qui viennent d'être rapportés montrent que dans les mêmes conditions la fixation de l'acide ascorbique dans les organes du Cobaye est normale. L'hypothèse de la *nécessité* d'un facteur autre que l'acide ascorbique qui serait *indispensable* pour éviter la fragilité vasculaire ou pour assurer la fixation de l'acide ascorbique est donc exclue.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Présence d'une* L-*diaminoacide-déshydrogénase dans le foie des Gallinacés.* Note de MM. **Paul Boulanger** et **Roger Osteux**, présentée par M. Maurice Javillier.

Le foie du Dindon contient une L-diaminoacide-déshydrogénase qui catalyse très activement la désamination oxydative des acides diaminés, en particulier de la L-lysine; une molécule d'ammoniaque est libérée et une demi-molécule d'oxygène consommée par molécule d'aminoacide, mais la formation d'acide carbonylé n'a pu jusqu'à présent être décelée et une cyclisation du produit de désamination est envisagée.

Au cours d'une étude comparative de la spécificité de la D-acidamino-

déshydrogénase hépatique et rénale chez les Vertébrés, Boulanger et Ducourouble (¹) ont observé que l'extrait de poudre acétonique de foie de Dindon (et, à un moindre degré, de foie de Poule) est très actif vis-à-vis de la D.L-lysine. Ce comportement inattendu a retenu notre attention et nous avons voulu préciser les modalités de la réaction.

L'extrait enzymatique est préparé de la façon suivante. Le foie, prélevé sur l'animal aussitôt après la mort, est homogénéisé au broyeur à couteaux en présence de 6 fois son poids d'acétone glacée; l'opération est répétée 3 fois et la poudre est enfin traitée à deux reprises par 6 fois son poids d'éther sulfurique; après essorage, l'éther restant est chassé à froid sous pression réduite et la poudre ainsi dégraissée et déshydratée est conservée à + 4° en flacons hermétiquement bouchés. Avant chaque expérience, 4 g de poudre sont mis en suspension dans 16 ml de solution-tampon de pyrophosphate de sodium M/30 de pH 8,2; on laisse en contact 20 mn en agitant fréquemment, puis on centrifuge et l'on recueille le liquide coloré surnageant que l'on utilise à raison de 1 ml par fiole de Warburg.

Nous avons tout d'abord comparé l'action de l'extrait sur de la D-lysine et de la L-lysine pures et nous avons constaté que l'*isomère* L *était seul désaminé.*

Nous avons ensuite expérimenté sur une série d'acides aminés appartenant aux différents groupes. L'essentiel de nos résultats est reproduit dans le tableau ci-dessous et les courbes ci-contre.

	L-lysine.	L-arginine.	L-ornithine.	L-histidine.	L-phénylalanine.
Oxygène consommé....	5,4	5,1	4,2	4,1	4,1
Ammoniaque formée...	11,3	11,4	10,3	8,9	7,9
Rapport $\frac{\mu M\ NH_3}{\mu M\ O_2}$......	2,1	2,2	2,4	2,2	1,9

Les résultats sont exprimés en micromolécules. Chaque fiole contient 10 μM de substrat. Temps d'action : 60 mn à 37,5°C et à pH 8,2. Les chiffres théoriques pour la désamination oxydative d'*une seule* fonction aminée sont : 5 μM d'oxygène et 10 μM d'ammoniaque.

Nos constatations peuvent se résumer ainsi :

1° La préparation enzymatique a vis-à-vis de la L-lysine *une très grande activité*, comparable à celle que manifeste la D-acidaminodéshydrogénase envers la D-alanine; cette particularité mérite d'être soulignée, car la désamination de la L-lysine en acide α-aminoadipique par les homogénats de foie de Cobaye, la seule que l'on connaisse jusqu'à présent dans l'organisme animal, est au contraire très lente et très limitée;

2° La désamination porte sur les acides aminés bibasiques : L-lysine, L-arginine, L-ornithine, L-histidine, et sur les acides aminés aromatiques, à l'exclusion de tous les autres amino-acides et les diamines;

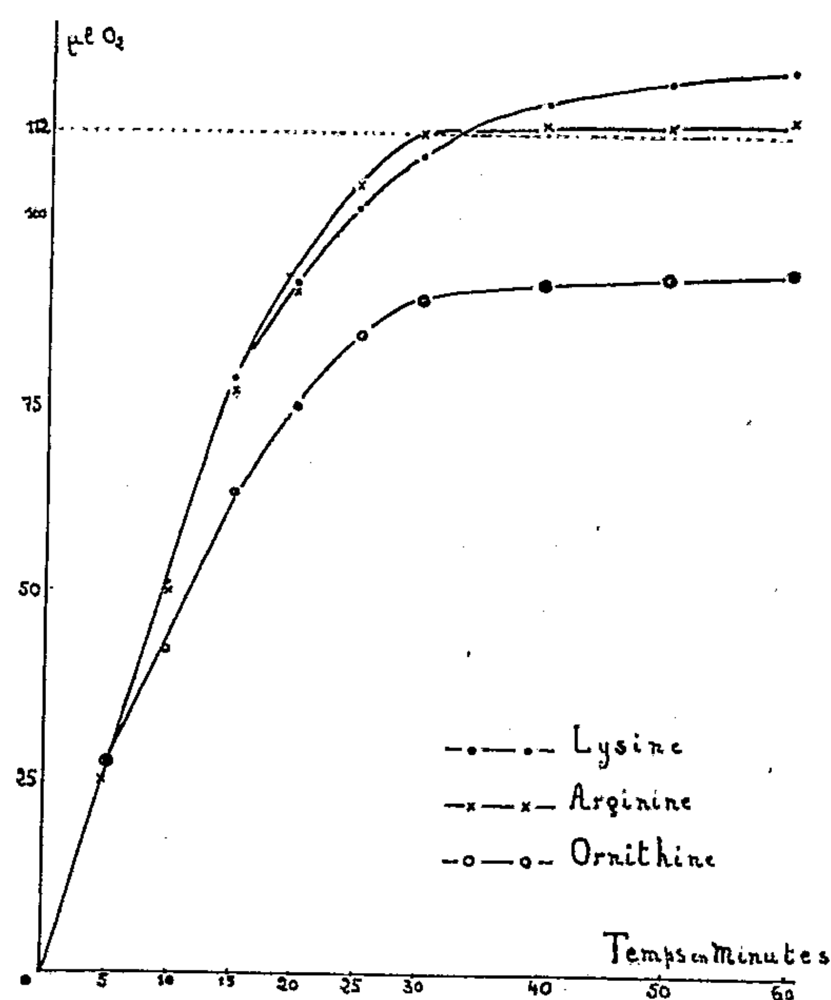
3° Il s'agit d'une désamination oxydative apparemment du type classique :

(¹) *C. R. Soc. Biol.*, 143, 1949, p. 1204.

pour une molécule d'amino-acide, il y a libération d'une molécule d'ammoniaque et consommation d'une demi-molécule d'oxygène;

4° Mais dans le cas des acides diaminés, l'histidine exceptée, nous n'avons pu jusqu'à présent mettre en évidence la formation d'acides cétoniques (ou plus généralement d'acides carbonylés);

5° Le mélange réactionnel contenant le produit de désamination de la lysine a été soumis à la chromatographie de partage sur papier en deux dimensions (système solvant : butanol/acide acétique et phénol/NH_3 3 %) : après révélation



à la ninhydrine, la lysine a pratiquement disparu et l'on n'observe ni tache nouvelle ni renforcement de tache pré-existante; les zones de l'acide α-aminoadipique et de l'acide γ-aminovalérique, notamment, ne présentent pas la moindre coloration à la ninhydrine.

Il semble que la lysine ait été transformée en un composé ne donnant pas les réactions des cétones ou des aldéhydes et ne réagissant pas avec la ninhydrine : ces faits pourraient s'expliquer par une cyclisation de la lysine en acide tétrahydro-α-picolinique; la découverte récente (2) de l'acide pipécolinique dans des produits naturels végétaux constitue un argument en faveur de cette hypothèse.

(2) R. I. Morrisson, *Bioch. J.*, 50, 1952, p. 14. G. Biserte et R. Scriban ont identifié cet acide dans la fraction amino-acide de l'orge (résultats non publiés) et nous l'avons nous-même mis en évidence dans la fraction correspondante du foie de Dindon.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Le paludisme des pigeons de Tunisie* (Hæmoproteus columbæ), *traitement par le diéthylamino-4′ méthyl-1′ butylamino-4 chloro-7 quinoléine*. Note de MM. **Paul Durand** et **Maurice Mathis**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'examen d'une centaine de pigeons à Tunis a montré qu'une très forte proportion d'entre-eux est parasitée par *Hæmoproteus columbæ*; l'infection se maintient constante au cours de l'année. Le diétylamino- 4′ méthyl-1′ butylamino-4 chloro-7 quinoléine dont le pigeon supporte des doses « colossales » fait disparaître le protozoaire sanguin.

La découverte chez le Pigeon par Danilewsky d'un protozoaire sanguicole voisin du parasite du paludisme humain avait suscité de grands espoirs; en 1898, A. Laveran notait : « ... *j'espérais qu'on allait pouvoir instituer des expériences, bien difficiles à faire sur l'Homme, qu'on découvrirait comment se fait l'infection chez les oiseaux et qu'on arriverait ainsi à résoudre la question du mode d'infection dans le paludisme. On va voir que cet espoir a été déçu et que la question du mode d'infection est aussi obscure, sinon plus, que dans le paludisme* ». En 1907 ([1]), les frères Sergent faisaient connaître l'hôte intermédiaire encore mystérieux, le diptère pupipare : *Lynchia maura*. En 1924, à Alger même, Helen Adie fixait le cycle dans ses moindres détails ([2]). On pouvait espérer à ce moment voir utiliser le pigeon dans l'étude des antipaludiques, malheureusement son parasite résiste à l'action de la quinine (A. Laveran, Ed. et Et. Sergent). En 1939, l'un de nous en collaboration avec Mme Villain ([3]) faisait quelques essais avec les dérivés sulfamidés, mais également sans succès.

Il restait à élucider deux questions : les pigeons parasités sont rares en Europe, dans quelles proportions le sont-ils en Tunisie? Le parasite résiste-t-il aux nouveaux antipaludiques de synthèse?

Enquête épidémiologique. — En 1939, l'un de nous ([3]) avait très facilement trouvé à Tunis des pigeons parasités, mais il n'avait pas cherché à mesurer la fréquence de l'infection. Voici les résultats de notre enquête au cours de ces deux dernières années :

a. Pigeons de la Ville : 20 oiseaux examinés, 19 parasités, 95 % ;

b. Pigeons domestiques, en complète captivité dans un colombier familial, 20 oiseaux examinés, 10 parasités (très fortement), soit 50 % ;

c. Pigeons-voyageurs : A. Colombier militaire : 56 oiseaux pris au hasard, 34 parasités soit 60,7 % ; B. Colombier de l'Institut Pasteur : tous les oiseaux (une quarantaine) sont parasités. Il est vrai qu'on avait laissé évoluer massivement les *Lynchia maura*.

([1]) *Ann. Inst. Pasteur*, 1907, p. 250-280.
([2]) *Bull. Soc. Path. Exot.*, 1924, p. 605-614.
([3]) *Arch. Inst. Pasteur de Tunis*, 1939, p. 94.

Traitement par le diéthylamino-4′ méthyl-1′ butylamino-4 chloro-7 quinoléine. 1° Première série (4 octobre 1951). 4 pigeons traités pendant 11 jours; chacun absorbe « *per os* » 2 cm³ d'une solution contenant 1 cg du produit par centimètre cube (¹). A partir du 8ᵉ jour, 2 pigeons deviennent négatifs; le 16ᵉ jour, il ne reste qu'un pigeon positif. Au bout d'un mois et demi les parasites deviennent très rares chez cet animal positif; mais le 17 décembre, les parasites (formes jeunes) réapparaissent chez les 4 pigeons.

2° Deuxième et troisième séries (15 et 23 octobre 1951). Nous augmentons les doses du produit à un niveau un peu plus élevé que celles qui auraient correspondu à un traitement sur la Souris ou l'Homme. L'action est indéniable quoique relativement tardive. Un couple ayant eu des jeunes pendant l'expérience et s'étant comporté normalement, nous avons décidé d'agir plus énergiquement.

3° Quatrième série (2 février 1952), 10 pigeons absorbent « *per os* », une dose unique de 0,30 g du produit; dès le 5ᵉ jour, 8 pigeons sont négatifs, les 2 autres ne présentent que des parasites extrêmement rares. Le 9ᵉ jour, un seul pigeon reste positif et le 17ᵉ jour, tous sont négatifs. Mais à partir du 23ᵉ jour, des formes jeunes apparaissent chez 4 oiseaux. Nous les traitons de nouveau avec une dose unique, de 0,20 g. Le 4ᵉ jour, un seul pigeon est positif. Le 7ᵉ jour les 9 pigeons restants (l'un deux a été tué par ses congénères) sont tous négatifs. Les examens pratiqués systématiquement les 15ᵉ, 20ᵉ et 27ᵉ jours resteront tous négatifs. Ce résultat est remarquable quand on connaît la résistance de l'*Hæmoproteus* dans les organes profonds.

Doses léthales pour le pigeon. — Des essais en cours, il résulte que pour un pigeon de 350 g, la dose de 1,5 g et 2 g répétée deux jours de suite est léthale.

En résumé, le diéthylamino-4′ méthyl-1′ butylamino-4 chloro-7 quinoléine administré « *per os* » a une action immédiate sur l'*Hæmoproteus columbæ*; il le fait disparaître en quelques jours de la circulation sanguine. Cette action est d'autant plus rapide que les doses du produit sont plus élevées; les doses utilisées jusqu'à présent, considérables, si on les rapporte à celles normalement prescrites en thérapeutique humaine, sont encore très petites par rapport à celles que peut supporter le pigeon. Cet antimalarique de synthèse est le premier produit qui ait une action immédiate et certaine sur l'infection à *Hæmoproteus* du pigeon.

(¹) *Actualités pharmacologiques*, 2ᵉ série 1950, p. 73, Masson, Paris. Ce produit a été étudié en tant que gaméticide par Ph. Decourt et J. Schneider, il est connu sous le nom de nivaquine.

La séance est levée à 16 h 15 mn.

R. C.

ERRATA

(*Comptes rendus* du 4 février 1952.)

Note présentée le même jour, de Mlle *Paulette Berthier*, MM. *Clément Courty* et *Jean Gauthier*, Sur le paramagnétisme du chlorure cuivrique en solution aqueuse :

Page 604, 9e ligne en remontant, *au lieu de* 19_0C, *lire* 19°C.
» 605, dernière ligne, 4e colonne, *au lieu de* 0,0990, *lire* 0,0090.
» 606, 4e ligne, *au lieu de* donné, *lire* donnés.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE FÉVRIER 1952 (*suite et fin*).

The Eruption of Hekla 1947-1948, edited by T. EINARSSON, G. KJARTANSSON, S. BORARINSSON, published *The Museum of natural history*, Reykjavik. II. 4. *Water flood and Mud Flows*, by GUOMUNDUR KJARTANSSON. V. 2. *Studies of the mechanism of explosive activity in the Hekla eruption*, by TRAUSTI EINARSSON. Reykjavik, 1951 ; 2 fasc. 26 cm.

Contribution à l'étude de la biologie du pin d'Alep (Pinus Halepensis *Miller*). **13.** *La pinède du château de Boissières* [feuille B_1 de la commune de Boissières (Gard)]. 13 *bis*. *La pinède de Fontfroide* [feuille C_2 de la commune de Saint-Clément (Hérault)]; 1 fasc. 32 cm.

P² — *Carte des terres d'une partie de la commune de Bellegarde* (*Gard*), dressée par CABOUAT (échelle 1/10 000e); 1 feuillet 32 cm.

A. *Cartographie parcellaire appliquée à l'apiculture*, par PAUL RENAUD ; 1 feuillet 32 cm.

A[1] — *Exemple de formation de pâturage mellifère,* par PAUL RENAUD; 1 feuillet 32 cm.

A[2] — *Le romarin* (Contribution à l'étude de sa valeur apicole, sa biologie, sa place dans la garrigue de l'Hérault); 1 feuillet 32 cm.

L'étirement des roches et la schistosité, par PAUL FOURMARIER. Extrait du *Bulletin de la Société géologique de France*. Cinquième série. T. XIX, 1949; 1 fasc. 25 cm.

Annales de la Société géologique de Belgique. T. LXXIII, 1949-1950 : *Compte rendu de la session extraordinaire de la Société géologique de Belgique et de la Société belge de géologie, de paléontologie et d'hydrologie, tenue à Liége, Theux et Spa du 15 au 18 septembre* 1950, par PAUL FOURMARIER. T. LXXIV, 1951 : *Remarques au sujet des charriages dans le pays de Liége, et L'influence des déplacements relatifs dans la production de la schistosité*, par PAUL FOURMARIER. T. LXXV, 1951 : *Remarques sur les variations de faciès du Dévonien moyen entre l'Amblène et les Forges* (*Louveigné*), par PAUL FOURMARIER; 4 fasc. 24,5 cm.

La schistosité dans les terrains de bordure externe des Alpes entre l'Ubaye et la Méditerranée, par PAUL FOURMARIER. Extrait du *Bulletin de la Société d'histoire naturelle de Toulouse*. T. LXXXV, 1950; 1 feuillet 25 cm.

Académie royale de Belgique. Bulletin de la classe des sciences. Cinquième série T. XXXVI, 1950 : *Les séismes dans la province de Hainaut de* 1900 *à* 1949. T. XXXVII, 1951 : *L'âge de la schistosité du cambrien du massif de Stavelot*, par PAUL FOURMARIER. Bruxelles, Palais des Académies; 2 fasc. 25 cm.

Schistosité, foliation et microplissement, par PAUL FOURMARIER, in *Archives des sciences*. Vol. IV. Fasc. 1, 1951; 1 fasc. 23 cm.

Réflexions à propos de la géologie de l'antarctide. (Lecture faite à la séance plénière de l'Institut royal colonial belge, le 24 octobre 1951), par PAUL FOURMARIER. Extrait du *Bulletin de l'Institut royal colonial belge*. T. XXII. Fasc. 4, 1951. Gembloux, J. Duculot, 1951; 1 fasc. 24,5 cm.

Efforts verticaux et efforts tangentiels dans l'évolution de la croûte superficielle du globe, par PAUL FOURMARIER. Extrait du *Ciel et Terre, de la Société belge d'astronomie de météorologie et de physique du globe*. LXVII[e] année, n[os] 5-6 et 7-8, 1951. Bruxelles, L'Avenir, 1951; 1 fasc. 24 cm.

Considérations géologiques au sujet du plateau de la Baraque-Michel. Conférence faite à la Société Les amis du musée Léon Frédéricq, le 18 janvier 1951, par PAUL FOURMARIER. Extrait de *Natura Mosana*. Vol. IV, n° 1, 1951. Liége, Les Presses de Lejeunia ; 1 fasc. 25,5 cm.

Catalogue of photographs and slides from the Mount Wilson and Polomar observatories 1951. Pasadena, California Institute of technology Bookstore; 1 fasc. 22,5 cm.

Contribution à l'étude de la symbiose bactérienne chez les Légumineuses, par ALBERT DEMOLON. Extrait de la *Revue générale de botanique*. T. LVIII, 1951. Paris, Librairie générale de l'Enseignement, 1952; 1 vol. 25 cm.

Encyclopédie biologique. XLII. *Flore des lichens de France et de Grande-Bretagne*, par M. GUILLAUMOT. Paris, Paul Lechevalier, 1951; 1 vol. 25 cm (présenté par M. R. Heim).

Mémorial des sciences mathématiques. Fasc. CXVIII. *Sur quelques propriétés des valeurs caractéristiques des matrices carrées*, par MAURICE PARODI. Paris, Gauthier-Villars, 1952; 1 fasc. 25 cm (présenté par M. H. Villat).

Études sur les scorpions, par MAX VACHON. Préface de LOUIS FAGE., Alger Institut Pasteur d'Algérie, 1952; 1 vol. 23,5 cm (présenté par M. L. Fage).

Röntgendiffractie ten dienste van het material onderzoek, door A. J. VAN BERGEN en C. A. A. VAN DER WONDE. Overdruk uit het M.I.A.I., nos 4-5, 1951; 1 fasc. 24 cm.

The Dominion astrophysical observatory Victoria B. C. Ottawa, Edmond Cloutier, 1951; 1 fasc. 23 cm.

The solution of the Riemann hypothesis, by H. M. E. Sturm. Den Haag, Firma A. Sijthoff, 1952; 1 fasc. 24,5 cm.

Ministry of communications. Meteorological and geophysical service. Djakarta, Indonesia, *Meteorological data of Indonesian aerodromes* 1949, by F. H. SCHMIDT; 1 fasc. 32 cm.

Supplied for the public service. *Catalogue of* 20.554 *faint stars in the Cap astrographic zone* — 40° *to* — 52° *for the equinox of* 1900.0 *giving positions, precessions, proper motions and photographic magnitudes derived from photographs taken at the Royal Observatory, cape of good Hope*, under the directions of H. SPENCER JONES, J. JACKSON. London published by HIS MAJESTY'S STATIONERY OFFICE, 1939; 1 vol. 31 cm.

Cours de Mécanique théorique et appliquée, à l'usage des ingénieurs et des étudiants de Facultés, par HENRI BEGHIN. Préface du Général BRISAC. T. I (professé à l'École polytechnique). 1952. T. II, 1951. Paris, Gauthier-Villars; 2 vol. 27 cm.

Sciences d'aujourd'hui. Collection dirigée par ANDRÉ GEORGE. *Atomes, spectres, matière*, par YVETTE CAUCHOIS. Préface de JEAN CABANNES. Paris, Albin Michel, 1952; 1 vol. 19 cm.

Que sais-je? Le point des connaissances actuelles, 508. *L'Astrologie*, par PAUL COUDERC. Paris, Presses universitaires de France, 1951.

Annuaire astronomique et météorologique Camille Flammarion pour 1952, publié par l'Observatoire de Juvisy. Quatre-vingt-huitième année. Paris, Flammarion, 1952; 1 vol. 18 cm.

Istituto superiore di Sanita. Fondazione Emanuele Paterno. *Disegni anatomici di Antonio Canova*, par MASSIMO PANTALEONI. Rome, M. Danesi, 1949; 1 vol. no 479, 47,5 cm.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 31 MARS 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Gustavo Colonnetti** et **Corneille Heymans**, Correspondants de l'Académie, qui assistent à la séance.

M. **Arnaud Denjoy** s'exprime ainsi :

Les 6, 7 et 8 mars derniers s'est tenue à Rome l'Assemblée générale constitutive de l'Union internationale de Mathématiques. L'Académie avait préalablement désigné les quatre délégués auxquels la France avait droit : MM. Borel, Montel et moi-même, membres de notre Compagnie, et M. Henri Cartan; comme suppléants, notre confrère M. Pérès et MM. Brelot, Châtelet. MM. Borel et Montel ont été empêchés de se rendre à cette session. Seize nations avaient déjà donné leur adhésion et les candidatures de quatre autres étaient posées. Seule des nations de l'Europe occidentale, la Suède était encore hésitante. La Pologne avait envoyé deux observateurs.

Nous avons eu la grande satisfaction de voir l'Assemblée, sur la proposition du Professeur Bompiani, chef de la délégation italienne et désormais secrétaire général de l'Union, appuyé par les interventions favorables des représentants de la Belgique, de la Finlande et aussi grâce à l'attitude libérale du Professeur Stone, chef de la délégation américaine, ultérieurement élu Président de l'Union, décider que le texte des statuts, primitivement élaborés en langue anglaise, serait transcrit en français, les deux rédactions faisant également foi. Ainsi s'est trouvé suivi, pour les Mathématiques, un usage à peu près constamment adopté par les autres Unions scientifiques.

La première vice-présidence a été attribuée à la France en la personne de M. Émile Borel, également chargé de représenter l'Union au Conseil international des Unions scientifiques (I. C. S. U.). Le Bureau s'est complété

par l'élection d'un vice-Président, M. Kamke (Allemagne) et de trois membres : MM. Yanaga (Japon), Jessen (Danemark) et Hodge (Grande-Bretagne).

Les dispositions de caractère temporaire prises par cette Assemblée vaudront jusqu'à la suivante, prévue pour 1954, à Amsterdam, en concordance avec le Congrès international des mathématiciens.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Floraisons automno-hivernales et préprintanières au Maroc de novembre* 1951 *jusqu'au* 15 *février* 1952. Note de M. **Auguste Chevalier**.

Lorsque j'entrepris mon voyage au Maroc en octobre 1951 avec l'espoir d'y passer les mois d'automne et d'hiver jusqu'au début du printemps et de pouvoir y faire encore des recherches botaniques, il me fut indiqué que je choisissais un bien mauvais moment. Il n'est pas douteux, d'après ce que nous savons des explorations botaniques antérieures, que la saison la plus propice pour ces recherches au Maroc est le printemps, qui est généralement splendide en Afrique du Nord grâce à ses journées ensoleillées et aux belles floraisons qui se succèdent.

L'été au Maroc, surtout dans les montagnes de l'Atlas, est encore très favorable pour le botaniste. En automne et en hiver, nous n'avons pas été déçu. Dans ces saisons, il survient des jours de pluie, parfois des vents violents de sable, de temps en temps des ciels couverts, mais on y voit aussi assez souvent de belles journées ensoleillées et même, par endroits, des températures supérieures à 30° dans les lieux non ombragés. Dans ces stations, même à 2 000 m d'altitude dans le Grand Atlas, nous avons observé de nombreuses floraisons imprévues au mois de décembre et tout à côté le sol et les rochers abrités étaient souvent couverts de neige et les plantes étaient à l'état de repos. Il existe au Maroc français, pays compris entre 35° de latitude Nord (aux environs de Port-Lyautey), 32° à Marrakech, 29°,40 près de Tiznit dans le Sous, 27° à Smara, au Sud du Draa, une foule de microclimats. Les latitudes sont à 13° ou à 20° au Sud de celle de la région de Bretagne et de Paris et ne suffisent pas à expliquer les variations aussi grandes que celles que nous avons observées dans la floraison. A Rabat, par exemple, on trouvait, dans les jardins dès novembre, en fleurs, des Violettes, des Pervenches et au bord des chemins des Véroniques, des *Fumaria*, des *Raphanus*, des *Diplotaxis*.

Nous résolûmes de recueillir toutes les plantes rencontrées en fleurs au cours de notre voyage qui dura 4 mois et demi. Avant de quitter Rabat, nous soumîmes l'herbier rassemblé à M. Ch. Sauvage, Chef du Service botanique de l'Institut scientifique chérifien. Grâce à son obligeance et à

sa compétence, nos récoltes furent aussitôt nommées. Au cours de ce voyage, nous avons pu recueillir, en fleurs, pendant l'hiver, environ 350 à 380 espèces spontanées, soit le dixième de la flore des Spermatophytes du Maroc énumérés dans le Catalogue de Maire et de Jahandiez. Ce chiffre est considérable. Il est dû certainement à des microclimats nombreux et ensoleillés presque constamment sur les versants exposés au soleil toute la journée, sur les rochers nommés *sokrats* où sont des stations thermophiles. Les journées ensoleillées sont souvent coupées en montagne par des pluies orageuses qui activent aussi la végétation. Ci-après, nous énumérons les plantes les plus remarquables observées en fleurs du début de novembre à la fin de février. Il en est d'abord un grand nombre qui fleurissent normalement tous les ans en plein hiver :

I. *Plantes à bulbe.* — De nombreuses espèces de *Narcisses*, de *Scilla*, des *Colchicacées*, des *Urginea* et des *Dipcadi*, des *Gagea*, l'*Allium album*, des *Romulea*, enfin l'*Androcymbrium punctatum* et le *Merindera filifolia*, dont les belles fleurs s'épanouissent au ras du sol en plein hiver. C'est aussi l'époque de floraison de deux Renonculacées : *Ranunculus bullatus* et *Anemone palmata.*

II. *Arbres et arbustes.* — L'hiver est l'époque de la floraison d'une grande partie des arbres, arbustes et lianes du Maroc, dans la plaine et même dans l'Atlas. A cette époque, on trouve, en fleurs, dans la montagne, le Cèdre de l'Atlantique, les Genévriers, les Pins, le *Callitris articulata.* Nous avons trouvé dans la forêt de Boulhaut en février des Chênes-lièges chargés de chatons mâles épanouis. En novembre, on voyait encore en fleurs quelques plants de la Sapotacée du Sud-Ouest du Maroc, l'Arganier; en décembre, il portait déjà des fruits allant vers la maturité. Citons comme arbustes qui fleurissent en décembre : l'Arbousier, le *Retama monosperma*, le *Randonia africana*, un lierre spécial de l'Atlas qui grimpe sur les cèdres, voisin de *Hedera himalaica* et qui était en pleine floraison en décembre, des lianes ou plantes sarmenteuses comme *Ephedra altissima*, *Launea arborescens*, *Clematis cirrhosa*, *Periploca lævigata*, des plantes herbacées remarquables : des *Thymus* et des *Lavandes.*

Parmi les arbustes d'hiver à feuilles persistantes, citons : *Pistacia lentiscus*, *P. terebinthus*, *P. atlantica*, *P. albida*, *Rhamnus alaternus* qui fleurit en décembre-janvier jusqu'à 2 500 m; des plantes ornementales : des Cistes, des Résada, le beau *Teucrium fruticans*, plusieurs espèces de Sauges.

Diverses plantes introduites au Maroc méritent aussi de retenir l'attention, notamment des Composées, puis les *Acacia* et les *Eucalyptus*, le *Schinus molle*, le *Leucæna glauca*, le *Plumbago capensis*, le *Pyrostegia ignea*, le *Montagnaea hieracifolia.* Citons aussi le Lilas de France : nous avons vu

à Marchand un pied qui portait des fleurs le 24 décembre et le *Rosier de Damas* qui fleurit au Maroc en avril et portait des fleurs en février dans un jardin très exposé au soleil à Meknès.

III. *Quelques plantes remarquables fleurissant en hiver.* — On n'a que l'embarras du choix. D'abord des plantes charnues vivant sur le littoral de Mogador à Agadir : *Euphorbia Regis-jubæ* Webb (le seul *Euphorbia cactiforme* en fleurs en hiver), plusieurs *Caralluma*, une plante de la zone de l'Arganier *Senecio anteuphorbium*, enfin, dans les Crassulacées : *Sempervivum arboreum*, *Tillæa muscosa* et quelques *Sedum*. Les Spermatophytes parasites attirent aussi l'attention : *Arceuthobium oxycedri* M. Biéb. parasite sur *Juniperus oxycedri* entre 1000 et 2 400 m était encore en fleurs le 3 décembre comme nous l'avons constaté dans l'Atlas. Le *Thesium humile*, qui vit dans les forêts de *Callitris* commence à fleurir dès février, le palmier *Chamærops* est, par endroits, en fleurs dès décembre.

IV. *Plantes printanières de France vivant au Maroc.* — Beaucoup de plantes ubiquistes ou rudérales qui ne fleurissent en France qu'au début du printemps sont en fleurs au Maroc dès décembre ou janvier; citons : *Capsella bursapastoris*, *Poa annua*, *Trifolium album*, *Lamium amplexicaule*, *Veronica agrestis*, *Verbena officinalis*, *Fumaria agraria*, *Viola tricolor*, *Cardamine hirsuta*, *Hutchinsia petræa*, *Stellaria media*, *Cerastium glomeratum*, *Spergula arvensis*, *Corrigiola littoralis*, *Montia rivularis*, *Alyssum maritimum*, *Amarantus* divers, *Stachys arvensis* etc.

Nous avons récolté au Jardin de Chella à Rabat, le 17 février en fleurs bien épanouies le *Rubus rusticanus* qui ne fleurit qu'en juillet en France et une ombellifère naturalisée chez nous dans l'Ouest, le *Smyrnium olusatrum* (en fleurs seulement en mai-juin à Paris).

V. *Graminées végétant en hiver.* — Un assez grand nombre de Graminées marocaines sont en végétation en plein hiver et constituent un grand appoint pour la nourriture du bétail dans les terrains de parcours. Celles que nous avons observées en fleurs en décembre-janvier sont : *Cynodon dactylon*, *Hyparrhenia hirta*, *Cenchrus ciliaris*, plusieurs *Pennisetum* exotiques, *Rynchelytrum teneriffæ*, *Paspalum distichum* (introduit), puis des herbes naines qui jouent un certain rôle dans les pâturages en hiver : *Poa infima* H. B. K., *Poa dimorphantha* Maire, *Mibora maroccana* Maire, *Brachiaria eruciformis* (rare), *Ammochloa involucrata*, *Lamarckia aurea*; enfin, *Tricholæna teneriffæ*, *T. repens*, *T. maroccana*, *Agrostis semiverticillata*, *Schismus barbatus*.

Il n'y a pas de doute que la plupart de ces Graminées sont broutées par les moutons et les chèvres en hiver. Par contre, peu de Légumineuses fourragères fleurissent en décembre et janvier. Les Luzernes : *Onabrychis*, *Vicia*, *Astragalus*, *Trifolium*, *Ononis*, *Lupinus* entrent seulement en végétation fin décembre et ne fleurissent qu'en février ou mars.

VI. *La végétation en hiver, en février et début de mars, les mauvaises herbes et l'épiaison des céréales.* — Dès janvier et surtout février se montrent en fleurs, dans les champs cultivés, une foule de mauvaises herbes. Les champs prennent une teinte jaune : grâce aux floraisons de *Calendula*, *Diplotaxis*, *Brassica*, *Erysimum*, *Raphanus raphanistrum*, *Erysimum*, ou blanche : *Alyssum*, *Alsine*, *Cerastium*. *Spergula*, ou rose, rouge et violet : *Lychnis*, *Fedia*, etc., ou violet : *Nigella*, *Delphinium*. Les Coquelicots rouges apparaissent dans les moissons au début de mars.

Les Céréales : Seigle, Orge, Blés dur et tendre commencent à épier au Maroc au début de mars. A Mazagan, le Seigle et l'Orge étaient déjà en épis le 4 mars, on voyait, dans les champs de Blé, quelques pieds seulement épars à travers les lots, portant des épis. La moisson de ces céréales doit avoir lieu en avril. Au début de mars également, les vignes commencent à débourrer; les Citrus ne sont pas encore en fleurs. Dès le milieu de février, le *Pirus mamorensis* Trabut, très voisin de nos Poiriers à poiré de Basse-Normandie, était couvert de ses belles fleurs blanches dans la forêt de Mamora.

M. **Louis Fage** fait hommage d'un Ouvrage de M. **Félix Trombe** intitulé : *Traité de spéléologie*, dont il a écrit la *Préface*.

Les Ouvrages suivants sont présentés :

par M. **André Danjon** : *Les Planètes*, par Georges Bruhat et Evry Schatzman.

par M. **Louis Hackspill** : *Cours de Chimie industrielle*, 2e édition. Tome I. *Généralités. Les Combustibles*, par Georges Dupont. Tome II. *Les industries minérales*, par Georges Dupont et René Lombard.

DÉSIGNATIONS.

M. **Jules Haag** est désigné pour représenter l'Académie aux Cérémonies qui auront lieu les 7 et 8 juin 1952 à Besançon, pour commémorer le deux-centième anniversaire de la fondation de l'**Académie des sciences, Belles-lettres et arts** de cette Ville.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Howard C. Rice, Jr. *Jefferson's gift of fossils to the Museum of Natura History in Paris.*

2° Association des Services géologiques africains. Sous-Commission du Congrès géologique international. *Compléments à la Bibliographie géologique de l'Afrique Centrale publiée en* 1937. *Congo belge. Période* 1945-1949. *Addenda et errata aux éditions de* 1937 *et* 1948, par A. Jamotte.

ALGÈBRE. — *Sur les groupes ordonnés,* II. Note de M. **Tadashi Michiura**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

L'auteur obtient une représentation isomorphe du groupe additif ordonné fortement archimédien et suffisamment caractérisé.

Dans une Note antérieure ([1]), l'auteur a remarqué qu'un groupe additif ordonné ayant des éléments archimédiens est homomorphe à un sous-groupe du groupe additif ordonné de toutes les fonctions continues sur un espace de Hausdorff (ou, ce qui revient au même, à un sous-groupe du produit cardinal $R^{\aleph}$, où R est le groupe additif totalement ordonné des réels et $\aleph$ est un nombre cardinal quelconque). Dans la partie présente, nous énoncerons qu'on peut obtenir, par la même manière, une représentation isomorphe du groupe additif ordonné qui est fortement archimédien et possédant la propriété que $na \geqq 0$ pour quelque entier positif n entraîne $a \geqq 0$.

Soit G un groupe additif ordonné (« partially ordered additive group ») par une relation d'ordre partiel qu'on écrit $x \leqq y$; c'est-à-dire un groupe additif possédant les propriétés suivantes : 1° G est un ensemble ordonné par l'ordre partiel $\leqq$; 2° la relation $x \leqq y$ entre éléments de G entraîne, pour tout $z \in G$, la relation $x + z \leqq y + z$. Un groupe additif est toujours un groupe additif ordonné dans lequel zéro est un seul élément positif; un tel groupe est dit groupe additif trivialement ordonné. Sauf mention expresse du contraire, nous supposerons toujours désormais, quand nous parlerons d'un groupe additif ordonné, qu'il n'est pas trivialement ordonné.

Un élément $x \geqq 0$ de G est dit élément archimédien si, quel que soit $y \in G$, il existe un entier positif n tel que $y \leqq nx$. Un élément $x \geqq 0$ sans cette propriété est dit élément non archimédien. On dit que G est fortement archimédien lorque tout élément $x > 0$ de G est un élément archimédien.

On appelle idéal de G un sous-groupe H de G possédant la propriété que $h_1 \leqq h \leqq h_2$ et h_1, $h_2 \in G$ entraînent $h \in G$. Évidemment G lui-même et le

---

([1]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1403.

sous-groupe réduit à un seul élément zéro sont des idéaux de G; ils sont appelés idéaux impropres. Tous autres idéaux sont appelés propres. On dit que G est simple s'il n'existe aucun idéal propre de G. Si a est un élément non archimédien, l'ensemble $A = \{x \mid ma \leq x \leq na$ pour quelques entiers $m, n\}$ est un idéal propre de G. On peut donc dire que tout groupe additif ordonné et simple est fortement archimédien. Réciproquement, soit G un groupe additif ordonné et fortement archimédien, et soit H un idéal propre de G; H doit être un sous-groupe de G dans lequel zéro est un seul élément positif, puisque tout idéal propre ne contient aucun élément archimédien. Un tel idéal propre d'un groupe additif ordonné est dit idéal trivialement ordonné.

On appelle idéal maximal d'un groupe additif ordonné G un idéal propre de G tel qu'il n'est contenu dans aucun autre idéal propre de G. Si M est un idéal maximal de G, le groupe quotient G/M est un groupe additif ordonné et simple, dans lequel la relation d'ordre se définit de la façon suivante :

$F \geq M \leftrightarrow F$ contient un élément positif de G, où F est un ensemble quotient de M ([2]). Nous avons énoncé dans la Note précédente que le groupe quotient G/M est quasi-isomorphe à un sous-groupe du groupe additif totalement ordonné des réels. Ce résultat peut se généraliser par le théorème suivant :

THÉORÈME 1. — *Si un groupe additif ordonné* G *est simple,* G *est quasi isomorphe à un sous-groupe du groupe additif totalement ordonné* R *des réels; autrement dit, il existe un groupe-isomorphisme* τ *de* G *dans* R *tel que* $x \geq 0$ *entraîne* $\tau(x) \geq 0$.

Démonstration. — Si $na = 0$ pour un élément $\alpha \in G$ et un entier positif n, le sous-groupe cyclique fini $A = \{ka \mid k = 1, 2, \ldots, n\}$ de G est un idéal trivialement ordonné de G; comme G est simple, on a $G = A$, contrairement à l'hypothèse à laquelle G n'est pas trivialement ordonné. Donc tout élément de G est d'ordre infini. D'après un résultat de M. C. J. Everett ([3]), le prolongement (qu'on écrit $x \prec y$) de l'ordre original existe, et, par ce prolongement, G est un groupe additif totalement ordonné et simple; par suite G est archimédien. Ainsi, il existe un groupe-isomorphisme τ de G dans R tel que l'application τ est croissante, ainsi que son application réciproque au prolongement ([4]). Il est clair que cette application τ est aussi croissante par rapport à l'ordre original $\geq$, puisque $x \geq 0$ entraîne $x \succ 0$.

([2]) *Cf.* KY FAN, *Ann. Math.*, 51, 1950, p. 412-432.

([3]) *Amer. J. Math.*, 72, 1950, p. 216.

([4]) *Cf.* H. CARTAN, *Bull. Sc. Math.*, 63, 1939, p. 201-205; aussi G. BIRKHOFF, *Lattice Theory* 2e édit., 1948, p. 226.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Les prolongements d'une variété différentiable. V. Covariants différentiels et prolongements d'une structure infinitésimale.* Note de M. **Charles Ehresmann**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Cette Note fait suite à cinq Notes [1] antérieures. Définition de la notion de covariant différentiel par rapport à une structure infinitésimale pure. Prolongements d'une structure infinitésimale. Les prolongements successifs d'une connexion affine sont des connexions affines générales d'ordre r.

1. Soit V_n une r-variété, $H^r(V_n)$ son prolongement principal d'ordre r, $\Pi^r(V_n)$ le groupoïde associé. Considérons deux prolongements E et $\overline{E}$ de V_n d'ordres k et $\overline{k}$, où $k \leqq r$, $\overline{k} \leqq r$. $\Pi^r(V_n)$ est un groupoïde d'opérateurs sur E et $\overline{E}$. Soit ψ une application covariante de E dans $\overline{E}$, c'est-à-dire $\psi\theta = \theta\psi$, où $\theta \in \Pi^r(V_n)$. Nous dirons que $\psi(z)$ est un *covariant différentiel* de $z \in E$. A ψ correspond une application covariante ψ_0 de F dans $\overline{F}$, fibres types de E et $\overline{E}$: $\psi_0 s = s\psi_0$, où $s \in L^r_n$.

Soit $\mathfrak{S}$ une structure infinitésimale pure définie par une section σ de E. Si $z = \sigma(x)$, où $x \in V_n$, l'élément $\psi(z)$ est un covariant différentiel de $\mathfrak{S}$ au point x; la section $\psi\sigma$ de $\overline{E}$ est un covariant différentiel de $\mathfrak{S}$.

Supposons que σ soit l fois différentiable, où $k + l = r$. Soit $\sigma'(x)$ l'élément de contact de $j^l_x\sigma$. Nous dirons que σ', prolongement d'ordre l de la section σ, définit le prolongement $\mathfrak{S}'$ d'ordre l de $\mathfrak{S}$. $\mathfrak{S}'$ est une structure infinitésimale pure d'ordre $k+l$ et ses covariants différentiels seront encore appelés covariants différentiels de $\mathfrak{S}$.

Si (f, V_p) est une r-variété plongée dans V_n, ses covariants différentiels sont ceux de ses éléments de contact.

2. A la structure infinitésimale pure $\mathfrak{S}$ est associé un groupoïde $\Pi(\mathfrak{S})$, groupoïde des automorphismes infinitésimaux de $\mathfrak{S}$. C'est un sous-groupe de $\Pi^k(V_n)$ et ses solutions sont les automorphismes locaux de $\mathfrak{S}$. Une *application covariante par rapport à* $\mathfrak{S}$ est définie par la condition $\psi\theta = \theta\psi$, où $\theta \in \Pi(\mathfrak{S})$, ψ étant une application d'un prolongement d'ordre k_1 de V_n dans un prolongement d'ordre k_2; $k_1 \leqq k$, $k_2 \leqq k$. Si $\mathfrak{S}$ est l fois différentiable, considérons le prolongement $\mathfrak{S}'$ d'ordre l de $\mathfrak{S}$ et le groupoïde associé $\Pi(\mathfrak{S}')$. Les applications covariantes par rapport à $\mathfrak{S}'$ sont encore dites covariantes par rapport à $\mathfrak{S}$ et l'on a ainsi la notion de covariant différentiel d'ordre $\leqq k + l$ par rapport à $\mathfrak{S}$.

On a surtout considéré les applications covariantes dans un *prolongement tensoriel* de V_n (prolongement du premier ordre associé à une représentation linéaire de L^1_n).

Soit $\mathfrak{S}$ une structure infinitésimale *régulière* d'ordre k sur V_n. Elle correspond

[1] *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 598, 777 et 1081 ; **234**, 1952, p. 587 et 1028.

à un sous-espace fibré $\overline{H}(V_n)$ de $H^k(V_n)$, à groupe structural G, sous-groupe de L_n^k. Un espace fibré E associé à $\overline{H}(V_n)$, correspondant à une représentation φ de G sur un groupe d'automorphismes de F, sera appelé *prolongement de* V_n *relativement à* $\mathfrak{H}$. Pour que E soit aussi un prolongement relativement à la structure de r-variété de V_n, il faut et il suffit que φ se prolonge à L_n^k. La notion d'application covariante relativement à $\mathfrak{H}$ est définie pour les prolongements relativement à $\mathfrak{H}$.

3. Le groupoïde $\Pi^k(V_n)$ est muni d'une structure de l-variété, où $r = k + l$. Les trois structures fibrées sur $\Pi^k(V_n)$, correspondant à la projection γ sur $V_n \times V_n$ et aux deux projections α et β sur V_n, sont l fois différentiables. Soit E un prolongement régulier d'ordre k de V_n, p la projection de E sur V_n. La loi de composition $(\theta, z) \to \theta z$, où $\theta \in \Pi^k(V_n)$ et $z \in E$, se prolonge à l'ensemble des couples (Θ, Z), où $\Theta \in T_p^l[\Pi^k(V_n)]$ et $Z \in T_p^l(E)$ tels que $pZ = \alpha\Theta$.

Si G *est un groupe de Lie opérant d'une manière r-fois différentiable sur* F, $T_p^k(G)$ *est un groupe opérant d'une manière l-fois différentiable sur* $T_p^k(F)$. *Le groupe* $T_p^k(G)$ *est l fois différentiable et, en général, c'est une extension non triviale de* G.

En particulier, posons $L_n^{[r]} = T_n^1(L_n^{[r-1]})$, $L_n^{[1]} = L_n^1 = L_n$. Le groupe L_n^r est canoniquement isomorphe à un sous-groupe de $L_n^{[r]}$. Posons aussi $L_n^{k,l} = T_n^l(L_n^k)$.

En supposant $l \leq k$, soit $\Pi^{k,l}(V_n)$ l'ensemble des $X \in \mathcal{J}^l[V_n, \Pi^k(V_n)]$ tels que αX soit le l-jet neutre de V_n et que βX soit le l-jet canoniquement déduit du k-jet but de X. $\Pi^{k,l}(V_n)$ est un groupoïde qui opère sur $T_p^l(E)$.

Soit $H^{k,l}(V_n)$ l'ensemble des $Y \in T_n^l[H^k(V_n)]$ tels que la projection de Y sur V_n soit la n^l-vitesse canoniquement déduite de la n^k-vitesse origine de Y. $H^r(V_n)$ s'identifie canoniquement à un sous-espace de $H^{k,l}(V_n)$, qui est l'espace fibré principal associé à $H^r(V_n)$ par élargissement de L_n^r à $L_n^{k,l}$. Le groupoïde associé à $H^{k,l}(V_n)$ est $\Pi^{k,l}(V_n)$.

Appelons *connexion affine spéciale d'ordre k* une connexion infinitésimale dans $H^k(V_n)$. C'est une structure infinitésimale régulière d'ordre $k+1$ définie ([2]) par un certain champ $\widetilde{C}$ de n^1-éléments de contact dans $\Pi^k(V_n)$. Le prolongement d'ordre 1 de cette structure est une connexion infinitésimale dans $H^{k,1}(V_n)$. Appelons *connexion affine générale d'ordre r* une connexion infinitésimale dans $H^{[r]}(V_n)$, espace fibré principal associé à $H^r(V_n)$ par élargissement de L_n^r à $L_n^{[r]}$. *Par des prolongements successifs d'une connexion affine spéciale on obtient une connexion affine générale d'ordre r;* de cette façon on n'obtient pas toutes les connexions de ce type.

([2]) Voir la définition précise dans : C. Ehresmann, *Les connexions infinitésimales* (*Colloque Topologie*, Bruxelles, 5-8 juin 1950).

Une étude générale des connexions infinitésimales d'ordre r sera faite dans un autre article.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE GLOBALE. — *Géométrie globale des espaces d'éléments linéaires à connexion euclidienne.* Note (*) de M. **André Aragnol**, présentée par M. Joseph Pérès.

Cette Note a pour but d'étendre au cas des connexions euclidiennes d'éléments linéaires la formule intégrale de Chern donnant la caractéristique d'Euler-Poincaré d'une variété plongée dans un espace de Riemann (¹).

1. *Espaces d'éléments linéaires à connexion euclidienne.* — Soit V_n une variété différentiable de dimension n, orientable, de classe ≥ 4. Nous appellerons T_{2n} l'espace des vecteurs tangents à V_n et W_{2n-1} l'espace des directions tangentes. T_{2n} est un espace fibré de base V_n, de fibre l'espace vectoriel E_n de dimension n et de groupe structural le groupe L_n des automorphismes linéaires de E_n. Soit p la projection de W_{2n-1} sur sa base V_n. Nous appellerons T_{3n-1} l'espace fibré de base W_{2n-1} de fibre E_n et de groupe structural L_n induit par l'application p. Soit $f: T_{3n-1} \rightarrow T_{2n}$ l'homomorphisme induit (²).

Soit $\sum_{i,j=1}^{n} g_{ij}\,dx_i\,dx_j$ une forme quadratique définie positive où les dx_i sont les différentielles des coordonnées locales de V_n et où les g_{ij} sont des fonctions trois fois différentiables sur W_{2n-1}. Cette métrique permet par l'intermédiaire de f de définir dans chaque fibre de T_{3n-1} une structure d'espace vectoriel euclidien. On peut alors définir de manière évidente l'espace $H(r)$ des systèmes de r vecteurs orthonormaux.

La connexion euclidienne d'éléments linéaires sera alors définie par la donnée dans $H(n)$ d'une matrice antisymétrique $\overline{\omega} = (\overline{\omega}_{ij})$ où les $\overline{\omega}_{ij}$ sont des formes différentielles sur $H(n)$ telles que, étant donné une section locale $\varphi: U \rightarrow H(n)$ définie sur un voisinage U de W_{2n-1}, si l'on désigne par ω_{ij} leur restriction à $\varphi(U)$, la transformation (1) $e_i^* = \sum_{ij} a_{ij} e_j$ où $(e_1, \ldots, e_n)$ est un repère orthonormal et (a_{ij}) une matrice orthogonale les modifie suivant les équations :

$$\omega_{ij}^* = \sum_{h} da_{ih}\,a_{jh} + \sum_{hk} a_{ih}\,\omega_{hk}\,a_{jk}.$$

Dans les mêmes conditions les formes de courbure $\overline{\Omega}_{ij} = d\overline{\omega}_{ij} - \sum_{h} \overline{\omega}_{ih} \wedge \overline{\omega}_{hj}$ se transforment par $\Omega_{ij}^* = \sum_{hk} a_{ih}\,a_{jk}\,\Omega_{hk}$.

(*) Séance du 24 mars 1952.

(¹) *Ann. Math.*, 46, 1945, p. 674.

(²) N. Steenrod, *The topology of fiber bundles*, p. 47.

2. *Définition de la forme* II. — Par rapport à un repère $(e_1, \ldots, e_n) \in \varphi(U)$, un vecteur unitaire $u \in H(1)$ de même origine a pour composantes u_i avec $\Sigma_j u_j^2 = 1$. Considérons d'autre part les formes $\theta_i = du_i + \Sigma_j u_j \omega_{ji}$. Par (1) u_i et θ_i se transforment respectivement en $u_i^* = \Sigma_j a_{ij} u_j$ et $\theta_i^* = \Sigma_j a_{ij} \theta_j$.

Si (a_{ij}) est une matrice orthogonale propre les formes

$$\Phi_p = \Sigma \varepsilon_{i_1 i_2 \ldots i_n} \Omega_{i_1 i_2} \wedge \ldots \wedge \Omega_{i_{2p-1} i_{2p}} \wedge \theta_{i_{2p+1}} \wedge \ldots \wedge \theta_{i_{n-1}} u_{i_n}$$

sont invariantes par (1). Puisque V_n est orientable elles sont donc définies intrinsèquement sur H(1). Nous poserons

$$\Pi = \frac{(-1)^n}{2^n \pi^{\frac{n-1}{2}}} \sum_{0 \leqq p \leqq \frac{n-1}{2}} (-1)^p \frac{1}{p!\,\Gamma\left(\frac{n-2p+1}{2}\right)} \Phi_p.$$

3. *Calcul de la caractéristique d'Euler-Poincaré de certaines variétés plongées dans* V_n. — Soit V_m une variété compacte orientable plongée dans V_n, de dimension $\leqq n-2$. Soit W_{2m-1} le sous-espace de W_{2n-1} formé des directions tangentes à V_m. Nous appellerons $\mathcal{H}(V_m)$ le sous-espace de H(1) qui se projette sur W_{2m-1} et $\mathcal{G}(V_m)$ l'espace des vecteurs unitaires $u \in \mathcal{H}(V_m)$ tels que $f(u)$ soit tangent à V_m. Munissons V_m de la connexion induite. Les formes de courbure de cette connexion exprimées par rapport à des repères $(e_1, \ldots, e_n)$ tels que $e_1, \ldots, e_m \in \mathcal{G}(V_m)$ s'écrivent en posant

$$1 \leqq r,\ s,\ t \leqq m \qquad \text{et} \qquad m+1 \leqq \rho,\ \sigma,\ \tau \leqq n,$$
$$\tilde{\Omega}_{rs} = d\omega_{rs} - \Sigma_t \omega_{rt} \wedge \omega_{ts} = \Omega_{rs} + \Sigma_\rho \omega_{r\rho} \wedge \omega_{\rho s} (2).$$

Supposons que dans $\tilde{\Omega}_{rs}$ les différentielles des coordonnées locales de V_m interviennent au premier degré au moins. Ce sera le cas si V_n possède déjà cette propriété et en particulier si V_n est une variété de Berwald ([3]).

Soit V un champ de directions tangentes à V_m n'ayant qu'un nombre fini de singularités. Isolons chacune de ces singularités par une hypersphère de rayon s et soit $V(s)$ le champ ainsi formé. Soit $C_{n-1}(s)$ la $(n-1)$ chaîne formée des vecteurs $u \in \mathcal{H}(V_m)$ orthogonaux aux vecteurs de $\mathcal{G}(V_m)$ et tels que leur projection appartienne à $V(s)$. Nous allons montrer que la limite de l'intégrale de Π sur cette chaîne lorsque $s \to 0$ est égale à la caractéristique d'Euler-Poincaré de V_m.

En effet les seules formes Φ_p dont l'intégrale sur $C_{n-1}(s)$ n'est pas nulle sont celles où figurent $\theta_{m+1}, \ldots, \theta_n$ et leur intégrale est égale à celle de :

$$\Phi'_p = (-1)^{n-m-1} \frac{(n-2p-1)!}{(m-2p)!} \Sigma \varepsilon_{r_1 \ldots r_m} \Omega_{r_1 r_2} \wedge \cdots \wedge \Omega_{r_{2p-1} r_{2p}} \wedge \theta_{r_{2p+1}} \wedge \cdots \wedge \theta_{r_m} \wedge \Lambda_{n-m-1},$$

où Λ_{n-m-1} est l'élément d'aire de l'hypersphère unité de dimension $(n-m-1)$.

([3]) E. CARTAN, *Les espaces de Finsler*, p. 32-35.

On intègre alors sur les vecteurs normaux à V_m en un point de $V(s)$ et l'on vérifie au moyen de (2) et d'une formule d'H. Weyl [4] que la forme restant à intégrer sur $V(s)$ n'est autre que la forme $\widetilde{\Omega}$ dont l'intégrale tend vers la caractéristique d'Euler-Poincaré de V_m lorsque $s \to 0$ [5].

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la probabilité des hypothèses.* Note de M. **Mathias Matschinski**, présentée par M. Émile Borel.

Résumé. — La possibilité d'établir les probabilités *a posteriori* est liée, comme nous l'avons fait ressortir dans la Note précédente [1], à un postulat très général, que nous avons appelé postulat de l'uniformité. Dans la présente Note un cas spécial de problème est développé, cas où l'application du postulat de l'uniformité crée la possibilité de trouver la probabilité d'une hypothèse en partant uniquement d'observations.

1. Chaque hypothèse est caractérisée par sa forme et par certains paramètres, dont les valeurs doivent être estimées à l'aide d'observations. On peut les calculer, par exemple, par la méthode des moindres carrés. Prenons les postulats : I, de l'uniformité [*voir* la Note [1]] et II, de l'applicabilité de la méthode des moindres carrés : *Les valeurs des paramètres caractéristiques de l'hypothèse en question calculées par la méthode des moindres carrés sont les valeurs les plus probables.*

Soient f_i, les données de l'expérience ou de l'observation (faits subséquents) correspondant aux « causes » x_i (faits antécédents); $Q(a, b, \ldots, x)$, l'expression mathématique de l'hypothèse admise, $a, b, \ldots$, les paramètres $\Xi[f_1, f_2, \ldots, f_n, Q(a, b, \ldots, x_1), Q(a, b, \ldots, x_2)\ldots Q(a, b, \ldots, x_n)]$, la densité de probabilité correspondant aux f_i et Q, enfin $\Xi_1[f_i, Q(a_0, b_0, \ldots, x_i)]$, la densité correspondant à la forme particulière de Q pour $a = a_0$, $b = b_0$, $c = c_0$, ..., valeurs les plus probables des paramètres.

Corollaire I. — La fonction Ξ exprime, à un coefficient D près (coefficient, de la transformation de l'élément de l'espace), la même corrélation que l'expression plus simple $\mathcal{V}\left(\sum_i |f_i - Q(a, b, \ldots, x_i)|^2\right)$. Unissant ce résultat au théorème de la multiplication de probabilités, on obtient :

Condition 1 de la réalisation *théorique* du postulat II (corollaire II). Il suffit que $\mathcal{V}(\Sigma)$ soit égale à $E.\exp(-g\Sigma^2)$.

2. Le postulat de l'uniformité appliqué à notre cas prend la forme : Les fonctions Ξ et Ξ_1 sont identiques. Du fait de cette identité et du corollaire II

(4) H. Weyl, *Amer. J. Math.*, 61, 1939, p. 465.

(5) A. Lichnerowicz, *Comm. Math. Helv.*, 22, 1949, p. 290-300.

(1) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1282.

découle que Ξ_1 doit être aussi de la forme du corollaire 2. C'est-à-dire, on trouve :

Condition 2 de l'applicabilité de la méthode proposée (condition pour prouver *expérimentalement* la réalisation du postulat II) : il suffit que la distribution des déviations : $f_i - Q(a_0, b_0 \ldots x_i)$ soit une distribution de Laplace-Gauss.

3. Appliquons ces résultats très généraux au cas de l'hypothèse la plus simple, hypothèse de la ligne droite : $Q(a, b, x) = a + bx$. On doit procéder comme suit :

1° Fixer la faute relative admissible r dans l'égalité approximative

$$\max(a + bx_i + cx_i^2 - f_i) = rf_i.$$

2° Déterminer les valeurs a_1, b_1 et c_1 des équations

$$\overline{f_i} = a_1 + b_1\overline{x_i} + c_1\overline{x_i^2}, \qquad \overline{f_i x_i} = a_1\overline{x_i} + b_1\overline{x_i^2} + c_1\overline{x_i^3}, \qquad \overline{f_i x_i^2} = a_1\overline{x_i^2} + b_1\overline{x_i^3} + c_1\overline{x_i^4}.$$

3° Calculer h comme toujours de

$$h\sqrt{2\sum_i (f_i - a_1 - b_1 x_i - c_1 x_i^2)^2} = \sqrt{n-1}.$$

4° Calculer les auxiliaires μ_1 et μ_2 de

$$\mu_1 x_{\max}^2\sqrt{180} \cong (c_1 x_{\max}^2 + b_0 x_{\max} + a_0)\sqrt{n(n^2-1)(n^2-4)},$$
$$\mu_2 x_{\max}^2\sqrt{180} \cong (c_1 x_{\max}^2 - b_0 x_{\max} - a_0)\sqrt{n(n^2-1)(n^2-4)}.$$

5° Enfin, à l'aide des tables de l'intégrale de Gauss (Φ), déterminer la probabilité cherchée

$$2\,W_{\text{hyp}} = \Phi(h\mu_1) - \Phi(h\mu_2) \qquad \text{si} \quad c_1 x_{\max}^2 > b_0 x_{\max} + a_0,$$

et

$$2\,W_{\text{hyp}} = \Phi(h\mu_1) + \Phi(h\mu_2) \qquad \text{si} \quad c_1 x_{\max}^2 < b_0 x_{\max} + a_0.$$

4. Le procédé tout-à-fait analogue peut être appliqué pour déterminer la probabilité de telles ou telles autres valeurs numériques des paramètres ainsi que la probabilité des valeurs les plus probables. Ce procédé est :

1° Fixer les valeurs admissibles les fautes $\Delta a = a - a_0$ et $\Delta b = b - b_0$.

2° Calculer $\Delta\xi = \Delta a\sqrt{n} + \Delta b\sqrt{n}[(n+1):2]$; $\Delta\eta = \Delta b\sqrt{n(n^2-1)}$ et h de

$$h\sqrt{2\sum_i (f_i - a_0 - b_0 x_i)^2} = \sqrt{n-1}.$$

3° Déterminer la probabilité cherchée à l'aide de $W_{\text{par}} = \Phi(h\Delta\xi)\Phi(h\Delta\eta)$.

5. On peut citer enfin 4 exemples numériques. Soient f_{i1}, f_{i2}, f_{i3} les données d'observations.

x_i	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
f_{i1}	15	21	17	16	15	18	12	17	19	20
f_{i2}	6	14	13	11	16	18	19	25	26	24
f_{i3}	7	13	12	13	14	19	20	24	25	25

Calculons les probabilités : I de l'hypothèse $Q = \text{const.}$ pour f_{i1}. II de l'hypothèse $Q = \text{const.}$ pour f_{i2}, III de l'hypothèse $Q = a + bx$ pour f_{i2}, IV de l'hypothèse $Q = a + bx$ pour f_{i3}. On trouve

r.	$W_{\text{hyp I}}$.	$W_{\text{hyp II}}$.	$W_{\text{hyp III}}$.	$W_{\text{hyp IV}}$.
10%	40%	$\leqq$ 1%	20%	30%
15%	55%	$\leqq$ 1%	30%	45%
20%	70%	$\leqq$ 1%	40%	55%

ÉLASTICITÉ ET RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Statique et Dynamique des membranes rigides*. Note de M. **Henri Pailloux**, présentée par M. Jean Chazy.

1. Pour étudier les questions de Statique ou de Dynamique relatives aux coques (membranes matérielles minces, mais rigides), il est utile d'évaluer le potentiel de forme où chaque point P d'un corps élastique est caractérisé par des variables quelconques x^1, x^2, x^3. Soit

$$ds^2 = g_{ik}\, dx^i\, dx^k$$

le carré de l'élément linéaire de l'espace euclidien, après le changement de variables, et soient $\mathfrak{U}^1$, $\mathfrak{U}^2$, $\mathfrak{U}^3$ les composantes contravariantes du déplacement du point P du corps élastique. Grâce à l'emploi des dérivées covariantes, on trouve la valeur suivante du potentiel de forme :

$$2\varpi = \iiint \left[\lambda\left(\frac{D\mathfrak{U}^i}{Dx^i}\right)^2 + 2\mu\left(g^{jk}g_{ih}\frac{D\mathfrak{U}^h}{Dx^j}\frac{D\mathfrak{U}^i}{Dx^k} + \frac{D\mathfrak{U}^k}{Dx^i}\frac{D\mathfrak{U}^i}{Dx^k}\right)\right]\frac{D(x, y, z)}{D(x^1, x^2, x^3)}\, dx^1\, dx^2\, dx^3,$$

tous les indices étant des indices de sommation.

2. Imaginons la surface moyenne de la coque considérée libre de charges. C'est une surface *fixe* que nous supposons rapportée à deux systèmes de lignes coordonnées α et β. Tout point matériel P de la coque peut être caractérisé par trois paramètres α, β, γ ainsi définis : α et β sont les paramètres fixant la position du point M, projection orthogonale de P sur la surface moyenne; et l'on a $\gamma = \overline{MP}$.

On peut mettre les ds^2 euclidien sous différentes formes :

$$(1) \qquad ds^2 = [(1 - \gamma\rho_m)^2 + \gamma^2\tau_r^2]\, d\sigma^2 + d\gamma^2.$$

La courbe décrite par M projection de P a $d\sigma$ comme élément d'arc, ρ_m pour

courbure normale, τ_r pour torsion relative. Si ρ_1 et ρ_2 désignent les courbures principales de la surface moyenne en M, et $d\sigma_1$, $d\sigma_2$ les projections du vecteur dP sur les directions principales en M de la surface moyenne, on a encore

$$(2)\qquad ds^2 = (1-\gamma\rho_1)^2\, d\sigma_1^2 + (1-\gamma\rho_2)^2\, d\sigma_2^2 + d\gamma^2.$$

Cette formule peut être obtenue directement par des considérations géométriques.

Supposons maintenant que γ reste petit vis-à-vis des rayons de courbure en M ; on aura, d'une manière approchée :

$$(3)\qquad ds^2 = (1-2\gamma\rho_1)\, d\sigma_1^2 + (1-2\gamma\rho_2)\, d\sigma_2^2,$$

ou

$$(4)\qquad ds^2 = (\mathrm{E}\, d\alpha^2 + 2\,\mathrm{F}\, d\alpha\, d\beta + \mathrm{G}\, d\beta^2) - \frac{2\gamma}{\mathrm{H}}(\mathrm{D}\, d\alpha^2 + 2\,\mathrm{D}'\, d\alpha\, d\beta + \mathrm{D}''\, d\beta^2) + d\gamma^2,$$

en utilisant les notations de Gauss.

3. Les coefficients g_{ik} du ds^2 euclidien étant ainsi définis, nous savons en principe former les dérivées covariantes nécessaires pour l'évaluation du potentiel de forme. Développons d'autre part la composante $\mathfrak{U}^i$ du déplacement par la formule des accroissements finis :

$$\mathfrak{U}^i(\alpha, \beta, \gamma, t) = \mathfrak{U}^i(\alpha, \beta, 0, t) + \gamma\frac{\partial\mathfrak{U}^i(\alpha, \beta, \theta\gamma, t)}{\partial\gamma} \qquad (0 < \theta < 1),$$

et admettons que la dérivée première $\partial\mathfrak{U}^i/\partial\gamma$ varie peu avec γ à l'intérieur de la surface. Nous pouvons alors poser $\mathfrak{U}^i = u_i + \gamma v_i$, u_i et v_i étant fonctions de α, β, t. Telle est l'approximation que nous proposons pour parvenir à une mise en équations.

4. Quand on effectue l'intégration par rapport à γ, le potentiel de forme se ramène à une intégrale de surface. Pour mettre le problème de Dynamique en équations, nous employons la méthode des fonctions paramètres : les six fonctions $u_1, \ldots, v_3$ permettent de fixer la position de tout point P par rapport à la surface moyenne libre (et fixe) avant toute considération dynamique. Si φ est l'une de ces fonctions, on a six équations du mouvement telles que

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial \mathrm{T}}{\partial\varphi'} - \frac{\partial \mathrm{T}}{\partial\varphi} = \mathrm{Q} \qquad \left(\varphi' = \frac{\partial\varphi}{\partial t}\right).$$

La force vive $2\mathrm{T}$ est considérée comme une fonctionnelle des φ et des φ', dont on prend les dérivées fonctionnelles en φ et φ'. On suppose en outre que le travail virtuel des forces extérieures a été mis sous la forme suivante :

$$\delta\mathfrak{T} = \iint \mathrm{Q}\,\delta\varphi\, d\alpha\, d\beta.$$

On simplifie les calculs en prenant les lignes de courbure de la surface moyenne comme lignes coordonnées :

$$ds^2 = \mathrm{E}(1-2\gamma\rho_1)\, d\alpha^2 + \mathrm{G}(1-2\gamma\rho_2)\, d\beta^2 + d\gamma^2.$$

Nous admettons que les termes $\gamma\rho_1$ et $\gamma\rho_2$ sont petits devant l'unité, et que γv_i est petit vis-à-vis de u_i (ce qui correspond à une assez grande rigidité de la coque).

On constate alors que les dérivées covariantes sont linéaires en γ, puisque ϖ porte sur un polynome du second degré en γ. L'intégration en γ étant faite, les dérivées partielles fonctionnelles sont des fonctions linéaires et homogènes des u_i, v_i, et de leurs dérivées partielles premières et secondes. On aboutit à un système de six équations aux dérivées partielles par rapport aux six fonctions inconnues $u_1, \ldots, v_3$, avec seconds membres s'il existe des forces massiques ou bien des charges sur l'une ou l'autre face.

5. Si une coque vibre sans charge, avec des conditions de contour données, la recherche des vibrations propres

$$\varphi(\alpha, \beta, t) = \Phi(\alpha, \beta)\, e^{i\omega t},$$

nous conduit au problème suivant : choisir le paramètre ω de telle sorte que le système linéaire et homogène des six équations en Φ possède une solution non identiquement nulle, satisfaisant à des conditions données de contour. On peut ainsi aborder le problème des cloches. Dans ce cas on recherche plus particulièrement une solution qui soit de la forme suivante :

$$\varphi(r, \theta, t) = \psi(r)\, e^{i(\omega t + n\theta)},$$

n étant un entier positif ou nul.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Remarque sur les ondes de choc en écoulement plan.* Note (*) de M. **Jean Legras**, présentée par M. Joseph Pérès.

Le calcul en première approximation des ondes de choc relatives à un profil losangique, montre la grande analogie qu'elles offrent, loin du profil, avec celles d'un profil parabolique. D'une façon plus générale, la largeur de la bande perturbée ne dépend que de l'épaisseur du profil, non de sa forme, ni de sa profondeur.

Il s'agit d'un écoulement plan supersonique, étudié en première approximation ([1]) par une représentation paramétrique.

1. Un écoulement à centre, de sommet O est un écoulement tel que les caractéristiques $\xi = \text{const.}$, forment un faisceau linéaire de sommet O, d'où

$$u = a(\xi) = \frac{x'}{F y'}.$$

Soit un profil losangique ACB à incidence nulle, de demi-angle au sommet α(OA = OB = 1). Nous pouvons distinguer cinq régions dans le

(*) Séance du 17 mars 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 181-183, mêmes notations.

domaine $y > 0$: en amont de l'onde de choc avant AA′A″ (région 1) et en aval de l'onde de choc arrière, la vitesse de perturbation est nulle; dans les triangles ACA′ (région 2) et BCB′, la vitesse de perturbation est constante et a pour composante parallèle à Ox, respectivement $u = -\alpha/\beta$ et $u = \alpha/\beta$; enfin l'onde de détente du point C correspond à un écoulement à centre de sommet O (région 3).

La ligne CA′, caractéristique commune aux régions 2 et 3, n'est pas ligne de discontinuité de vitesse.

L'onde de choc avant est formée du segment rectiligne AA′ d'équation

$$2\beta x' + \alpha F y' = -2\beta - \alpha F$$

et de l'arc A′A″, défini par l'équation différentielle

$$(1) \qquad 2\frac{dx'}{dy'} = F(u_1 + u_3), \qquad \text{où} \quad u_1 = 0, \qquad u_3 = \frac{x'}{Fy'},$$

c'est un arc de la parabole $x' = C\sqrt{y'}$. La condition (1) entraîne le raccordement des lignes AA′ et A′A″. En écrivant que cet arc passe par A′, point d'intersection de la droite AA′ et de la caractéristique CA′, nous obtenons son équation

$$(x - \beta y)^2 - 2\alpha\beta^{-1}F(x + \beta y) = 0.$$

Si nous coupons le demi-plan des $y > 0$ par une parallèle PY à Oy, d'abscisse x, les ondes de choc coupent PY en deux points M_1 et M_2. Entre M_1 et M_2 la vitesse de perturbation est un infiniment petit dont la partie principale, lorsque x augmente indéfiniment, est

$$u = -\frac{\beta t}{2Fx},$$

t est l'abscisse N_0N qui repère un point N de PY par rapport au point N_0 d'intersection avec Oy'.

La largeur de la bande est

$$M_1M_2 = 2\frac{M^2}{\beta^2}\sqrt{\frac{\gamma+1}{\beta}\alpha x} + \frac{\alpha(\gamma+1)}{2}\frac{M^4}{\beta^4} + O\left(\frac{1}{x}\right).$$

En négligeant les termes qui tendent vers zéro avec $1/x$, nous constatons que les expressions M_1M_2 relatives à deux profils, l'un parabolique, l'autre losangique, de même profondeur (égale à 2) et de même épaisseur, ne diffèrent que par des termes qui tendent vers zéro avec $1/x$.

2° *Ce résultat est général :* la largeur de la bande perturbée par un profil *convexe, symétrique et à incidence nulle,* est un infiniment grand d'ordre 1/2 dont la partie principale dépend de l'épaisseur du profil, mais non de sa forme ni de sa profondeur.

Le point à tangente horizontale, le bord d'attaque et le bord de fuite ont pour abscisses respectives 0, $-l_1$ et l_2. La loi de pentes $g(x)$ est liée à l'épais

seur e par

$$\frac{e}{2}=\int_{-l_1}^{0} g(\xi)\,d\xi=\int_{0}^{l_2} g(\xi)\,d\xi,$$

l'onde de choc est définie par ses équations paramétriques (rapportées aux axes Ox' et Oy'), où nous choisirons les constantes d'intégration pour que l'onde de choc passe par le bord d'attaque (correspondant à $\xi=-l_1$),

$$x'=\xi-\frac{2}{g(\xi)}\int_{-l_1}^{\xi} g(\xi)\,d\xi, \qquad y'=\frac{2\beta}{F\,g^2(\xi)}\left\{\int_{-l_1}^{\xi} g(\xi)\,d\xi-\frac{F\,l_1}{2\beta}g^2(-l_1)\right\},$$

lorsque ξ tend vers zéro, x' et y' deviennent infinis et leurs parties principales sont, en négligeant $g^2(-h)$, du second ordre, devant e/l_1 :

$$x'=-\frac{e}{g(\xi)}, \qquad y'=\frac{\beta e}{F\,g^2(\xi)},$$

c'est un arc de parabole, dont on peut obtenir une représentation pour les grandes valeurs de x par un développement limité

$$y=\frac{x}{\beta}+\sqrt{\frac{2eF}{\beta^3}x}+\ldots.$$

Introduisons comme précédemment la parallèle à Oy, qui coupe les ondes de choc en M_1 et M_2. Le segment M_1M_2 est centré en N_0 sur Oy' (il n'en serait plus de même si le profil n'était pas à incidence nulle), et sa partie principale est

$$M_1M_2\sim\frac{M^2}{\beta^2}\sqrt{\frac{2(\gamma+1)ex}{\beta}},$$

qui ne dépend que de l'épaisseur e et du nombre de Mach M.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur l'établissement de la courbe de remous d'un barrage en cours d'eau naturel.* Note (*) de M. **Robert Silber**, présentée par M. Joseph Pérès.

L'établissement précis de la courbe de remous, c'est-à-dire des cotes atteintes par l'eau, dans un cours d'eau naturel est obtenu actuellement par des méthodes d'approximations successives longues et compliquées. Nous montrons ici qu'il peut l'être sans tâtonnement à l'aide d'un diagramme que nous avons présenté précédemment.

Dans une Note récente ([1]) nous avons montré comment un diagramme universel permet d'effectuer l'étude et le tracé de la ligne d'eau dans un canal.

(*) Séance du 17 mars 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1124.

Pour un cours d'eau la perte de charge est mal connue, mais on connaît en diverses stations, la cote atteinte par l'eau pour différents débits avant établis-

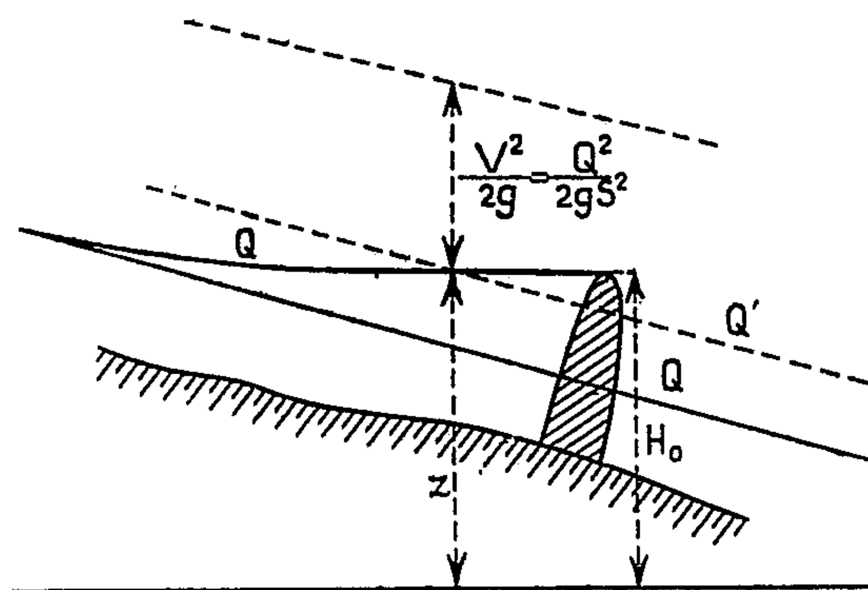


Fig. 1.

sement du barrage. Il convient de plus de rechercher non la profondeur d'eau, mal définie, mais la cote z (*fig.* 1). L'équation donnant la charge (ou énergie)

(1) $$H = z + \frac{U^2}{2g} = z + \frac{Q^2}{2gS^2}$$

s'écrit en introduisant les variables sans dimension

(2) $$z^* = \frac{z}{H}, \qquad q^* = \frac{Q}{H\sqrt{2gH}}\,\frac{z}{S}, \qquad q^* = z^*\sqrt{1 - z^*},$$

équation universelle de notre Note précédente. Si nous prenons une valeur de référence H_0 comme unité de mesure de z^* et q^*, la caractéristique représentative de (2) en donne l'évolution pour la charge H_0. Le diagramme de notre précédente Note fournit les caractéristiques à énergie constante, courbes affines de la précédente, graduées en rapport de cette énergie à l'énergie H_0.

On tracera d'abord (*fig.* 2) la représentation des données dans le diagramme : après avoir choisi H_0, cote de la retenue au-dessus du plan de référence, on portera pour chaque station et chaque débit les valeurs de z^* et q^* et l'on obtiendra le double réseau des courbes d'utilisation à débit constant Q et pour des stations données X avant établissement du barrage.

Supposons que nous ayons obtenu la courbe d'utilisation après établissement du barrage jusqu'à la station X_{n-1}. Nous cherchons le point A_n. Si Q' et Q (*fig.* 1) sont les débits donnant la même cote avant et après établissement du barrage, nous admettrons, hypothèse classique, que les pertes de charges par frottement ΔH et $\Delta H'$ entre deux stations voisines sont reliées par

$$\Delta H = \Delta H'\left(\frac{Q}{Q'}\right)^2, \qquad \text{soit} \quad \Delta\left(\frac{H}{H_0}\right) = \Delta\left(\frac{H'}{H_0}\right)\left(\frac{q^*}{q^{*\prime}}\right)^2.$$

Rappelons horizontalement A_{n-1} en A'_{n-1} sur la courbe X_{n-1}, d'où $q^{*\prime}$. La

valeur de $\Delta(H'/H_0)$ est lue sur le diagramme entre X_{n-1} et X_n sur la courbe Q' intrapolée entre Qp et $Qp+1$ encadrant le point A'_{n-1}. Le point A_n cherché se trouve sur la caractéristique définie par $\Delta(H/H_0)$ et à l'abscisse :

$$q^* = \frac{Q}{H_0\sqrt{2gH_0}}\frac{z}{S}.$$

En fait le coefficient de perte de charge est plus grand quand l'écoulement est retardé, une partie de l'énergie cinétique n'étant pas récupérée. Devant

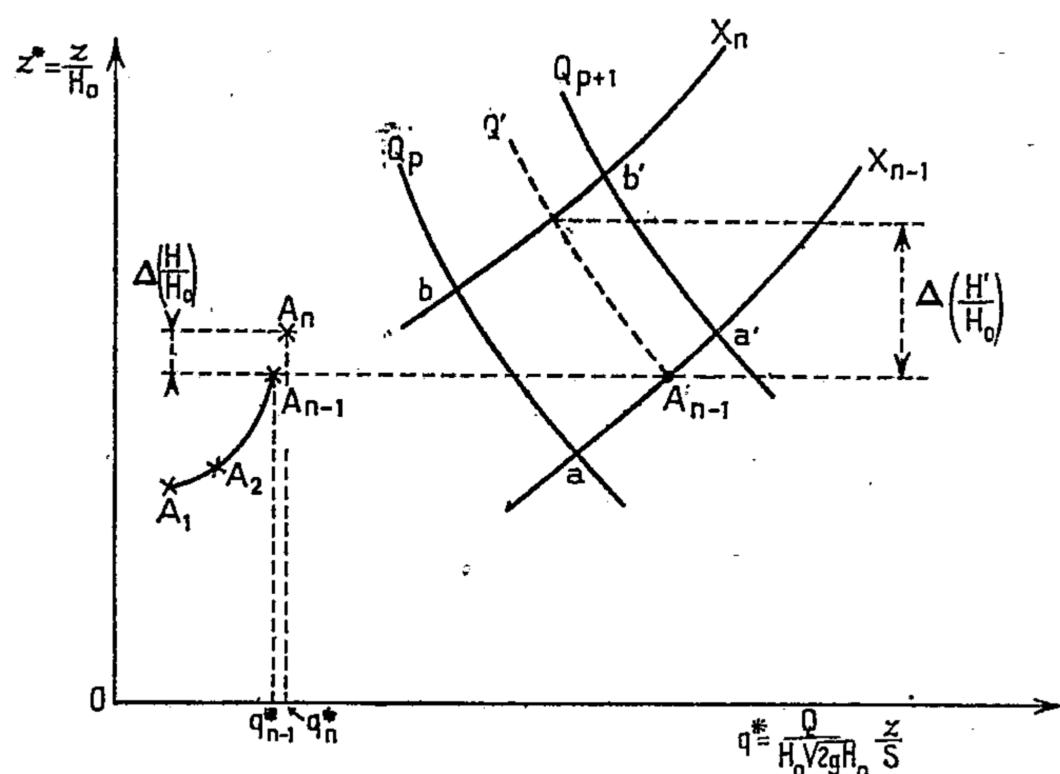


Fig. 2.

l'ignorance où l'on est des lois exactes, on convient classiquement de diviser la perte de charge en une perte de eharge par frottement, suivant la loi quadratique, et une perte par divergence obtenue en prenant une fraction K (0,5 en général) de l'énergie cinétique perdue entre les deux stations :

$$\Delta_2 H = K\,\Delta\left(\frac{U^2}{2g}\right), \qquad \text{d'où} \qquad \Delta_2\left(\frac{H}{H_0}\right) = K\,\Delta\left(\frac{H}{H_0} - z^*\right),$$

Δ_2 est d'ailleurs une fraction faible de la première.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la détermination des distances géocentrique* ρ *et héliocentrique* r *d'astéroïdes dans la méthode de Laplace.* Note de M. **Benjamin de Jekhowsky**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Dans la méthode de Laplace de détermination des orbites des astéroïdes, les deux inconnues ρ et r sont données par le système de deux équations simultanées, savoir :

$$(1) \qquad \begin{cases} \rho = Q(r^{-3} - R^{-3}), \\ r^2 = \rho^2 + 2S\rho + R^2. \end{cases}$$

Mises sous une forme entière, ces équations conduisent à une équation du huitième degré en ρ ou r, dont la discussion devient très compliquée. Notons aussi qu'en partant, comme il est d'habitude, d'une valeur provisoire arbitraire de ρ et en résolvant le système (1) soit par des essais (avec l'emploi des tables de Barlow), soit en mettant ce système sous une forme spéciale, appropriée aux tables calculées dans ce but (*Tables d'Oppolzer ou de Leuschner*), on est obligé de procéder par approximations successives. D'après ces dernières tables à deux arguments $z=\rho/R$ et $\psi = \arccos S$, comme le remarque M. Luc Picart [1], il faut même faire une discussion qui montrera qu''il peut arriver qu'il n'existe aucune valeur de z ou qu'il en existe deux; dans ce dernier cas il faut une observation supplémentaire pour choisir entre deux orbites possibles.

L'objet de la présente Note est d'indiquer une méthode de résolution du système (1) sous un mode de calcul uniforme avec des avantages que l'on ne rencontre pas dans d'autres méthodes.

Commencer les calculs avec une valeur de ρ assez approchée; avoir dans les approximations successives les valeurs de ρ et de r, variant rapidement et dans le même sens et non en changeant de signe alternativement quand on passe d'une approximation à l'autre, et enfin, de ce fait, diminuer de moitié le nombre des approximations.

Écrivons le système (1) sous la forme

$$(2)\qquad \begin{cases} r_0 r^2 = \dfrac{QR^3}{\rho R^3 + Q}, \\ r^2 = \rho^2 + 2S\rho + R^2, \end{cases}$$

d'où après l'élimination de r^2 on a

$$(3)\qquad \rho^3 = b\rho^2 + c\rho + d.$$

Puis, par le procédé connu, en posant $\rho = \rho_0 + b/3$, cette équation devient

$$(4)\qquad \rho_0^3 = B\rho_0 + C$$

On a ainsi pour calculer les coefficients l'ensemble suivant des formules :

$$(5)\qquad \begin{cases} b = -\left(2S + \dfrac{Q}{R^3}\right), \quad c = -\left(2S\dfrac{Q}{R^3} + R^2\right), \quad d = -\dfrac{Q}{R}\left(1 - \dfrac{R}{r_0}\right); \\ B = \dfrac{b^2}{3} + c, \quad K = \dfrac{2}{27}b^3 + \dfrac{cb}{3}, \quad C = K + d. \end{cases}$$

Comme on le voit, seuls deux coefficients changent dans les approximations; le coefficient C qui dépend de d et ce dernier qui est fonction de r_0. On prendra en première approximation $r_0 = 2,5$, valeur moyenne pour la plupart des astéroïdes.

---

(1) *Calcul des orbites et des éphémérides*, p. 109. Éditeurs O. Doin et Fils, Paris.

L'inconnue ρ qui est la seule racine positive de l'équation (3) sera donnée par l'ensemble suivant des formules :

$$\lambda = 2\sqrt{\frac{B}{3}}, \qquad \cos 3\varphi = \frac{4C}{\lambda^3}, \qquad \rho_0 = \lambda \cos\varphi,$$

avec les conditions

$$B > 0, \qquad |\cos 3\varphi| < 1$$

ou bien, par l'ensemble

$$x = \frac{C}{2} \pm \sqrt{\frac{C^2}{4} - \frac{B^3}{27}}, \qquad \rho_0 = \sqrt[3]{x_1} + \sqrt[3]{x_2}$$

avec la condition $C^2/4 > B^3/27$.

$$\rho = \rho_0 + \frac{b}{3}$$

OPTIQUE. — *Sur la décomposition magnétique du triplet* $2\,{}^3P$ *de l'hélium.* Note de MM. **Georges Hornecker** et **Philippe Pluvinage**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les progrès actuels de la spectroscopie nécessitent un perfectionnement et une extension du calcul fait par Bethe ([1]) de la décomposition du triplet $2\,{}^3P$ de l'hélium dans un champ magnétique H. En effet la théorie de la structure fine pour $H = 0$, qui sert de point de départ, a été améliorée par Araki ([2]). Utilisant des fonctions d'ondes d'ordre zéro qui tiennent compte de l'interaction électrostatique des deux électrons et appliquant la méthode de perturbation avec un hamiltonien très approché, Araki détermine une structure fine coïncidant, à quelques centièmes près, avec les résultats expérimentaux. Comptés à partir du centre de gravité du triplet les niveaux calculés de $2\,{}^3P_0$, $2\,{}^3P_1$, $2\,{}^3P_2$ notés respectivement ε_0, ε_1, ε_2 sont les suivants :

$$\varepsilon_0 = 0{,}872\ \text{cm}^{-1}, \qquad \varepsilon_1 = -0{,}066\ \text{cm}^{-1}, \qquad \varepsilon_2 = -0{,}135\ \text{cm}^{-1}.$$

Les mesures donnent 0,92, 0,07 et 0,14.

Quand on fait agir le champ H, le hamiltonien comporte le terme supplémentaire $\mu H(j_z + s_z)$ avec les notations habituelles. Nous appelons $E_i(m_j)$ les sous-niveaux de nombre quantique magnétique m_j qui se confondent avec ε_i pour $H = 0$. Comme m_j varie de $-i$ à $+i$, 5 sous-niveaux partent de ε_2, 3 de ε_1 et 1 de ε_0. Suivant Araki, nous exprimons les énergies en unité $\mu^2 r^{-3}$

([1]) *Handbuch der Physik*, **24**, n° 1, 1933, p. 401.

([2]) *Proc. phys. math. Soc. Japan* (3), **19**, 1937, p. 128.

qui pour les états 2 P vaut 0,164 cm^{-1}, et posons

$$\omega = \frac{\mu H}{\mu^2 r^{-3}} = \frac{H(\text{gauss})}{3510}.$$

Pour $m_j = \pm 2$, seul l'état 2^3P_2 intervient, et l'équation séculaire se réduit au premier degré. On trouve sans calcul :

$$E_2(\pm 2) = \varepsilon_2 \pm 3\omega.$$

Pour $|m_j| < 2$, on déduirait du travail d'Araki des équations séculaires du troisième puis du quatrième degré à cause du mélange des fonctions d'onde triplet et singulet. Mais la distance $2^1P - 2^3P$ est environ 2000 fois plus grande que l'écart $\varepsilon_0 + \varepsilon_2$ et, au millième près, on peut considérer triplet et singulet comme indépendants ce qui abaisse d'une unité le degré des équations séculaires.

L'expression $Z + 2Z' - 3\zeta - 6\zeta'$ d'Araki qui rassemble les intégrales directes et d'échange des interactions spin-orbite individuelles et spin-orbite mutuelles sera notée Z_2 et la somme $\eta + \eta'$ des intégrales directes et d'échange de l'interaction spin-spin sera notée η_1. Numériquement, en unités $\mu^2 r^{-3}$,

$$Z_2 = -1,1262, \qquad \eta_1 = 0,1531.$$

Pour $m_j = \pm 1$, les équations séculaires, du second degré, ont pour racines

$$E_2(\pm 1) = -4\eta_1 \pm \left[\frac{3\omega}{2} + \sqrt{(Z_2 + 6\eta_1)^2 + \frac{\omega^2}{4}}\right],$$

$$E_1(\pm 1) = -4\eta_1 \pm \left[\frac{3\omega}{2} - \sqrt{(Z_2 + 6\eta_1)^2 + \frac{\omega^2}{4}}\right].$$

Pour $m_j = 0$, les niveaux $E_i(0)$ sont déterminés par l'équation

$$(E - \varepsilon_0)(E - \varepsilon_1)(E - \varepsilon_2) - \omega^2(E - 8\eta_1) = 0,$$

que nous avons numériquement résolue pour un certain nombre de valeurs de ω (sans les approximations employées par Bethe).

Quand ω est petit ($H \sim 100$ gauss) on a l'effet Zeeman anormal avec les facteurs de Landé habituels

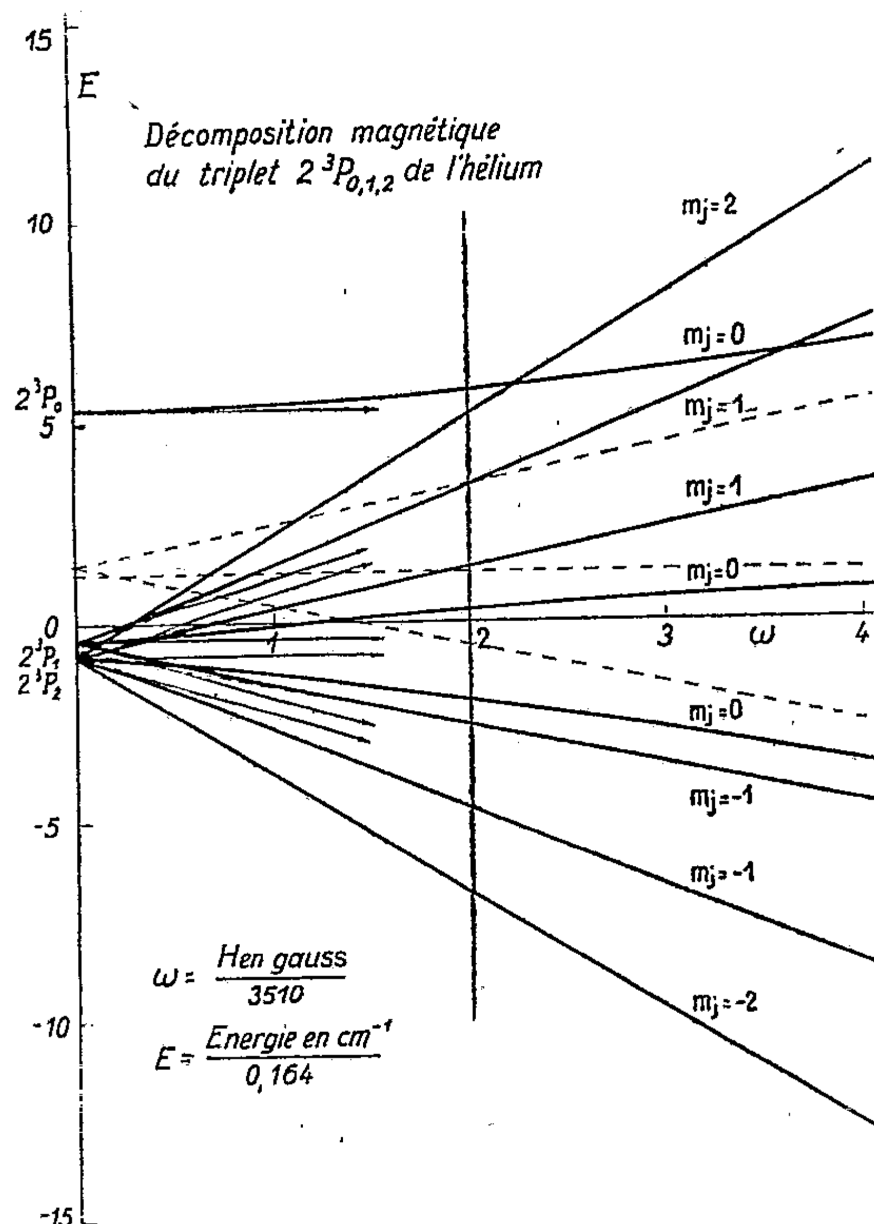
$$g = \frac{3}{2}, \quad \frac{3}{2}, \quad 0 \qquad \text{pour} \quad {}^3P_2 \quad {}^3P_1 \quad {}^3P_0.$$

Quand ω est de l'ordre de quelques unités ($H \sim 10\,000$ gauss) l'effet Paschen-Back des sous-niveaux $E_2(\pm 1)$ et $E_1(\pm 1)$ est pratiquement total et l'on a très approximativement

$$E_2(\pm 1) = -4\eta_1 \pm 2\omega, \qquad E_1(\pm 1) = -4\eta_1 \pm \omega$$

(Bethe n'envisageait que ce cas et regardait ε_1 et ε_2 comme confondus).

Au contraire, l'effet Paschen-Back des sous-niveaux $E_i(0)$ ne peut se manifester que pour des valeurs considérables du champ, inaccessibles en



pratique. Le calcul donne pour les trois courbes correspondant aux $E_i(0)$ trois asymptotes d'équations

$$E = 8\eta_1, \qquad E = -Z_2 + 2\eta_1 \pm \omega$$

dont elles sont encore très éloignées pour $\omega = 4$ (H = 14040 gauss). La figure indique la décomposition calculée de $\omega = 0$ à $\omega = 4$.

SPECTROSCOPIE. — *Utilisation des intensités relatives des bandes d'absorption infrarouges pour l'interprétation des spectres.* Note de M. **Marcel Larnaudie**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'attribution de fréquences d'absorption aux oscillations fondamentales des molécules polyatomiques présentant presque toujours une part d'incertitude, il est naturel de penser à vérifier cette interprétation par une prévision même sommaire, de l'intensité des bandes. Nous allons montrer que la variation du moment électrique au cours d'une oscillation peut être évaluée assez facilement en fonction des moments dipolaires des différentes liaisons, pour des molécules symétriques, dont on a déjà effectué le calcul des coordonnées normales.

Faisons correspondre à chaque coordonnée interne de déplacement de valence R_i un vecteur M_i tel que la variation du moment électrique de la molécule au cours du déplacement très petit R_i soit $M_i R_i$, cette variation pouvant être liée soit à une augmentation de longueur, soit à un changement de direction des différents moments dipolaires de la molécule. Exprimons le déplacement $R_i(\nu_k)$ en fonction de la coordonnée normale Q_k lorsque la vibration normale ν_k est seule excitée. Avec les notations de précédents articles [1], [2], on a

$$R_i = \sum_j U_{ji} \mathcal{R}_j = \sum_j U_{ji} \varphi_{jk} Q_k$$

où φ_{jk} est l'élément général de la matrice Φ, obtenue par normalisation des lignes de la matrice W de passage des coordonnées symétriques aux coordonnées normales

$$\mathcal{R} = WQ, \qquad \varphi_{jk} = \mathfrak{N}_k W_{jk} \qquad \text{avec} \quad \mathfrak{N}_k = \left[\sum_j W_{jk}^2 \right]^{-\frac{1}{2}}.$$

D'autre part l'amplitude de la coordonnée Q_k peut se calculer en exprimant l'énergie de la vibration ν_k

$$2E(\nu_k) = Q_k^2 \Lambda_k = 4\pi^2 c^2 \nu_k^2 Q_k^2 = 2hc\nu_k.$$

L'amplitude μ_k de la variation correspondante du moment électrique est donc :

$$\mu_k = \sum_i M_i R_i(\nu_k) = \mathfrak{N}_k Q_k \sum_{i,j} M_i U_{ji} W_{jk}$$

et le coefficient d'absorption s'obtiendra suivant une formule bien connue [*voir* par exemple G. Herzberg [3]].

$$K_k = A p \nu_k \mu_k^2 = Bp \left[\mathfrak{N}_k \sum_{i,j} M_i U_{ji} W_{jk} \right]^2$$

p étant le poids statistique du niveau considéré, et A et B deux constantes sans intérêt ici.

Nous avons appliqué cette méthode au cas du cyclohexane, pour lequel les modes de vibration A_{2u} et E_u sont actifs en infrarouge. Appelons M_ε, r_ε, M_χ, r_χ les moments dipolaires (en valeur absolue) et les longueurs des liaisons CH respectivement parallèles et perpendiculaires à l'axe ternaire.

---

(1) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1292 et **232**, 1951, p. 316.

(2) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1150.

(3) G. Herzberg, *Spectra of polyatomic molecules*.

Le coefficient d'adsorption K_k/B des différentes fondamentales vaut :

Types d'oscillation.	Mode A_{2u}.	Mode E_u.
Δ_a......	$\left[0,57\left(3\frac{\partial M_\varepsilon}{\partial r_\varepsilon}+\frac{\partial M_\chi}{\partial r_\chi}\right)-0,23\frac{M_\chi}{r_\chi}\right]^2$	$\left[1,7\frac{\partial M_\chi}{\partial r_\chi}+0,24\left(\frac{M_\varepsilon}{r_\varepsilon}-0,94\frac{M_\chi}{r_\chi}\right)\right]^2$
Δ_s......	$\left[0,57\left(3\frac{\partial M_\varepsilon}{\partial r_\varepsilon}-\frac{\partial M_\chi}{\partial r_\chi}\right)-0,24\frac{M_\chi}{r_\chi}\right]^2$	$\left[1,6\frac{\partial M_\chi}{\partial r_\chi}+0,25\left(\frac{M_\varepsilon}{r_\varepsilon}+0,94\frac{M_\chi}{r_\chi}\right)+0,15\frac{\partial M_{cc}}{\partial r_{cc}}\right]^2$
β......	$\left[2,3\frac{M_\chi}{r_\chi}\right]^2$	$\left[2,4\left(\frac{M_\varepsilon}{r_\varepsilon}+0,95\frac{M_\chi}{r_\chi}\right)-0,13\frac{\partial M_{cc}}{\partial r_{cc}}\right]^2$
γ......	$\left[2,3\frac{M_\chi}{r_\chi}\right]^2$	$\left[2,4\left(\frac{M_\varepsilon}{r_\varepsilon}-0,95\frac{M_\chi}{r_\chi}\right)\right]^2$
δ......	-	$\left[2,4\left(\frac{M_\varepsilon}{r_\varepsilon}-\frac{M_\chi}{r_\chi}\right)\right]^2$
ε......	-	$\left[2,4\left(\frac{M_\varepsilon}{r_\varepsilon}+\frac{M_\chi}{r_\chi}\right)\right]^2$
Δ......	-	$\left[2,0\frac{\partial M_{cc}}{\partial r_{cc}}\right]^2$
α......	0	0

Les coefficients d'absorption mesurés d'après les aires des bandes, sont proportionnels à 1050 : $\Delta_a(A_{2u}$ et $E_u)$; 640 : $\Delta_s(A_{2u}$ et $E_u)$; 175 : $\beta(A_{2u}$ et $E_u)$; 45 : $\gamma(A_{2u})$; 20 : $\gamma(E_u)$; 11 : $\delta(E_u)$; 140 : $\varepsilon(E_u)$; 55 : $\Delta(E_u)$; 45 : $\alpha(A_{2u})$.

Malgré le manque de données sur les moments dipolaires et leurs variations, il est possible de comparer les expressions obtenues, d'une part entre elles, d'autre part aux valeurs mesurées. On en déduit les résultats suivants :

1° Des deux oscillations gauches δ et ε, ε est attendue intense, δ inexistante ou très faible. Nous avons été ainsi conduit à intervertir nos attributions antérieures basées sur des calculs approchés de Constantes de force et à prendre $\delta = 1350$, $\varepsilon = 1259$ cm^{-1}.

2° $\gamma(A_{2u})$ est prévue intense et la faible bande 1158, d'ailleurs inexistante à l'état vapeur est insuffisante pour expliquer cette oscillation. Nous devons la situer à 905 cm^{-1}. 1158 correspond probablement à l'apparition en infrarouge, malgré l'interdiction, de la raie Raman $\gamma(A_{1g}) = 1157$ cm^{-1}.

3° $\gamma(E_u)$, prévue de faible intensité, se trouve soit à 1017, soit à 1041, très probablement à la première position, puisque la deuxième s'interprète facilement comme combinaison.

4° La région de la bande $\alpha(E_u)$, soit 250 cm^{-1} environ est impossible à atteindre et la bande $\alpha(A_{2u})$ ne devrait pas apparaître d'après nos prévisions. Puisqu'elle est observée, vraisemblablement à 527 cm^{-1} (bande qui n'admet pas d'autre explication), il faut supposer une certaine dissymétrie, moléculaire due peut-être au carbone C_{13}. Cette oscillation apparaît également dans le spectre de diffusion, bien qu'elle soit permise uniquement en infrarouge par les règles de sélection.

Le calcul que nous proposons ci-dessus peut être adapté à l'évaluation des moments dipolaires dans le cas de molécules simples et symétriques.

SPECTROPHOTOMÉTRIE. — *Réalisation d'une source luminescente étalon secondaire de répartition énergétique.* Note de MM. **Daniel Chalonge**, **Pierre Guérin** et **Marcel Servigne**, présentée par M. André Danjon.

Il y a quelques années, Servigne et Vassy [1] ont montré les possibilités offertes aux spectroscopistes par l'emploi de sources semblables aux tubes luminescents industriels. Développant la même idée, Vigroux a constitué des sources plus stables en séparant les produits luminescents de la lampe à mercure excitatrice; il a vérifié que dans ces nouvelles conditions le spectre de luminescence avait une distribution énergétique très bien définie [2]. Dans les deux cas, la source n'émettait que des radiations visibles.

Les progrès récents réalisés dans la préparation de sels minéraux microcristallins luminescents permettent d'améliorer ces sources et d'en prolonger le rayonnement assez loin dans l'ultraviolet. Aussi une nouvelle étude de leurs propriétés est-elle devenue nécessaire.

La partie sensible de la source étudiée ici est constituée par un mélange, en proportions convenables, des divers sels cristallisés du tableau qui, sous l'action d'un rayonnement excitateur tel que la raie de résonance du mercure, émettent dans les diverses régions du spectre indiquées à la troisième colonne.

Substance.	Activée par	Domaine d'émission.
Halophosphate de calcium.....	traces de Mn et Sb	Rouge orangé (5 900 Å)
Silicate de zinc...............	traces de Mn	Vert (5 400 Å)
Tungstate de calcium.........	(pur)	Bleu (4 350 Å)
Silicate de baryum...........	traces de Pb	Ultraviolet (3 500 Å)
Phosphate de calcium.........	traces de Tl	Ultraviolet (3 190 Å)

La poudre homogène ainsi constituée, placée en une couche mince de 20 mm de diamètre et de quelques dixièmes de millimètre d'épaisseur, dans une coupelle métallique fermée par une lame de quartz est irradiée par une petite lampe en quartz à mercure sous faible pression (pour éviter le renversement de la raie de résonance) alimentée par un courant continu de 20 mA sous 300 V. Le spectre de luminescence de la lame donné par un spectrographe à optique de quartz est parfaitement continu de λ 2 900 Å

(1) *Revue d'Optique*, **16**, 1937, p. 423, et **21**, 1942, p. 88.

(2) *Annales d'Astrophysique*, **5**, 1942, p. 41.

jusqu'au delà du domaine de sensibilité des plaques panchromatiques; il présente un noircissement sensiblement constant dans tout ce domaine. Les raies du mercure qui coupent le spectre peuvent être très atténuées par interposition entre le tube à mercure et la lame luminescente d'une cuve en quartz contenant une solution aqueuse de sulfate de nickel et cobalt qui n'absorbe que faiblement les radiations excitatrices (plus courtes que λ 3 300 Å). Le rayonnement de la lame possède des propriétés très intéressantes.

Les poudres énumérées dans le tableau I ont été choisies parmi celles dont la luminescence est excitée presque exclusivement par les radiations voisines de λ 2 537 Å; elles sont à peu près insensibles à λ 3 660 Å et ne réagissent que faiblement au groupe λ 3 130 Å. Il était néanmoins important de vérifier dans quelles limites les modifications de la distribution de l'intensité entre les raies du tube à mercure pouvaient influencer la répartition de l'énergie dans le rayonnement émis, étant donné que certaines des radiations excitatrices apparaissent sur le fond même du spectre de luminescence émis par la lame (alors que dans le cas étudié par Vigroux elles en étaient très loin). Il a été constaté que pour faire subir au spectre continu de luminescence des déformations atteignant 10 % il fallait, soit faire varier dans un rapport 100 l'intensité du groupe λ 3 660 Å par rapport à la raie de résonance, soit dans un rapport 3 l'intensité du groupe λ 3 130 Å par rapport à cette même raie λ 2 537 Å. Or de telles amplitudes dans les variations d'intensité relative des raies sont loin de se produire lorsque l'on remplace le tube à mercure excitateur par un tube analogue, ou lorsque l'on fait varier dans de larges limites (de 20 à 50 mA) l'intensité du courant qui traverse ce tube : ces deux changements s'accompagnent de déformations atteignant rarement 3 % et il est facile de les réduire encore et de les annuler pratiquement en employant toujours à peu près le même courant d'excitation. D'autre part, un fonctionnement continu durant plusieurs jours de la lampe sous le même régime n'est accompagné d'aucune modification appréciable dans la répartition énergétique du spectre, mais seulement d'une légère baisse de l'intensité générale [3].

On voit donc qu'un mélange de poudres luminescentes donné, excité par une lampe à mercure d'un type assez sommairement caractérisé, constitue une source lumineuse dont la répartition énergétique peut être considérée comme invariable avec une très bonne approximation; sa durée de vie est pratiquement indéfinie, même en service prolongé. Elle possède en outre le double avantage de pouvoir être modifiée à volonté (en chan-

[3] Les données précises fournies par les expériences qui ont permis d'aboutir à ces conclusions seront exposées en détails par l'un de nous dans une autre publication (P. Guérin, *Revue d'Optique*, en préparation).

geant la nature et la proportion des poudres composantes) et d'avoir une brillance variable dans de très larges limites. Cette source ne peut être qu'un étalon secondaire car elle demande évidemment à être elle-même étalonnée, par référence au corps noir par exemple.

MAGNÉTOOPTIQUE. — *Variation thermique de l'effet Faraday de l'azote liquide pur.* Note de M. **François Gaume**, présentée par M. Jean Cabannes.

Cette mesure était nécessaire pour l'étude ultérieure des écarts à la loi d'additivité dans les mélanges d'oxygène et d'azote. Dans le domaine de 63,3° K à 82,3° K, la constante de Verdet de l'azote pur décroît régulièrement, tandis que le pouvoir rotatoire magnétique spécifique et la rotativité restent sensiblement constants.

Une précédente Note ([1]) mentionnait les résultats de mesures relatives à l'effet Faraday de l'oxygène liquide, entre 63,4° K et 94,6° K. Il a paru intéressant, en raison des propriétés paramagnétiques de l'oxygène, d'étudier l'influence d'une variation du champ moléculaire, en diluant l'oxygène dans un gaz inerte et diamagnétique comme l'azote. C'est pourquoi une étude préalable de l'effet Faraday de l'azote liquide pur est apparue nécessaire. La constante de Verdet de ce corps avait bien été mesurée pour diverses radiations par Chaudier ([2]) qui trouvait $\Lambda = 0,415.10^{-2}$ minutes par gauss.cm pour $\lambda = 5890$ Å et $\Lambda = 0,487.10^{-2}$ pour $\lambda = 5461$ Å. Mais l'azote utilisé était un produit commercial impur qui contenait certainement de l'oxygène, puisque l'auteur fait remarquer que le liquide était nettement attiré par les pôles de l'électro-aimant. Or, la présence d'oxygène même en faible proportion, affecte notablement la constante de Verdet de l'azote. De plus, la température n'était pas connue avec précision (température d'ébullition normale de l'azote commercial utilisé) et la variation thermique n'était pas étudiée. Enfin, les mesures absolues effectuées à cette époque sur l'eau et le sulfure de carbone étaient beaucoup moins précises que celles dont on dispose aujourd'hui.

Les présentes mesures sont effectuées dans le grand électro-aimant de Bellevue, au moyen du montage déjà utilisé pour l'oxygène. L'azote utilisé est chimiquement pur. La température dans le cryostat servant aux mesures est connue au moyen d'un thermomètre à tension de vapeur d'azote pur, à moins de 0,1° près, d'après les tables de tensions de vapeur de l'azote pur établies par Cath ([3]). Le pouvoir rotatoire magnétique spécifique $[\Lambda] = \Lambda/d$ est calculé

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2304. (Les deux nombres 0,397 et 0,393 figurant à la fin de cette Note sont les rotativités déterminées par MM. de Mallemann, Suhner et Grange pour l'oxygène gazeux et pour la radiation $\lambda = 5780$ Å. Pour la radiation verte $\lambda = 5461$ Å, ces rotativités sont respectivement 0,429 et 0,425.)

([2]) *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 1008.

([3]) *Comm. Leiden*, n° 152 *d*, 1918.

d'après les mesures de densité de Mathias, Kamerlingh Onnes et Crommelin (4), et la rotativité $([A].9n)/(n^2+2)^2$ d'après les mesures d'indices de réfraction de Johns et Wilhelm (5). Les rotations sont exprimées en minutes/gauss.cm, pour la raie verte du mercure $\lambda = 5461$ Å. Elles sont déterminées à partir des mesures absolues effectuées sur l'eau pure avec cette même radiation (6). Les erreurs accidentelles possibles sur la constante de Verdet sont de l'ordre de deux ou trois unités du dernier chiffre significatif. Elle peuvent être un peu plus élevées pour le pouvoir rotatoire magnétique spécifique et pour la rotativité qui font intervenir également d'autres mesures. Les résultats montrent que la constante de Verdet décroît régulièrement en fonction de T, en raison de la décroissance de la densité. Mais le pouvoir rotatoire magnétique spécifique et la rotativité restent sensiblement constants dans le domaine étudié.

Température (en °K).	Pression de vapeur de l'azote (en mm de mercure).	Constante de Verdet (en minutes par gauss.cm) pour $\lambda = 5461$ Å.	Pouvoir rotatoire magnétique spécifique $[A] = \frac{A}{d}$.	Rotativité $\frac{[A].9n}{(n^2+2)^2}$.
63,3	97	10^{-2}.0,490	10^{-2}.0,564	10^{-2}.0,511
63,6	103	0,490	0,566	0,512
65,3	138	0,482	0,561	0,508
67,3	193	0,478	0,561	0,510
68,3	224	0,476	0,563	0,511
69,2	256	0,472	0,560	0,509
70,1	293	0,474	0,564	0,513
73,3	462	0,465	0,564	0,513
77,9	810	0,457	0,568	0,519
78,2	834	0,453	0,563	0,515
80,1	1030	0,448	0,564	
82,3	1327	0,443	0,564	

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Diffusion de nucléons de* 200 MeV *par des particules* α. Note (*) de M. **Jean Heidmann**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

En 1950 nous avons calculé les caractéristiques essentielles de la diffusion de nucléons de 90 MeV par des particules α (1). Nous donnons ici les résultats calculés pour des nucléons incidents de 200 MeV, énergie actuellement acces-

(4) *Comm. Leiden*, n° 145 *c*, 1914.
(5) *Can. Journ. of Research.*, 15, Sect. A, 1937, p. 101.
(6) De Mallemann, Gabiano et Suhner, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 837.

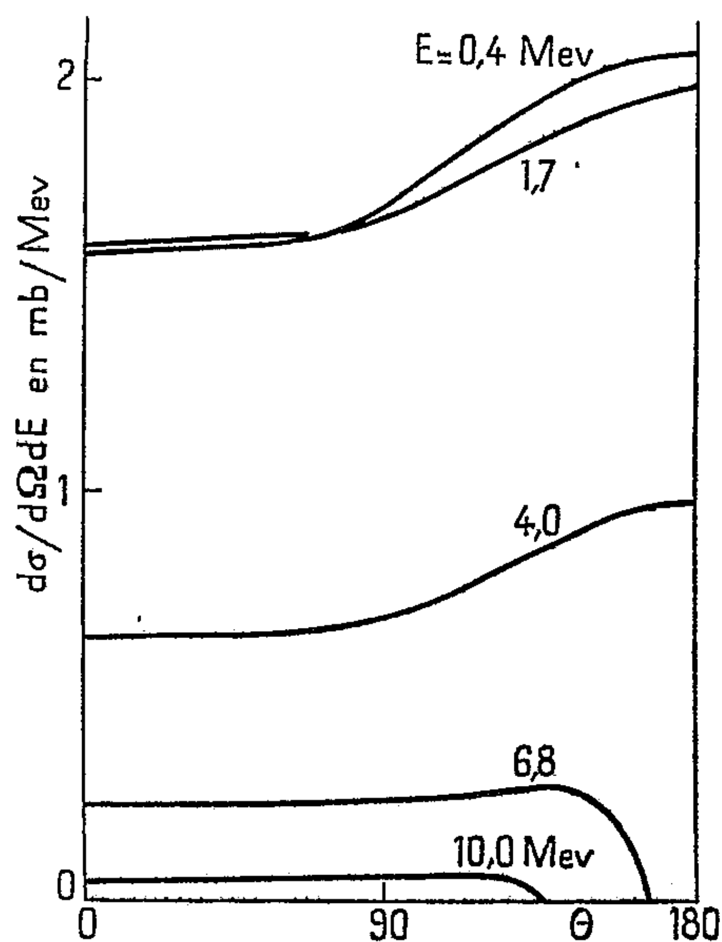
(*) Séance du 24 mars 1952.
(1) J. Heidmann, *Phil. Mag.*, 41, 1950, p. 444.

sible aux accélérateurs ([2]), ([3]). La méthode de calcul est exactement la même que celle utilisée dans le cas de nucléons de 90 MeV ; approximation de Born, potentiel de Serber gaussien, fonctions d'onde gaussiennes. Trois cas de diffusion sont ainsi traités :

1° *Diffusion élastique.* — Dans le système du centre de gravité de l'ensemble nucléon incident-hélion, la section efficace différentielle pour la diffusion du nucléon à un angle θ est

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = 4{,}50 \exp(-17{,}5\theta^2) \times 10^{-25}\,\text{cm}^2,$$

ce qui signifie que le nucléon est diffusé vers l'avant avec une section efficace totale de 81 millibarns et une dispersion angulaire de demi-demi-largeur de 11°. Très peu ($\sim 1 : 10^7$) sont trouvés être diffusés en arrière; pour des raisons que nous exposons plus bas, ce dernier résultat doit être considéré comme sans valeur.



2° *Diffusion avec arrachement d'un nucléon de l'hélion.* — Le calcul n'a été fait que dans le cas, plus simple, où ce nucléon est de nature différente de celle du nucléon incident, par exemple



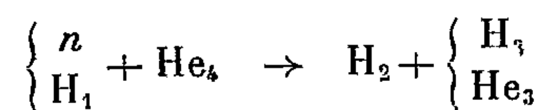
$$n + He_4 \rightarrow n + H_1 + H_3.$$

La distribution angulaire et énergétique du triton (ou du He_3 dans le cas de protons incidents) résiduel dans le système du laboratoire est donnée

([2]) C. SWARTZ, *Phys. Rev.*, 85, 1952, p. 73.
([3]) P. TANNENWALD, communication privée.

par la figure 1; θ est l'angle de recul du triton et E son énergie cinétique. Par intégration graphique approximative la section efficace totale pour ce mode de diffusion est trouvée égale à (90 ± 20) mb. Les tritons sont lents et émis presque isotropiquement. Il est à présumer, pour des raisons que nous exposons plus bas, que le calcul montrerait que le nucléon arraché est émis avec une énergie faible comparée à celle du nucléon incident.

3° *Diffusion avec formation de deuton.* — Pour la réaction



$$\left\{\begin{matrix} n \\ H_1 \end{matrix}\right. + He_4 \rightarrow H_2 + \left\{\begin{matrix} H_3 \\ He_3 \end{matrix}\right.$$

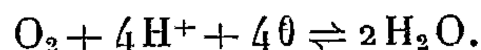
le calcul donne une section efficace totale d'environ 1/10 demillibarn; cette valeur est de deux ordres de magnitude trop faible, si on la compare à ce que l'on obtiendrait par l'emploi d'un modèle de Fermi corrigé ([4]).

Cela est dû à ce que dans ce cas, comme dans celui de la diffusion élastique en arrière ou dans celui où le nucléon arraché aurait une grande énergie cinétique, le calcul fournit un résultat très sous-estimé. En effet il entre alors dans le calcul de l'amplitude de diffusion des composantes de Fourier correspondant à de grands changements de moment, et l'emploi de fonctions de Gauss, très utiles pour faire analytiquement les intégrations, a pour conséquence de très sous-estimer ces grandes composantes. Et par grandes composantes on peut entendre, s'appuyant par exemple sur la théorie de la « portée effective » des forces nucléaires ([5]), des composantes de Fourier correspondant à des changements de vecteur-propagation supérieurs à $1,0\ 10^{13}\ \mathrm{cm}^{-1}$.

ÉLECTROCHIMIE. — *Mécanisme de la corrosion par l'oxygène.* Note de M. **René Audubert**, présentée par M. Eugène Darmois.

La théorie de la surtension appliquée à la corrosion des métaux en présence d'oxygène permet de préciser le mécanisme du phénomène.

Le rôle de l'oxygène dans la dissolution d'un métal au contact d'un électrolyte peut être prévu par des considérations thermodynamiques; on peut admettre, en effet, que l'oxygène intervient principalement en milieu acide et neutre suivant :



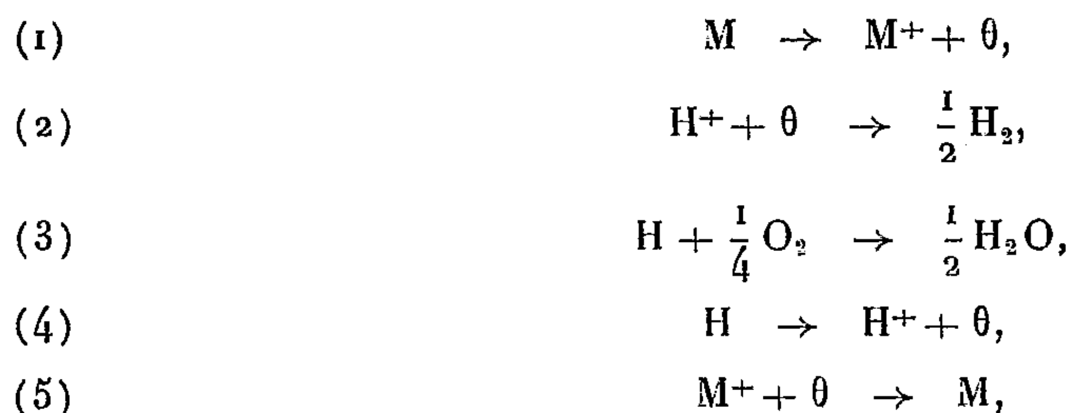
$$O_2 + 4H^+ + 4\theta \rightleftharpoons 2H_2O.$$

Si l'on admet d'autre part pour le métal, l'équilibre $M \rightleftharpoons M^+ + \theta$, on est amené à considérer les deux énergies libres suivantes : $E'_h = E_0 + 0,060 \log_{10}[M^+]$

([4]) J. Heidmann, *Phys. Rev.*, 80, 1950, p. 171.
([5]) H. A. Bethe, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 38.

pour le métal et $E_h = 1,23 - 0,060\,pH$ pour le système O_2/OH^-. Il y aura donc attaque si $E'_h < E_h$. Mais de telles considérations ne conduisent à aucune relation quantitative sur la cinétique de l'attaque, celle-ci cependant peut être déterminée à partir de la théorie de la surtension ([1]).

1° Considérons d'abord une attaque directe sans intervention des anions



(1) $$M \rightarrow M^+ + \theta,$$

(2) $$H^+ + \theta \rightarrow \frac{1}{2} H_2,$$

(3) $$H + \frac{1}{4} O_2 \rightarrow \frac{1}{2} H_2O,$$

(4) $$H \rightarrow H^+ + \theta,$$

(5) $$M^+ + \theta \rightarrow M,$$

on voit que les deux intensités partielles sont

(6) $$i_1 = k_1 S_M e^{-\frac{W_1 + \beta_1 \mathcal{F} v}{RT}} - k'_1 [M^+] e^{-\frac{W'_1 - \alpha_1 \mathcal{F} v}{RT}},$$

(7) $$i_2 = k_2 [H^+] e^{-\frac{W_2 - \alpha_2 \mathcal{F} v}{RT}} - k'_2 [H] e^{-\frac{W'_2 + \beta_2 \mathcal{F} v}{RT}}.$$

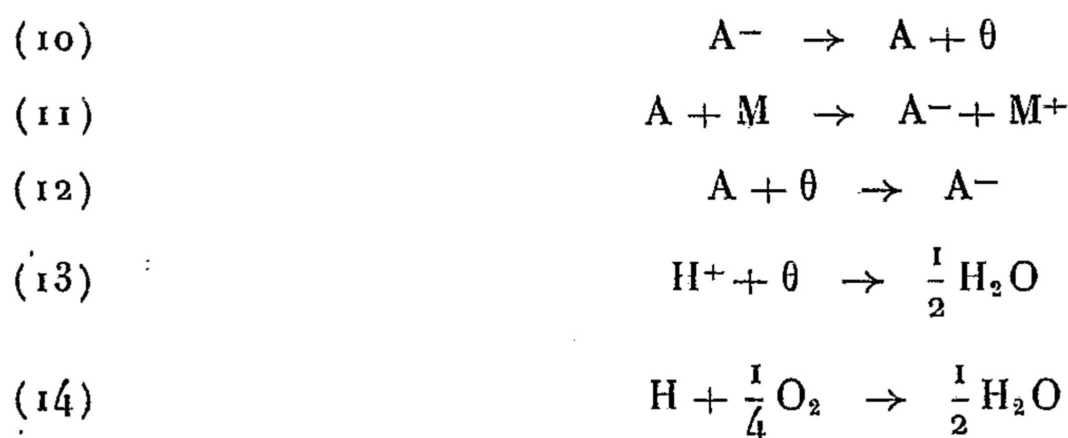
D'autre part l'activité ou la concentration des atomes d'hydrogène peut être tirée de :

(8) $$\frac{d[H]}{dt} = 0 = i_2 - k_3 [O_2]^{\frac{1}{4}} [H]$$

et transportée dans l'équation (7). Par suite $i_1 = i_2$ pour un système situé loin de l'équilibre donne enfin :

(9) $$v = \frac{(W'_2 - W_2 - W_1)}{(\alpha_2 + \beta_2 + \beta_1)\mathcal{F}} + \frac{RT}{(\alpha_2 + \beta_2 + \beta_1)\mathcal{F}} \operatorname{Log} \frac{k_1 - k_2 S_M}{k_3 k} - \frac{RT}{(\alpha_2 + \beta_2 + \beta_1)\mathcal{F}} \operatorname{Log}[H^+].$$

2° Si l'on admet maintenant que l'attaque est le résultat d'une action secondaire conformément aux processus :



(10) $$A^- \rightarrow A + \theta$$

(11) $$A + M \rightarrow A^- + M^+$$

(12) $$A + \theta \rightarrow A^-$$

(13) $$H^+ + \theta \rightarrow \frac{1}{2} H_2O$$

(14) $$H + \frac{1}{4} O_2 \rightarrow \frac{1}{2} H_2O$$

([1]) R. AUDUBERT, *J. Chim. Phys.*, **21**, 1924, p. 351; *J. Phys. et Radium*, **3**, 1942, p. 81; *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1166.

on considère les deux intensités partielles :

(15) $$i_1 = k_1[A^-]\, e^{-\frac{W_1 - \alpha_1 \mathcal{F} \phi}{RT}} - k'_1[A]\, e^{-\frac{W'_1 + \beta_1 \mathcal{F} v}{RT}},$$

(16) $$i_2 = k_2[H\ ]\, e^{-\frac{W_2 - \alpha_2 \mathcal{F} v}{RT}} - k'_2[H]\, e^{-\frac{W'_2 + \beta_2 \mathcal{F} v}{RT}}.$$

On tire alors [A] et $[H]^2$ des relations suivantes :

(17) $$\frac{d[A]}{dt} = i_1 - KS_M[A] = O,$$

(18) $$\frac{d[H]}{dt} = i_2 - k_3[O_2]^{\frac{1}{4}}[H].$$

L'égalité $i_1 = i_2$ donne enfin

$$v = \frac{RT}{(\alpha_2 - \alpha_1 + \beta_2 - \beta_1)\mathcal{F}} \operatorname{Log} B + \frac{B'}{(\alpha_2 - \alpha_1 + \beta_2 - \beta_1)\mathcal{F}} + \frac{RT}{(\alpha_2 - \alpha_1 + \beta_2 - \beta_1)\mathcal{F}} \operatorname{Log}[O_2]^{\frac{1}{4}} + \frac{RT}{(\alpha_2 - \alpha_3 + \beta_2 - \beta_1]\mathcal{F}} \operatorname{Log}\frac{[A^-]}{[H^+]},$$

où

$$B = \frac{k_1 k'_2 K S_M}{k'_1 k_2 k_3} \quad \text{et} \quad B' = W'_1 - W_1 + W_2 - W'_2.$$

On voit ainsi que dans ces types d'attaque le potentiel varie linéairement avec le pH, mais dans le cas d'une réaction secondaire l'activité de l'anion intervient.

On montre enfin que, toujours lorsque les systèmes sont situés loin de l'équilibre, la cinétique de la dissolution est représentée par

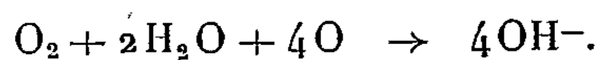
$$[M^+]^{\frac{1}{3}} = [M]_0^{\frac{1}{3}} + At,$$
$$[H]^{\frac{1}{3}} = [H^+]_0^{\frac{1}{3}} + At$$

où A est une constante comprenant les constantes cinétiques et les énergies d'activation.

Lorsque l'on considère le domaine complet de l'attaque l'équation de la cinétique est alors obtenue par

$$-(M) = \int_0^\infty i_1\, dt.$$

Notons enfin que pour des solutions alcalines on obtiendrait des relations analogues en considérant



$$O_2 + 2H_2O + 4O \rightarrow 4OH^-.$$

En résumé on voit qu'il est possible en comparant les courbes expérimentales aux diverses formules de préciser le mécanisme d'une corrosion.

CHIMIE MINÉRALE. — *Quelques essais récents sur la production d'acide nitrique à l'aide du rayonnement solaire*. Note de MM. **Félix Trombe**, **Marc Foëx** et Mlle **Charlotte Henry la Blanchetais**, présentée par M. Paul Lebeau.

Plusieurs publications (1), (2) ont souligné les progrès successifs réalisés dans la production d'acide nitrique à l'aide de l'énergie solaire. Nous donnons, dans le présent travail, le résumé des résultats obtenus au Laboratoire de l'Énergie Solaire de Mont-Louis, au cours de recherches effectuées en 1951, en liaison avec l'Ingénieur Général Fauveau, Directeur du Laboratoire Central des Poudres.

Le but de ces nouvelles recherches est d'améliorer le rendement énergétique de la production d'acide nitrique au four solaire et de définir également des conditions de travail avec des installations plus puissantes.

Dans nos essais précédents, le rendement en NO_3H au kilowattheure était de l'ordre de 4,5 g. Très récemment, MM. Guillemonat et Frixon, ont obtenu des rendements nettements supérieurs (2).

Il nous est apparu que les échanges entre gaz et parois soumises à l'action du rayonnement solaire étaient insuffisants car, d'après nos travaux précédents, le titre en oxyde d'azote, de 1,27 % pour de très faibles débits, baissait notablement dès que l'on atteignait quelques centaines de grammes d'air à l'heure.

Le montage qui nous a donné les meilleurs rendements comporte (*voir* figure) :

1° un préchauffage P des gaz autour de la cavité soumise au rayonnement solaire;

2° une circulation des gaz de la cavité arrière B vers la cavité portée à haute température A, à travers une pièce céramique en magnésie traversée par de nombreux canaux;

3° une aspiration, devant la cavité A, des gaz très chauds chargés de vapeurs nitreuses et d'une certaine proportion d'air extérieur. On réalise ainsi un refroidissement brutal qui permet d'éviter pratiquement la décomposition des oxydes d'azote obtenus à haute température.

Les résultats sont les suivants :

La température des gaz à la sortie du préchauffeur est de l'ordre de 800 à 1000° C.

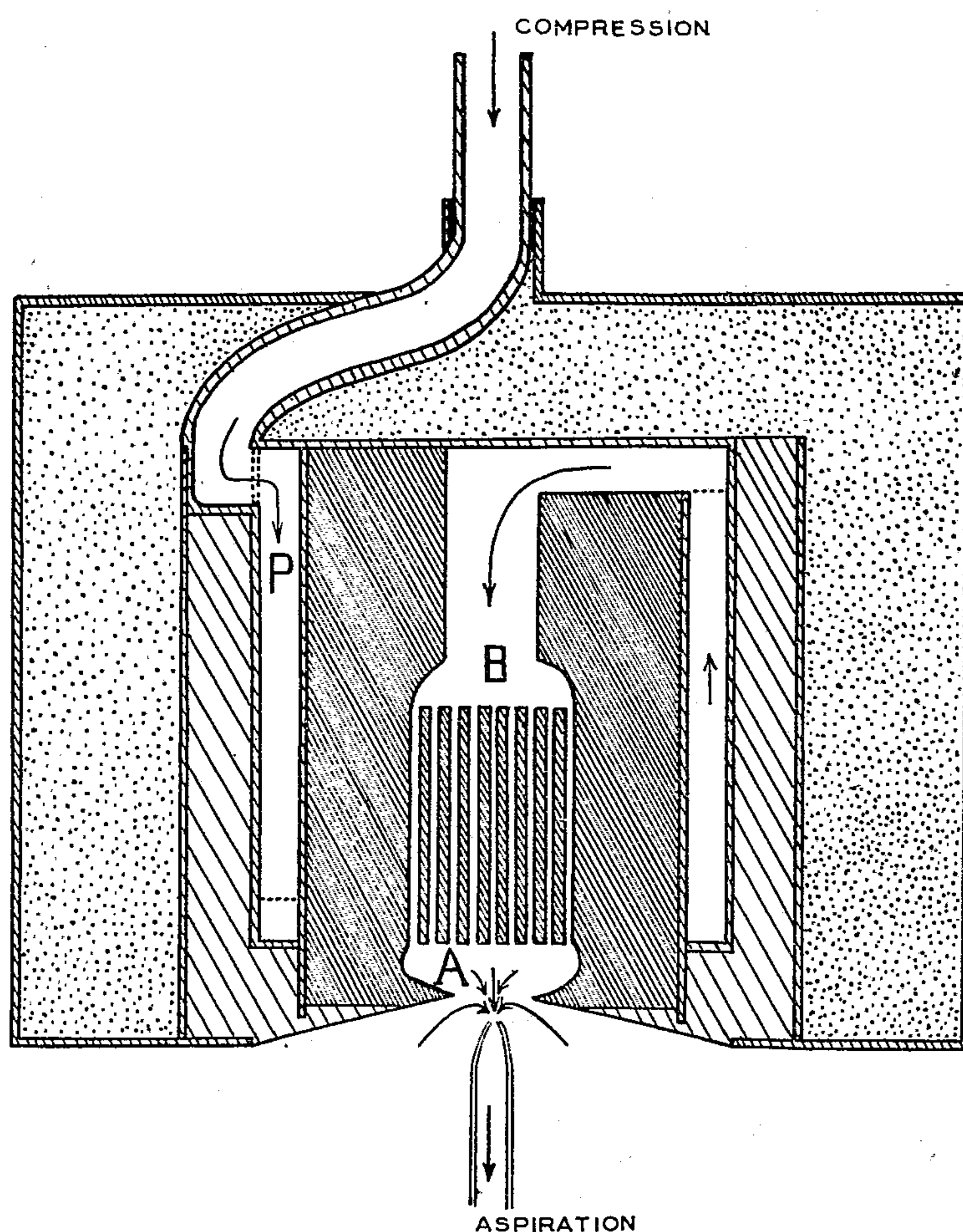
Le titre en oxyde d'azote de l'air, avant dilution, est de 3,4 % pour un débit de 180 g/h, 3,3 % pour 375 g/h, 2,0 % pour 600 g/h, 0,6 % pour 1100 g/h.

(1) F. Trombe, M. Foëx et Ch. Henry la Blanchetais, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1073; 233, 1951, p. 311.

(2) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1353.

Le rendement énergétique maximum est obtenu pour environ 400 g/h. Il est de 14 g d'acide nitrique au kilowattheure.

Le bilan thermique de l'opération, effectuée avec un four solaire d'une puissance de l'ordre de 2,5 kW, montre que 0,33 kW seulement sont utilisés pour le chauffage des gaz.



Théoriquement, le rendement de l'opération est donc de l'ordre de :

$$\frac{14 \times 2,5}{0,33} = 100 \text{ g environ de } NO_3H \text{ au kWh,}$$

On peut espérer, sinon atteindre cette valeur, du moins, avec des appareils plus puissants, comportant moins de pertes, et des échangeurs de calories, s'en rapprocher.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Photochimie du méso-azanaphtacène et de benzologues angulaires, obtenus à partir de la benzoisatine linéaire.* Note (*) de MM. **André Étienne** et **Alexandre Staehelin**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Préparation de la benzo [*b*] acridine ou aza-5-naphtacène, des dibenzo [*b*, *h*] et [*a*, *i*] acridines par la réaction de Pfitzinger entre la benzoisatine linéaire, la cyclohexanone, l'α et la β-tétralone. Étude de la photooxydation et de la photodimérisation de ces benzacridines.

L'application de la réaction de Pfitzinger à la condensation de la benzoisatine linéaire, I, corps pour lequel nous avions trouvé une méthode de synthèse ([1]), a été étendue au cas de la cyclohexanone, II, de l'α-tétralone, III, et de la β-tétralone, IV. On a pu préparer ainsi la benzo [*b*] acridine ou aza-5-naphtacène, V, la dibenzo [*b*, *h*] acridine, VIII, et la dibenzo [*a*, *i*] acridine, XII, ([2]) qui ont été soumis à la photooxydation et à la photodimérisation.

Préparations. — *a*. La cyclohexanone, II, donne avec I l'acide tétrahydro-1.2.3.4 aza-5-naphtacène carboxylique-1.2, VI *a*, ($C_{18}H_{15}O_2N$), carrés jaunes (acide acétique), F_{inst} 364-365°, décarboxylable à 300° en tétrahydro-1.2.3.4 aza-5-naphtacène, VI *b*, ($C_{17}H_{15}N$), aiguilles jaune pâle (sublimation) F_{inst} 170-171°. Ce corps, déshydrogéné, en présence de litharge au-dessus de 300°, donne l'aza-5-naphtacène, V, ($C_{17}H_{11}N$), ou benzo [*b*] acridine, feuillets orangés (sublimation) F_{inst} 225-226°, déjà préparé par d'autres méthodes ([3]) (F_{litt} 224-225°). L'oxydation chromique acétique donne l'aza-5-naphtacène quinone-6.11, VII ($C_{17}H_9O_2N$) aiguilles jaune pâle (acide acétique), F_{inst} 304-305° (cuve verte).

b. L'α-tétralone, III, donne avec I l'acide dihydro-5.6-dibenzo [*b*, *h*] acridine-carboxylique-7, IX, ($C_{22}H_{15}O_2N$), aiguilles jaunes (ac. acétique) F_{inst} 317-319°, qui se décarboxyle et se déshydrogène simultanément vers 300° en dibenzo [*b*, *h*] acridine, VIII, ($C_{21}H_{13}N$) aiguilles jaunes (benzène), F_{inst} 194-195° ([4]). L'oxydation chromique acétique de ce dernier donne la dibenzo [*b*, *h*] acridine dione-8.13, X, ($C_{21}H_{11}O_2N$), dimorphe : aiguilles, F_{inst} 265-267°, et prismes jaune pâle, F_{inst} 304-306° (cuve verte).

(*) Séance du 24 mars 1952.

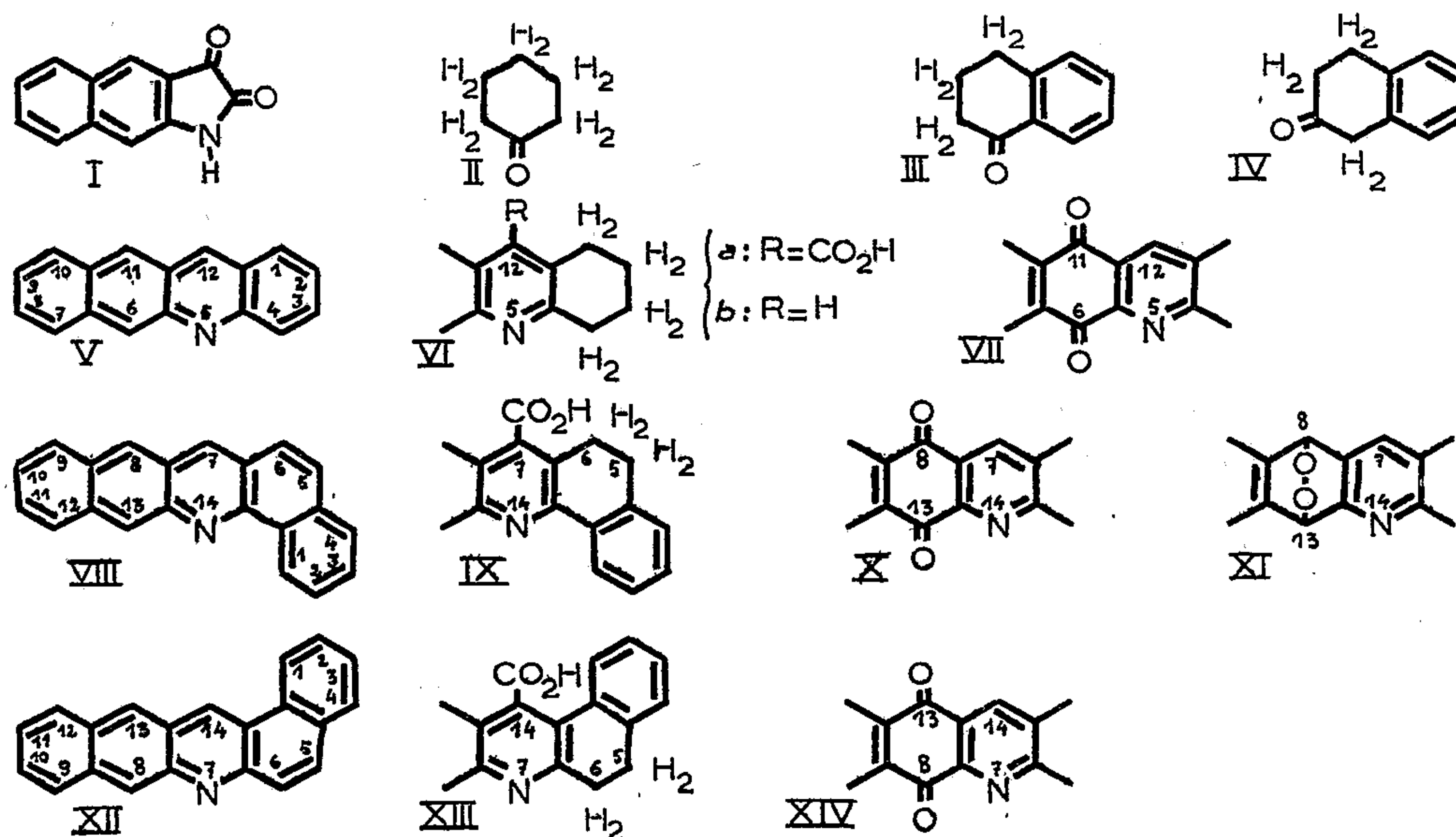
(1) A. Etienne et A. Staehelin, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1960; 233, 1951, p. 262.

(2) La nomenclature et la désignation des positions sont celles du « Ring Index ».

(3) J. von Braun, *Ann.*, 451, 1927, p. 1; M. Schöpf, *Ber.*, 27, 1894, p. 2840; A. Albert, D. J. Brown et H. Duewell, *J. Chem. Soc.*, 1948, p. 1284.

(4) Nous venons d'avoir connaissance d'un Mémoire de Ng. Ph. Buu-Hoï et P. Jacquignon publié récemment, *J. Chem. Soc.*, 1951, p. 2964, dans lequel il est décrit les deux dibenzo acridines VIII et XII, obtenues par une méthode différente de la nôtre. Toutefois le p. f. du premier corps ne correspond pas à celui que nous indiquons.

c. La β-tétralone, IV, donne avec I l'acide dihydro-5.6 dibenzo [*a*, *i*] acridine carboxylique-14, XIII, ($C_{22}H_{15}O_2N$), isomère de l'acide IX, aiguilles jaunes (ac. acétique)F_{inst} 358-360° qui se décarboxyle et se déshydrogène simultanément vers 250° en dibenzo [*a*, *i*] acridine, XII, ($C_{21}H_{13}N$), aiguilles jaunes (benzène), F_{inst} 207-208°, corps déjà obtenu autrement par d'autres auteurs ([4]), ([5]) (F_{litt} 205-206°). L'oxydation chromique acétique donne la dibenzo [*a*, *i*] acridine dione-8.13, XIV, ($C_{21}H_{11}O_2N$), dimorphe, aiguilles, F_{inst} 274-276° et prismes jaune-pâle, F_{inst} 291-293°, (cuve verte).



Propriétés photochimiques. — Par leur structure, l'azanaphtacène, V, et les deux dibenzacridines, VIII et XII, devaient présenter des propriétés photochimiques analogues à l'aza-1-anthracène et à l'acridine, dont ils sont des benzologues supérieurs. Or l'aza-1-anthracène est capable de se photo-oxyder pour donner un photo-oxyde instable, se transformant immédiatement en la mésoquinone, l'aza-1-anthraquinone et de se dimériser ([6]). Quant à l'acridine, elle ne donne pas de photo-oxyde, mais seulement un dimère ([7]).

La photo-oxydation des trois corps azacéniques, V, VIII, XII semble être analogue à la photo-oxydation des azanthracènes. Ainsi en solution sulfocarbonique et benzénique diluée, elle permet d'aboutir, plus ou moins rapidement, aux mésoquinones par l'intermédiaire des photooxydes. Cependant seul, le

([5]) E. STROHBACH, *Ber.*, 34, 1901, p. 4146; D. H. HEY et E. R. B. JACKSON, *J. Chem. Soc.*, 1936, p. 1783-1788.

([6]) A. ETIENNE, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 841; *Ann. Chim.* (12), 1, 1946, p. 38.

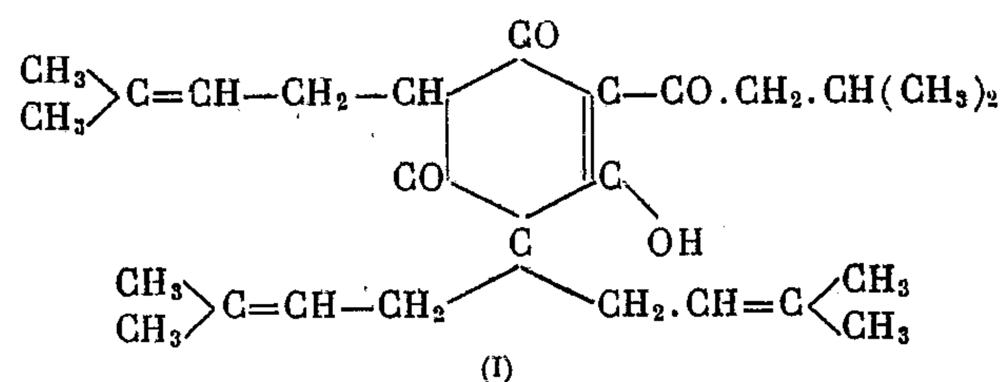
([7]) CH. DUFRAISSE et J. HOUPILLART, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 5, 1938, p. 626.

photo-oxy-8.13 dibenzo [*b*, *h*] acridine, XI, ($C_{21}H_{13}O_2N$), légèrement jaune, F_{inst} 195-200°, a pu être isolé sous forme cristalline. Par chauffage brutal, il explose en donnant un nuage comme le photo-oxyde de l'anthracène. Par chauffage lent, il se transforme partiellement en la quinone X, sans libérer d'oxygène.

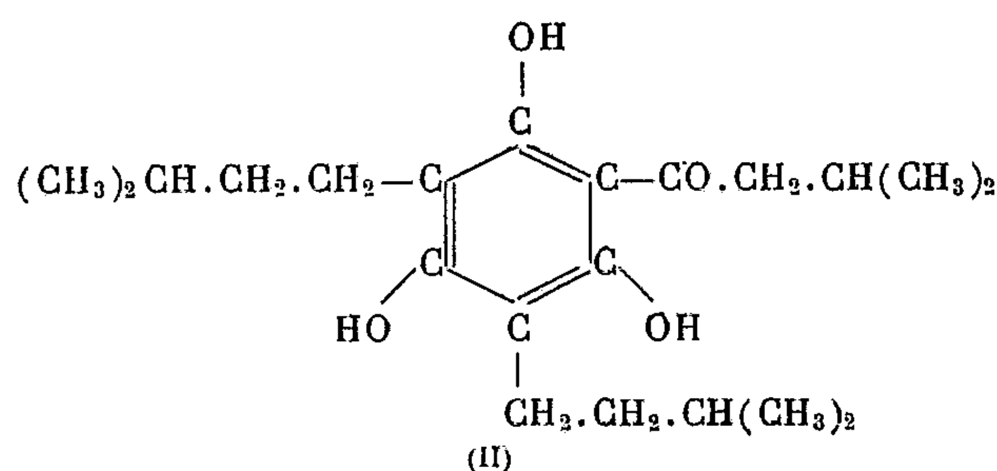
Si l'irradiation a lieu en solution éthérée concentrée, les trois corps V, VIII, XII se transforment en dimères, corps presque incolores, fondant au-dessus de 300°, insolubles dans les solvants usuels et régénérant les monomères respectifs par chauffage lent. Par analogie avec ce que l'on sait sur la photodimérisation de l'acridine et des azanthracènes, on peut concevoir, que la dimérisation puisse se faire par les positions méso de l'enchaînement acénique, soit par les sommets purement carbonés (6.11, et 8.13), soit par les sommets carbone-azote (5.12 et 7.14). Effectivement, on observe la formation de diverses formes cristallines, lors de la dimérisation de chaque produit, ce qui semblerait indiquer que l'on a affaire à des photodimères isomères mais ceux-ci n'ont pu être séparés en raison de leur insolubilité.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le produit d'hydrogénolyse de la lupulone.* Note de MM. **Serge David** et **Cevdet Imer**, transmise par M. Raymond Cornubert.

D'après Wöllmer l'hydrogénation catalytique sur palladium de la lupulone (I) ([1]), ([2]) conduit à l'isopentane et à la di-isoamylisovaleroylphloroglucine (II).



(I)



(II)

([1]) Wöllmer, *Ber.*, 58, 1925, p. 672.
([2]) Verzele et Govaert, *Bull. Soc. Chim. Belges*, 58, 1949, p. 432.

La structure (I) a été établie en fonction de celle de l'humulone, mais la singularité des réactions envisagées justifie la recherche de preuves directes. Nous avons réalisé de la façon suivante la synthèse du composé (II), non encore décrit dans la bibliographie que nous avons isolé sous forme de tribenzoate.

On procède à une double alkylation nucléaire simultanée de l'isovaleroylphoroglucine par deux molécules de « bromure d'isoprène »



dans les conditions décrites par Riedl ([3]). Après une durée de réaction de 12 h, le produit brut de condensation (4,6 g) est hydrogéné sous pression normale, à froid, en présence de chlorure de palladium (solution aqueuse à 10 % /2 cm^3).

Il y a fixation de 680 cm^3 d'hydrogène. On n'a pas cherché à isoler le composé II de l'huile obtenue après évaporation du solvant, puisque, d'après Wöllmer, celui-ci est amorphe, mais on a procédé tout de suite à la benzoylation d'une fraction (1 g) du produit brut par le chlorure de benzoyle (2 g) et la pyridine (4 cm^3), sous atmosphère de gaz carbonique. On abandonne trois jours à température ambiante, on élimine la pyridine et le chlorure de benzoyle en excès de la façon habituelle. Le résidu amorphe, de couleur très sombre, est extrait à l'éther de pétrole (600 cm^3 en tout) et la solution, passée sur une colonne d'alumine (30 g), est éluée à l'éther de pétrole. L'éluat est recueilli par un collecteur automatique de fractions de 20 cm^3. La fraction 21 (40 mg) cristallise dans l'alcool méthylique. On obtient, par cristallisations alternées répétées dans l'alcool méthylique et l'hexane, des aiguilles, F 164°, après un tassement à 158°.

Analyse. — $C_{42}H_{46}O_7$; calculé %, C 76,1, H 7,0; trouvé %, C 76,5, H 7,3.

Le point de fusion de 163-164° du benzoate du produit naturel II, préparé d'après Wöllmer, n'est pas modifié par mélange avec le produit synthétique et les propriétés de solubilité ainsi que l'aspect microscopique des cristaux sont les mêmes.

GÉOLOGIE. — *Sur la découverte du Trias au pied du Djebel Garian (Tripolitaine-Libye).* Note de M. **André-L. Brichant**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Le substratum triasique, représenté par les calcaires fossilifères du Muschelkalk, a été reconnu aux alentours d'Azizia, dans la Djeffara tripolitaine, par les géologues italiens depuis plusieurs décades. Toutefois, son faciès Muschelkalk n'a été établi qu'à la suite des études de Coggi ([1]).

([3]) *Brauwissenschaft*, 1951, p. 81.

([1]) *Ann. Mus. Lib. Stor. Nat.*, 2, *Tripoli* 1940, p. 140-156, 1 tav.

Au cours de la présente mission des Nations Unies pour l'Assistance technique à la Libye, j'ai parcouru l'escarpement du Djebel tripolitain depuis Homs jusqu'à la frontière tunisienne. En l'examinant, je n'ai pas manqué d'être frappé par son allure générale sub-tabulaire, la région centrale, vers Garian, faisant exception. Dans cette région, sorte de boutonnière s'ouvrant dans un cirque au pied de la partie la plus élevée du Djebel, j'ai été impressionné par les allures des couches, se redressant progressivement vers sa partie centrale et formant ensuite une sorte de dôme érodé, où l'on observe une succession de calcaires noirs à cherts, alternant avec des dolomies jaunâtres. Ces couches, qu'il était impossible de faire entrer dans l'ensemble Cenomanien-Wealdien de l'escarpement, inclinent vers le Sud-Sud-Ouest de 25 à 40° et plongent nettement sous le Wealdien, sans qu'une discordance angulaire nette y soit partout manifeste. Vers le Nord, elles se redressent jusqu'à 60° SSW au contact avec la venue d'une phonolite trachytique et ne se retrouvent plus de l'autre côté du massif éruptif, contre lequel vient buter le Wealdien horizontal effondré.

Ces observations peuvent être effectuées au Nord de Garian le long des deux pistes qui descendent respectivement vers la station de captage d'eau alimentaire de Garian et la Station Vertice, terminus d'un chemin de fer à voie étroite, jamais achevé. C'est entre les lieux dits Tadul et la Station Vertice que l'on retrouve la bande de calcaires noirs, très analogues à ceux d'Azizia, dont le contact en discordance angulaire avec le Wealdien est nettement visible. Plus au Nord-Ouest, elle disparaît sous les atterrissements quaternaires de la Djeffara.

Les observations précédentes sont absolument contraires à ce qui était connu de la géologie de l'escarpement du Djebel, considéré comme entièrement crétacé, avec les bandes continentales wealdiennes affleurant le long de sa base djeffarienne. Aussi, la solution de cette question controversée n'est intervenue d'une façon décisive qu'au cours de la visite que viennent d'y effectuer M. A. F. de Lapparent, Professeur à l'Institut catholique de Paris, et M. G. Castany, Chef du Service géologique de Tunisie, à laquelle s'était joint le Dr C. Chiesa, Directeur du Museo Libico de Tripoli, que j'ai guidés tous trois sur le terrain.

Grâce à son expérience en la matière, M. A. F. de Lapparent a immédiatement identifié le Muschelkalk et a reconnu *in situ* les fossiles caractéristiques d'Azizia que voici : *Modiola strigillata*, *Spiriferina lipoldi* var. *tripolitana* Bittner, *Ostrea calceoformis* Broili, *Myophoria unæquicostata* Klippst, Crinoïdes, fragments d'os de reptiles.

Ces couches passent vers le haut au Wealdien transgressif, tandis que vers le bas, le jeu de l'érosion a pu mettre à jour la partie inférieure du Muschelkalk. Cette dernière est marquée par deux niveaux de grès rou-

geâtres séparés par un calcaire dolomitique jaune à *Ostrea* et à ossements. Il est possible que cette série fasse suite au sommet du Werfénien, dont les derniers vestiges pourraient bien être représentés par les grès rouges psammitiques observables dans le lit de l'oued.

Ce niveau est incontestablement le plus bas connu à ce jour en Tripolitaine et il n'a jamais été repéré dans la région d'Azizia, où, seul, le Muschelkalk supérieur est bien exposé.

MM. de Lapparent et Castany ont été frappés par l'analogie de cette succession stratigraphique et la similitude des faciès avec ceux du Sud tunisien. Ainsi compris, le Muschelkalk exposé dans la boutonnière de Garian, a une puissance de l'ordre de 80 m.

Du point de vue tectonique, la boutonnière de Garian correspond à l'axe d'un vaste anticlinal plat décrit par l'ensemble du Djebel, dont la direction NNW-SSE coïncide avec la culminance orographique. Les nombreux pointements éruptifs s'alignent le long de cet axe suivant la même direction. Les venues éruptives les plus anciennes sont des phonolites trachytiques. De nombreux dykes de basalte traversent le Wealdien-Albien, où l'on peut observer de belles brèches de faille affectant ce dernier, séries que le Cénomanien sub-horizontal intact recouvre en transgression, indiquant ainsi l'existence de mouvements post-albiens dans la région. Des failles radiales de direction NNW-SSE marquent une série d'effondrements de la Djeffara au pied de l'escarpement du Djebel et devant le dôme d'Azizia.

Des mouvements hercyniens posthumes doivent avoir affecté le Trias durant le Jurassique, entièrement absent dans la boutonnière de Garian, et où le Wealdien recouvre directement le Trias, tandis que, plus vers l'Ouest, les gypses du Keuper-Lias affleurent dans une zone de subsidence suivant l'axe Chicla-Bir Ghnem. Ils s'enfoncent à leur tour sous le Bajocien fossilifère vers l'Ouest, tandis que vers le Sud, ils sont recouverts par le Wealdien.

La découverte de Trias dans la boutonnière de Garian, au pied de l'escarpement principal du Djebel tripolitain, constitue un fait nouveau, tout comme la découverte, en 1932, du Permien marin de la boutonnière de Toujane au pied du Djebel Tebaga, dans le Sud tunisien. G. Mathieu [2] l'a décrite comme l'une des découvertes géologiques les plus importantes faites en Afrique du Nord, à l'époque.

[2] *Annales des Mines et de la Géologie*, n° 4, Tunis, 1949.

GÉOLOGIE. — *Le Wealdien du Nord-Cameroun*. Note de Mme **Simone Defretin** et M. **Édouard Boureau**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Dès 1911, O. Mann (1) avait proposé un âge jurasso-crétacé pour les marnes et les grès de la région de Serrawel, village du Nord-Cameroun situé sur la route qui mène de Garoua à Guider.

Ces roches sont plissées en synclinal et lui avaient fourni un Poisson nommé *Lepidotus Manni*, une dent de Saurien et des Végétaux aériens.

Les matériaux que M. Edouard Roch a ramenés des environs immédiats de Serrawel et dont il nous a confié l'étude permettent de préciser qu'il s'agit de Wealdien.

A. Les Phyllopodes. — Ils se répartissent en deux espèces d'*Estheria* : *Estheria* (*Bairdestheria*) *Mawsoni* Jones, et *Estheria* cf. *dahurica* Chernyshev.

Les schistes du pont du Mayo Louti montrent un véritable empilement de valves aplaties, mais à test conservé. Leur forme générale est assez massive, telliniforme (à angles cardinaux arrondis), subquadrangulaire dans la région antérieure, plus contractée vers l'arrière. L'ornementation fine, typique du sous-genre *Bairdestheria* Raymond, est formé de stries radiaires très minces. Cette espèce semble pouvoir être rattachée à *Estheria* (*Bairdestheria*) *Mawsoni* Jones découverte au Brésil par Mawson lors de la construction de la voie ferrée de Bahia à Alagoinhas. Ch. F. Hartt, qui a étudié les terrains traversés, les attribue à des dépôts continentaux d'âge crétacé inférieur. Ce sont des schistes micacés riches en ostracodes où l'on trouve également, outre des *Estheria*, des débris de poissons, de reptiles et de plantes. Il y a donc, semble-t-il, similitude de faciès entre le gisement d'*Estheria Mawsoni* type et celui de l'espèce du pont du Mayo Louti.

Sur les échantillons récoltés lors d'un précédent voyage de M. Édouard Roch, on observe, outre *Estheriella camerouni*, une petite *Estheria* aux stries d'accroissement bien marquées. Les caractères observés concordent assez bien avec la description d'*Estheria dahurica* Chernyshev, du Jurassique tout à fait supérieur de Transbaïkalie et de Mongolie, où elle est associée à *Estheria Middendorfi* Jones. Mais les photographies présentées par l'auteur sont peu utilisables et notre détermination reste douteuse.

Les schistes du pont du Mayo Tafal montrent une grande abondance d'*Estheriella* se rattachant au groupe d'*Estheriella nodosocostata* Pruvost, mais parmi les espèces décrites jusqu'à présent (et qui toutes appartiennent

(1) E. Krenkel, *Géologie der deutschen Kolonien*. Un vol. in-8° de 272 p. Borntraeger, 1939.

au Trias) aucune ne correspond à l'espèce du Cameroun et nous proposons d'en faire une espèce nouvelle : *Estheriella* (*s. str.*) *camerouni* nov. sp.

Enfin dans des schistes du même gisement, mais de teinte violacée à brunâtre, on peut voir quelques grandes valves fortement bombées, à test conservé, montrant trois côtes radiaires partant du crochet et se dirigeant, à peine divergeantes, vers le bord ventral. Elles sont accompagnées de côtes radiaires plus fines disposées sur tout le reste de la coquille. Ce caractère nous permet de déterminer cette espèce comme *Estheriella*, groupe *Estheriella multiradiata* Pruvost, sous-genre *Dadaydedeesia* Raymond et nous proposons de la désigner sous le nom de *Estheriella* (*Dadaydedeesia*) *tricostata nov. sp.*

Ces deux espèces nouvelles seront décrites ultérieurement.

L'étude de ces Phyllopodes semble donc indiquer que les schistes qui les contiennent pourraient appartenir à des formations continentales plus ou moins lagunaires, d'âge probablement Wealdien. En outre, cet âge Crétacé inférieur porte la durée des *Estheriella*, qui s'éteignaient, croyait-on, au Trias, jusqu'à une époque beaucoup plus récente.

B. Les Végétaux. — Leurs lieux de récolte sont les mêmes que ceux des *Estheria*. Nombreux sont les fragments de plantes hachées si menu que toute détermination est impossible à l'exception de deux échantillons relativement bien conservés.

a. Pagiophyllum sp., rappelant beaucoup le *P. crassifolium* (Schenk) Seward du Wealdien (*cf.* Seward : *Catalogue of the mesozoic plants*; *Wealden Flora*, pt. II, p. 212 et pl. XVI, *fig.* 1 et 2).

b. Frenelopsis sp. particulièrement ressemblant au *Frenelopsis Hohenggeri* (Ettings) Schenk, d'abord par les caractères d'ensemble de l'empreinte (grandeur, disposition foliaires). L'empreinte, est, en effet, rigoureusement superposable à la figuration qu'a fournie Schenk d'après un échantillon de l'Urgonien des Carpathes et qu'a redonnée Zeiller dans ses *Éléments de Paléobotanique* (1900, p. 274, *fig.* 195). En outre, le rapprochement est permis en raison de la structure de l'appareil stomatique, assez bien conservé et comparable à celui que Carpentier a mis en évidence dans son travail sur les *Frenelopsis* du Campanien inférieur du massif de la Sainte-Beaume (*Ann. Museum Hist. nat. de Marseille*, 1937) et dans une étude des végétaux fossiles de l'Hauterivien du Pays de Bray (*Bull. Soc. géol. Fr.*, 6 février 1933). *Frenelopsis* est un genre essentiellement crétacé qui persiste jusqu'au Sénonien supérieur; *F. Hohenggeri* est bien représenté surtout dans le Crétacé inférieur.

En conclusion, la faune et la flore s'accordent à prouver l'âge wealdien des formations synclinales de Serrawel.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur l'asymétrie des versants dans l'île de Disko, Groenland* (1). Note (*) de M. **Jean Malaurie**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Une asymétrie climatique oppose, dans l'île de Disko, les versants nord-est aux versants sud et ouest. Un concours complexe de faits (asymétrie d'origine thermique, inégalité des répartitions nivométriques) explique le retard d'évolution qui singularise les versants nord et nord-est.

Sur la côte ouest, basaltique de l'île de Disko, une asymétrie climatique oppose les versants nord-est à éboulis vifs et encore soumis à une érosion glaciaire (langue glaciaire issue de calotte locale, rock-glaciers actifs) aux versants sud et ouest à éboulis morts ou de coulières dont tout appareil glaciaire a actuellement disparu.

Contraste d'adret et d'ubac : il mérite toutefois d'être précisé (2). Il se traduit en effet à cette latitude par une asymétrie morphologique inverse de celle généralement établie dans l'Europe périglaciaire (Champagne, Veluwe, etc.). Exposés au nord et particulièrement au vent dominant inlandsisien du Nord-Est, les versants ubac des falaises de Disko-fjord, Mellemfjord et Nord-fjord subissent un nombre de journées de gel et de dégel moindre que les versants adrets et, de ce fait, ne connaissent qu'une activité morphologique réduite. La toponymie locale traduit avec netteté ce contraste d'exposition en distinguant les versants alangoq (nord), froids et raides des versants sarqaq (sud) mieux exposés et généralement choisis comme sites d'habitation.

En matériel gréso-sableux de stratification horizontale (montagne crétacé-éocène de Skansen), une asymétrie de sens analogue oppose les versants nord-est au vent, vifs et redressés, aux longues pentes sud et ouest. La végétation fixe à l'aval les pentes méridionales et entrave le développement de la solifluxion. Un concours complexe de faits (exposition, faible enneigement, vent, tjäle ou permafrost proche de la surface du sol) explique le retard d'évolution qui singularise les versants nord et nord-est. La pente d'un talus dépend en partie, on le sait, du perma-frost (degré d'enfoncement, forme). Elle diffère donc selon les orientations. A Skansen, les observations concordent. Sur les pentes nord-est où le perma-frost est proche de la surface, la tranche de sol dégelé étant peu épaisse, le versant,

(*) Séance du 24 mars 1952.

(1) M. Cholley, M. Baulig, M. Birot et M. Dresch nous ont conseillé lors de la publication de ces Notes successives.

(2) Emm. de Martonne, *La dissymétrie des glaciations régionales et ses facteurs.* (*Geografiska Annaler. Mélanges* offerts à Hans W. Allmann, 1949, p, 200-203.

au cours de son évolution, garde sa raideur initiale. Sur les pentes méridionales au dégel profond, les profils au contraire, généralement s'adoucissent. Cette forte asymétrie est encore accusée par une inégalité des répartitions nivométriques. Les versants ubac ou alangoq, au vent, découverts de neige, ne subissent en effet, lors de l'été, du fait d'une certaine sécheresse que des phénomènes réduits de soliflu̧xion et de ruissellements. Les versants adrets ou sarqaq, sous le vent et enneigés peuvent, par contre, de fin mai à mi-septembre, évoluer rapidement en raison d'une fonte importante *in situ*.

Agent de transport et de remblaiement, la solifluxion agit en premier lieu. Elle prépare les effets du ruissellement qu'en septembre elle contribuera parfois à effacer. Le ruissellement intervient lorsque l'enfoncement du permafrost permet à la pâte dégelée (la « zone mobile » de K. Bryan) d'acquérir une suffisante cohérence à la suite d'un assèchement relatif (juillet). En surface, les filets d'eau se multiplient. Des réseaux de ruisselets découpent les versants. Pour 20 à 30 jours, les talus sableux de Skansen offrent le faciès inattendu d'une topographie argileuse ravinée de badlands. Ces observations rejoignent partiellement les interprétations morphologiques faites en Russie du Nord par I.-J. Iermilov (1934). Elles confirment les conclusions présentées pour des cas similaires, récemment étudiés, d'une part au Spitzberg (3), d'autre part, en Allemagne (4).

HYDROLOGIE. — *Sur l'emploi du bichromate de sodium dans la mesure du débit des cours d'eau par colorimétrie*. Note de M. **Maurice Dodero**, présentée par M. Joseph Pérès.

La mesure du débit des rivières par la méthode chimique, au chlorure de sodium, se heurte à de grosses difficultés lorsqu'il s'agit de débits importants. Il n'est guère possible, en effet, de doser avec précision des solutions renfermant moins de 0,03 g/l de ClNa, ce qui conduit à injecter des quantités de sel trop considérables.

Pour réduire ces quantités, plusieurs auteurs ont proposé d'employer des sels dont l'analyse, aux dilutions élevées, serait plus précise que celle du chlorure de sodium. Ils ont amélioré la méthode, mais sont restés tributaires de l'analyse chimique, toujours longue et délicate. L'un d'eux a utilisé des procédés de microtitrage, en particulier l'analyse colorimétrique (1); mais,

(3) L. H. McCabe, *Nivation and corrie erosion in West Spitsbergergen* (*The Geographical Journal*, 1939.

(4) Julius Büdel, *Die morphologischen Wirkungen des Eiszeitklimas im gletscherfrein Gebiet Geol. Rundschau*, Bd. 34, Heft 7-8, 1944).

(1) R. Zirilli, *Thèse*, Lausanne, 1943.

sans doute en raison de la nature des sels d'injection qu'il avait choisis, la méthode ne s'est pas développée.

Reprenant les essais de la mesure des débits, à l'aide d'injections renfermant le moins de sel possible, nous avons proposé d'utiliser le bichromate de sodium et les colorimètres à cellules photoélectriques ([2]).

Nous indiquons ici les dilutions finales que l'on peut pratiquer, ainsi que la précision correspondante de la mesure.

Nous rappelons tout d'abord, que la méthode colorimétrique consiste à comparer la coloration de l'eau de la rivière, après addition de la solution d'injection, avec la coloration d'une solution étalon obtenue en diluant la solution mère dans des ballons jaugés. Si les dilutions sont égales, les colorations le sont aussi. En appelant Q le débit de la rivière, q le débit de la solution d'injection et δ la dilution étalon obtenue en ballons jaugés en étendant à V_2 un volume V_1 de solution mère, $(\delta = V_2/V_1)$, $(Q+q)/q = \delta$, où $Q = q(\delta - l)$. Cette relation peut s'écrire $Q = q\delta$ lorsque l est négligeable vis-à-vis de δ, ce qui est généralement le cas.

Dans le mode opératoire que nous utilisons, nous graduons en dilution un photocolorimètre à cellules photoélectriques. Cette graduation s'effectue à l'aide de plusieurs solutions d'étalonnage, de dilution δ_1, δ_2, δ_3, δ_4, les colorations de deux d'entre elles encadrant celle de l'eau de la rivière. Il est ainsi très rapide de connaître la dilution δ par une simple lecture au photocolorimètre.

La précision sur δ dépend, d'une part, de la précision des opérations de dilution des solutions d'étalonnage, et d'autre part, de la précision dans l'emploi du photocolorimètre.

Deux ou trois remplissages successifs de ballons jaugés sont en général nécessaires pour obtenir les solutions témoins; malgré cela, la précision de la dilution reste de quelques millièmes : en effet, en employant des ballons jaugés de précision, normalisés par l'AFNOR, dont les tolérances sont, par exemple, de 0,015 cm^3 pour 10 cm^3 et 0,5 cm^3 pour 2000 cm^3, on fait une erreur relative qui est chaque fois de l'ordre du millième.

Quant à la précision de la mesure au photocolorimètre, elle dépend des qualités de sensibilité et de fidélité de l'appareil, et aussi de la densité optique de la solution.

Cette précision passe, comme on le sait, par une valeur optimum dont on s'écarte lorsque l'on veut utiliser des solutions étendues dans le but d'économiser le sel. Il y a donc lieu de connaître cette précision pour les diverses concentrations que l'on se propose d'employer. Il est possible de l'évaluer d'après la courbe d'étalonnage donnant la dilution en fonction de la déviation n de l'indicateur de l'appareil; il suffit de déterminer, pour chaque valeur de n, l'incertitude de cette indication, et, après avoir traduit cette erreur dn, en

([2]) M. DODERO, *Bull. Soc. Sc. Dauph.*, 63, n° 2, mars 1948.

dilution $d\delta$, de calculer $(d\delta/dn)$. On peut admettre que l'incertitude dn est l'écart maximum de n par rapport à la valeur moyenne de plusieurs mesures (10 par exemple) répétées dans des conditions identiques. Il est à remarquer que l'incertitude peut être diminuée en prenant pour valeur de n, la moyenne de quelques mesures (3 par exemple).

Ainsi, avec le bichromate de sodium coloré par de la diphényl carbazide, et avec un photocolorimètre à deux cellules, dont la cuve a deux centimètres d'épaisseur, il faut compter que cette précision est de l'ordre de 1/10 pour des solutions de 0,02 mg/l de bichromate, 1/100 pour 0,2 mg/l, 1/1000, pour 2 mg/l.

Cette méthode colorimétrique des mesures de débit, dont la précision en fonction de la dilution n'avait pas été indiquée, avait été mise en pratique au Verdon en 1948, avec des concentrations finales de 2 mg/l ([3]). Avec la même. concentration et un appareillage léger, qu'il a spécialement mis au point, le Laboratoire des Essais Hydrauliques de l'Institut Polytechnique de Grenoble, utilisant d'autre part les valeurs de δ déterminées par le Laboratoire d'analyse de l'Institut d'Electrochimie, a effectué plus de 500 jaugeages dans les Alpes jusqu'à des débits de 80 m³.

A la lumière des données que nous communiquons, des mesures de débits plus élevés sont actuellement envisagées, et le champ d'application de la méthode se trouve ainsi élargi.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Sur la direction du champ magnétique terrestre, dans la région de Trèves, vers* 380 *après J.-C.* Note de M. **Émile Thellier** et Mme **Odette Thellier**, présentée par M. Charles Maurain.

Nous avons montré comment on pouvait retrouver, sur les parois en place d'un four ancien, les valeurs précises de la déclinaison et de l'inclinaison du champ magnétique terrestre à l'époque de la dernière chauffe du four, et nous avons présenté des résultats ainsi obtenus à Carthage ([1]).

Un travail analogue a été effectué plus récemment en Rhénanie. Avec l'aide active du Dr Eiden, Directeur du Landesmuseum de Trèves, qui a bien voulu mettre à notre disposition son terrain de fouilles (49°56′ N, 6°42′ E), à Herforst, en forêt de Speicher ([2]), nous avons pu prélever des fragments de parois sur un four romain qui aurait été abandonné au cours de la seconde moitié du IVe siècle après Jésus-Christ ([3]). Nous avons recueilli

---

([3]) R. Silber, *Bull. Soc. Sc. Dauph.*, 63, n° 2, mars 1948; R. Silber, Dumas et Dodero, *Mém. et Trav. Soc. Hydrotechn. France*, 2, 1948, p. 124.

([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1476.

([2]) H. Eiden, *Germania*, 29, 1951, p. 305.

([3]) H. Eiden, Communication orale sur les résultats de sa campagne de fouilles qui seront publiés à Trèves.

ainsi 14 échantillons, à orientation repérée, dont les moments magnétiques rémanents, mesurés au laboratoire, conduisent aux valeurs suivantes D et I, pour la déclinaison et l'inclinaison magnétiques anciennes :

N° de l'échantillon.	Position.	D.	I.
1	Paroi Centrale	3°,30 W	59°,0
2	»	5,15 W	57,0
3	»	0,45 W	60,15
4	»	0,0	62,45
5	»	1,0 W	63,15
6	»	1,0 E	61,30
7	»	0,0	63,0
8	»	3,45 W	60,0
9	Paroi Est	9,45 E	62,30
10	»	5,30 E	59,45
11	Paroi Nord	4,0 W	61,30
12	»	0,30 W	62,0
13	Paroi Ouest	2,0 W	62,15
14	»	2,45 W	62,45

Ces valeurs présentent une dispersion bien supérieure à celle des nombres correspondants pour les fours de Carthage [1]; elle est due à la valeur relativement forte de l'intensité d'aimantation des parois du four d'Herforst (aimantation spécifique moyenne 26.10^{-4} u.e.m., contre 6.10^{-4} u.e.m. pour l'ensemble des échantillons des fours de Carthage), de telle sorte que ce four s'est refroidi jadis dans un champ légèrement perturbé. On peut montrer que l'effet systématique de l'ensemble du four est minime et nous l'avons atténué encore par la répartition symétrique de nos points de prélèvements. Mais à cause de l'hétérogénéité des parois, il reste l'effet d'anomalies magnétiques très locales, à l'échelle de la dimension des échantillons. Nous avons déterminé leur ordre de grandeur en notant, au moyen d'un déclinatoire, la direction du méridien magnétique perturbé actuel, sur chacune des surfaces horizontales de référence des échantillons. Nous avons trouvé ainsi que la déclinaison magnétique locale actuelle variait entre 1°,45 W et 6°,45 W, avec une valeur franchement aberrante de 10°,45 sur l'échantillon 9, qui présente une déclinaison fossilisée elle aussi aberrante. Il faut remarquer que les anomalies observées en chaque point du four actuel décapité ne sont pas celles qui existaient aux mêmes points sur le four entier, mais elles révèlent bien les irrégularités locales. Les écarts qui en résultent pour la direction de l'aimantation ancienne étant répartis au hasard, et le nombre des échantillons étant raisonnablement élevé, les erreurs sur les valeurs moyennes de D et I sont faibles et nous pouvons

donner comme éléments de la direction du champ terrestre, à Herforst, vers 380 :

$$D = 1^{\circ}\,W, \qquad I = 61^{\circ},15 \text{ boréale.}$$

Pour la déclinaison, on a, en réalité, 0°,30 W et 1°,15 W suivant que l'on conserve ou supprime l'échantillon 9. Cette hésitation reste insignifiante si l'on veut bien considérer la rapidité de la variation de la déclinaison (1° tous les 8 ans, actuellement, en France); l'indétermination archéologique sur la date d'abandon du four est nettement plus importante. Ainsi, malgré les conditions un peu anormales rencontrées là par suite de la valeur exceptionnellement forte des aimantations, l'apport du physicien reste précis dans cette collaboration de l'archéologie et du géomagnétisme.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le métabolisme de l'acide glyoxylique.* Note de Mme **Geneviève Brunel-Capelle**, présentée par M. Raoul Combes.

La dégradation de l'acide glyoxylique peut être provoquée, chez les végétaux, par des enzymes ou par des principes naturels comme le glutathion, la cystine, la cystéine et l'acide ascorbique.

On attribue actuellement à l'acide glyoxylique un rôle important dans le métabolisme végétal. Cet acide serait d'après Kolesnikov [1] un des premiers termes de la photosynthèse. Produit transitoire du catabolisme des glucides, il se forme à partir de composés en C_4 et en C_2 par des oxydo-réductions successives et donne finalement de l'acide oxalique ou de l'acide formique et de l'anhydride carbonique [2]. Il constitue encore un des termes ultimes de l'hydrolyse enzymatique des uréides glyoxyliques. Enfin, il peut résulter de la décarboxylation de l'acide mésoxalique sous l'influence des substances biologiques à fonction thiol [3]. Dans cette Note, nous nous proposons de préciser la nature des réactions qui peuvent éventuellement conduire à la dégradation de cet acide chez les végétaux.

Lorsqu'on fait agir la macération d'*Agaricus campester* sur de l'acide glyoxylique à la concentration M/1 000 en présence d'urée, on constate la formation d'acide allantoïque [4] mais, la majeure partie de l'acide glyoxylique n'est pas

(1) *Izvest. Akad. Nauk., S. S. S. R., sér. Biol.*, 1949, p. 281; *Dokl. Akad. Nauk., S. S. S. R.*, 71, 1950, p. 911; N. E. Tolbert et R. H. Burris, *J. biol. Chem.*, 186, 1950, p. 791; *Symposium on Carbone dioxyde fixation and photosynthesis*, 1951, Cambridge.

(2) E. Sieburg et K. Vietense, *Hoppe-Seylers Z.*, 108, 1919, p. 219; N. E. Tolbert C. O. Clagett et R. H. Burris, *J. biol. Chem.*, 181, 1949, p. 965; V. M. Smith, *Arch. of Biochem.*, 22, 1949, p. 275.

(3) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1480 et 1658. Un mécanisme analogue de décarboxylation se rencontre chez les animaux.

(4) A. Brunel et G. Brunel-Capelle, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1130; 76e *Congrès Soc. savantes*, 1951, p. 227.

utilisé pour la synthèse de l'uréide et disparaît du milieu. Cette dernière transformation n'est pas essentiellement enzymatique puisqu'un essai témoin où la macération a été portée, au préalable, trente minutes à l'ébullition, conduit encore à une destruction partielle de l'acide glyoxylique. On retrouve chez *A. campester* un phénomène que nous avons déjà signalé chez les végétaux chlorophylliens ([5]) : coexistence dans le même végétal de deux processus de transformation, l'un enzymatique, l'autre biochimique.

Pour *A. campester* la transformation enzymatique de l'acide glyoxylique à 38° commence à pH 6,0; elle est optimum pour la zone de pH comprise entre 8,8 et 9,6. L'influence de la concentration en substrat, déterminée à pH 9,0, montre que l'activité du champignon est maximum pour les faibles teneurs en acide glyoxylique. Les teneurs élevées conduisent à une inhibition de l'enzyme que l'on peut attribuer à une adsorption excessive du substrat par le catalyseur rendant difficiles les réactions ultérieures.

Temps d'action...	20 mn.			2 h.			
Acide glyoxylique.	M/4 000	M/2 000	M/1 000	M/1 000	M/500	M/200	M/100
Acide glyoxylique détruit (%)....	85,1	51,3	27,4	91,0	57,2	13,9	7,2

Une telle constatation permet de penser que le catalyseur responsable de la transformation est l'enzyme de Schardinger. La quinone n'inhibe pas la réaction, le cyanure l'inhibe totalement par suite de sa combinaison avec le substrat : il y a formation du nitrile tartronique.

La transformation non enzymatique de l'acide glyoxylique peut être provoquée par des composés tels que l'acide ascorbique, la cystine et certains dérivés thiols. Avec l'acide ascorbique M/1000 à 38° et à pH 9,0, on obtient en une heure par action sur une solution M/1000 d'acide glyoxylique une destruction de 49 % du substrat. La cystine et les dérivés thiols conduisent aux résultats suivants :

Temps d'action...............	20 mn.	50 mn.	1,30 h.	2,30 h.	3,30 h.
Cystine M/1000.................	–	–	37,4	–	58,0
Glutathion M/1000.............	8,9	15,0	23,4	32,4	35,2
Cystéine M/1000................	49,3	57,1	65,6	65,7	65,2
Ac. thiomalique M/1000.........	0	0	0	0	0

L'étude séparée des constituants du glutathion montre que l'acide glutamique et le glycocolle sont totalement dépourvus d'action sur l'acide glyoxylique. La réaction avec la cystéine est très particulière : dès que l'on ajoute cet amino-acide à la solution d'acide glyoxylique, ce dernier n'est plus décelable à froid par le réactif phénylhydrazinique. Pour obtenir la réaction colorée il

([5]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1979.

est nécessaire de porter, au préalable, le mélange à l'ébullition en présence de phénylhydrazine. Se forme-t-il une thiazolidine comme dans le cas de l'acide pyruvique, thiazolidine dont la structure est apparentée à l'hétérocycle pentagonal de la pénicilline? L'acide thiomalique est sans action alors qu'au même titre que le glutathion, la cystéine et l'acide thioglycolique, il décarboxyle à pH 2,2 l'acide mésoxalique.

On est donc amené à constater que, dans un même végétal, la dégradation de l'acide glyoxylique peut s'effectuer simultanément par des voies différentes. La très grande réactivité de cet acide permet de concevoir le rôle physiologique important qu'on lui attribue aujourd'hui dans le métabolisme, ainsi que les difficultés que l'on éprouve à le caractériser chez les végétaux.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les phénomènes d'histogenèse observés dans des cultures* in vitro *de tissu cambial de Chênes* (Quercus sessiliflora *Sm.*, Quercus pedunculata, *Ehr.*, *Q. suber L.*) Note de M. **Clément Jacquiot**, présentée par M. Raoul Combes.

Chez les essences étudiées, le tissu cambial continue à édifier pendant un certain temps du liber de structure normale. Ces résultats peuvent s'interprèter par la possibilité d'accumulation de facteurs chimiques d'organisation.

Lorsque l'on prélève sur des arbres pendant la période d'activité la plus intense du cambium (avril-juillet) des explantats formés d'une lame de liber jeune et d'une mince lame de méristème cambial, suivant la technique imaginée par R. J. Gautheret [1], on constate que chez la plupart des essences ce méristème prolifère en donnant des masses plus ou moins volumineuses de tissus non organisés, consistant essentiellement en un parenchyme non lignifié pouvant présenter çà et là des éléments d'assises génératrices, souvent cyclisées, donnant naissance à des îlots de cellules lignifiées aberrantes et à des îlots libériens. Fréquemment aussi, il se forme des files de cellules hyperhydriques groupées en faisceaux volumineux de tissu extrêmement fragile, se dissociant au moindre choc (pseudothalles).

Les cultures de cambium de chêne-liège et de chênes pédonculé et rouvre m'ont permis de constater des phénomènes entièrement différents, particulièrement accentués chez cette dernière espèce (*Quercus sessiliflora* Sm.). On observe alors que, pendant une période d'un mois environ, le tissu cambial semble, à première vue, ne pas proliférer [2]. Sa surface reste lisse

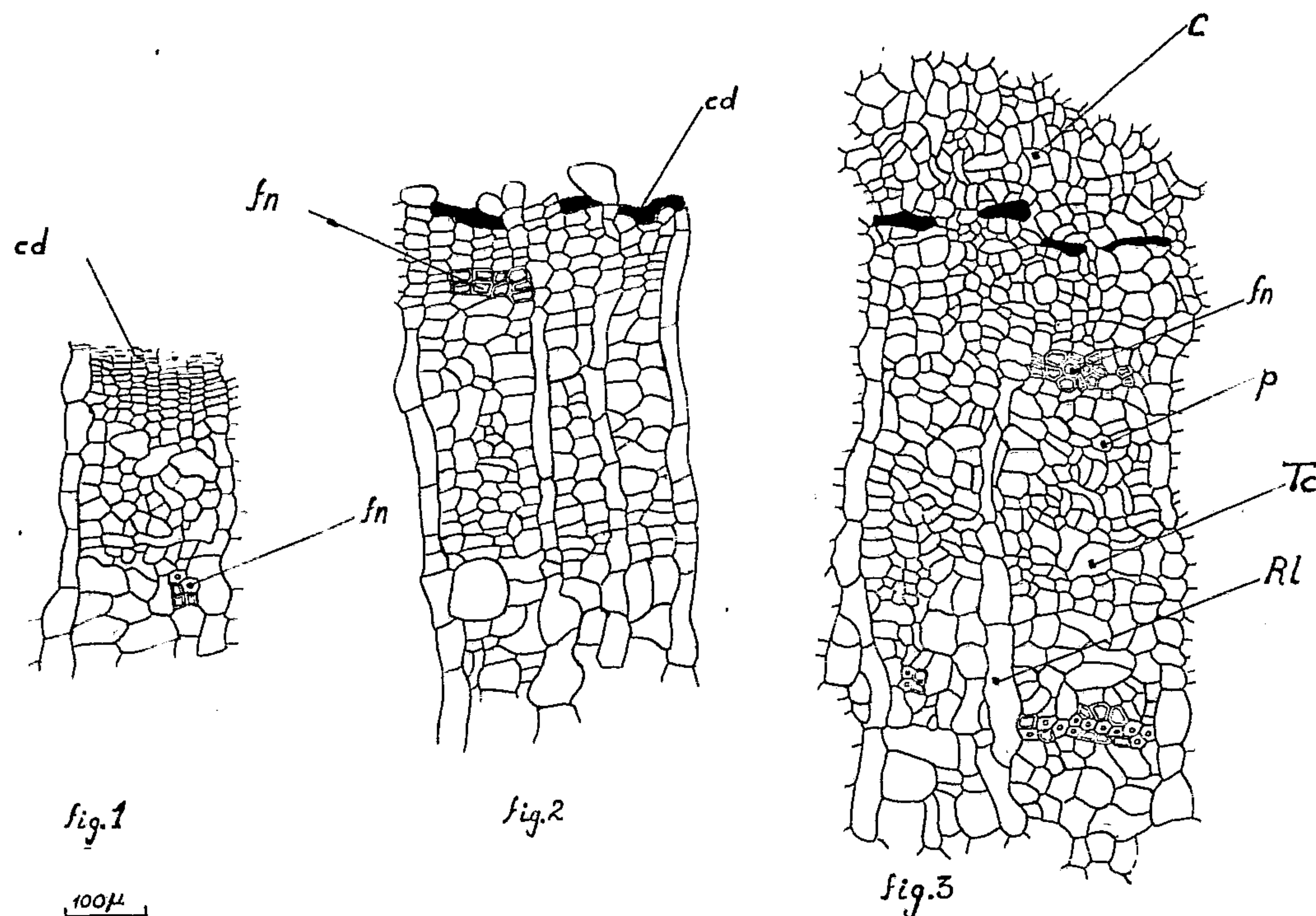
---

[1] R. J. Gautheret, *Manuel technique de culture des tissus végétaux*, 1942, Masson et Cie, Paris.

[2] Toutes ces expériences ont été effectuées en étuve réglée à 28°.

et régulière, la seule modification d'aspect étant son verdissement plus ou moins intense.

Cependant, l'explantat augmente sensiblement d'épaisseur et se courbe, sa convexité se trouvant du côté de la face cambiale. Par la suite, il se forme, comme chez les autres essences, des massifs de parenchyme inor-



Cultures de tissu cambial de *Quercus sessiliflora* à différents âges. Le liber néoformé se distingue du liber préformé par les diamètres plus faibles de ses cellules homologues et par la lignification incomplète de ses fibres, *fn*. Une ligne de dépôts tanniques marque la démarcation du liber néoformé et des tissus du cal formés ultérieurement.

Fig. 1. — Culture âgée de 15 jours. Une assise de liber néoformé a été constituée, mais aucune néo-formation n'apparaît sur l'autre face de l'assise cambiale.

Fig. 2. — Culture âgée de 1 mois. Début de formation d'un cal.

Fig. 3. — Culture âgée de 2 mois et demi. Le liber a cessé de s'épaissir, un cal volumineux s'est formé. *P*, parenchyme libérien; *Tc*, tubes criblés; *Rl*, rayons libériens; *f*, fibres libériennes préformées; *fn*, fibres néoformées; *cd*, cellules déchirées et dépôts tanniques; *C*, parenchyme du cal.

ganisé ou des pseudo-thalles. L'examen anatomique de cultures âgées de 15 jours, 1 mois, 2 mois et demi (*fig.* 1, 2, 3) a montré que la première période correspond à l'édification d'une couche de liber de structure normale, mais qui contraste nettement, par les dimensions transversales plus réduites de ses cellules et par la faible lignification de ses fibres, avec le liber formé avant l'excision. Dans un seul cas, une anomalie a été constatée : il s'agissait d'un massif de tissus ligneux différencié dans l'épais-

seur du liber formé face à un rayon multisérié. Cette assise de liber néoformé atteint une épaisseur d'environ 500 μ, c'est-à-dire sensiblement l'épaisseur formée normalement pendant la saison de végétation. Elle est limitée par une zone de dépôts tanniques disjoints, au delà de laquelle se forme, au cours de la seconde période de développement, le tissu inorganisé (*fig.* 2, 3).

Chez le chêne pédonculé et le chêne-liège, l'épaisseur de l'assise libérienne formée est plus faible et l'épaisseur du cal plus considérable, mais les phénomènes présentent la même allure.

Conclusion. — Le tissu cambial des chênes étudiés continue, pendant une période assez longue, à édifier du liber de structure normale. Ce phénomène permet de supposer que les facteurs chimiques de corrélation qui déterminent, dans les conditions normales, l'organisation du liber secondaire, se trouvent, chez ces essences, accumulés en quantité suffisante pour permettre à l'organisation de se poursuivre un certain temps, après que le tissu cambial et une certaine épaisseur du liber adjacent ont été séparés de l'arbre.

La réduction de la dimension des cellules pourrait s'expliquer par l'action de la lumière, les cultures ayant été exposées à la lumière naturelle diffuse pendant toute la durée des expériences.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La notion de plantes à uréides, son application aux Légumineuses d'Indochine.* Note de M. **Arthur Brunel**, présentée par M. Raoul Combes.

Chez les Légumineuses, les *plantes à uréides* se rencontrent plus particulièrement dans la sous-famille des Papilionées.

A côté des formes habituelles d'azote organique soluble, amides et acides aminés, on rencontre chez de nombreux végétaux deux uréides de l'acide glyoxylique : l'allantoïne et l'acide allantoïque. Chez certaines espèces ces composés jouent un rôle prépondérant dans le métabolisme azoté, et le terme de *plantes à uréides* (1) convient pour désigner les types présentant ce caractère qui les distingue des *plantes à amides* ou à *amino-acides*.

Au cours de plusieurs missions en pays Moï (région de Blao-Djiring), sur la côte d'Annam (Nha Trang, Cau Da) et de prospections dans la banlieue immédiate de l'agglomération de Saïgon-Cholon, nous avons pu effectuer d'assez nombreuses observations sur l'importance comparée de ce carac-

(1) A. Brunel et Mlle G. Capelle, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 29, 1947, p. 427-444.

tère chez les espèces appartenant aux trois sous-familles de Légumineuses ([2]). Les déterminations, effectuées immédiatement après la récolte, ont porté principalement sur les organes de reproduction : fleurs entières ou pièces florales, jeunes fruits, graines non mûres et graines mûres.

Mimosoidées. — Les espèces étudiées : *Acacia cyclopis*, *A. donnaiensis*, *A. Farnesiana; Adenanthera pavonina; Albizzia Lebbek*, *A. myriophylla; Desmanthus virgatus; Enterolobium cyclocarpum*, *E. Saman; Leucena glauca; Mimosa pudica*, *M. invisa*, *M. asperata; Pithecolobium dulce*, sont caractérisées par la présence générale de l'allantoïnase, par une faible teneur en acide allantoïque (l'uréide n'est souvent décelable que dans le jeune fruit), par l'absence de l'urée et la présence d'une uréase peu active dans les graines.

Cæsalpinioidées. — Chez les diverses espèces examinées : *Cassia alata*, *C. hirsuta*, *C. javanica*, *C. mimosoides*, *C. multijuga*, *C. orientalis*, *C. siamea*, *C. Tora; Cæsalpinia mimosoides*, *C. minax*, *C. Nuga*, *C. Sappan*, *C. pulcherrima; Mezoneuron pubescens; Peltophorum ferrugineum; Poinciania regia; Tamarindus indica*, on retrouve les mêmes caractéristiques que chez les Mimosoidées à l'exception toutefois de l'uréase : l'enzyme absent des fleurs et des jeunes fruits n'existe qu'à l'état de traces dans les graines de quelques espèces : *Cassia alata*, *C. occidentalis*, *C. siamea; Cæsalpinia minax*, *C. Sappan* et *Poinciania regia*.

Papilionées. — Extrêmement répandue chez les Papilionées, l'allantoïnase se rencontre généralement dans les différents verticilles floraux et s'accumule dans les graines; sa teneur est particulièrement élevée chez *Abrus precatorius*, *A. mollis; Centrosema pubescens; Desmodium Carlesii*, *D. Clovisii*, *D. elegans*, *D. gangeticum*, *D. gyroides*, *D. ovalifolium*, *D. triflorum*, *D. triquetrum; Gliricidia maculata; Lespedeza parviflora; Mecopus nidulans; Mucuna pruriens; Pachyrhyzus bulbosus; Phaseolus calcaratus; Pueraria phaseoloides*, *Sesbania cannabina*, *S. grandiflora*. Renferment encore cet enzyme : *Aeschynomene americana*, *E. indica*, *E. Wigthiana; Alysicarpus vaginalis; Atylosia scarabæoides*, *A. barbata; Cajanus indicus; Calopogonium mucunoides; Centrosema pubescens; Clitoria ternatea; Crotalaria anagyroides*, *C. striata*, *C. usaramœnsis; Erythrina indica*, *E. lithosperma* var. *inermis; Flemingia congesta; Geissaspis cristata*, *Indigofera arecta*, *I. echinata*, *I. endecaphylla*, *I. enneaphylla*, *I. galegoides*, *I. hirsuta*, *I. Teysmanni*, *I. tinctoria; Ormocarpum sennoides*, *Psophocarpus tetragonolobus; Rothia trifoliata; Sesbania aculeata*, *S. ægyptiaca; Smithia sensitive; Tephrosia candida*, *T. purpurea*, *T. Vogelii; Vigna sesquipedalis*, *Zornia diphylla*.

([2]) Les examens ont porté non seulement sur les espèces indigènes mais aussi sur les plantes introduites (Légumineuses d'ornement, d'ombrage ou de couverture).

L'acide allantoïque présent dans la fleur, s'accumule dans le fruit pour disparaître dans la graine mûre; les teneurs les plus élevées se rencontrent chez les espèces à haut pouvoir allantoïnolytique. Par contre, ne renferment que peu ou pas d'acide allantoïque : *Atylosia scarabæoides*, *Clitoria ternatea*, *Cajanus indicus*, *Sesbania aculeata*, *S. ægyptiaca*, les espèces des genres *Crotalaria*, *Erythrina*, *Aeschynomene* et *Tephrosia*.

La teneur en uréase est élevée dans les graines d'*Abrus precatorius*, *Geissaspis cristata*, *Indigofera galegoides*, *I. Teysmanii*, *Lespedeza parviflora*, *Sesbania grandiflora* et des espèces du genre *Desmodium*. Les graines de *Flemingia congesta*, *Gliricidia maculata*, *Ormocarpum sennoides*, *Phaseolus calcaratus*, *Psophocarpus tetragonolobus*, *Sesbania ægyptiaca*, *Tephrosia candida* et *Vigna sesquipedalis* n'ont qu'un faible pouvoir uréolytique. La recherche de l'urée s'est montrée négative.

En résumé, les espèces étudiées appartenant aux trois sous-familles de Légumineuses possèdent le caractère commun de renfermer l'allantoïnase. L'enzyme existe dans les différents verticilles floraux, s'accumule dans la graine et les teneurs les plus élevées se rencontrent chez les Papilionées.

L'acide allantoïque, forme de transport de l'azote, ne semble intervenir que pour une faible part dans les processus de protéogénèse dont la graine est le siège chez les Mimosoidées et les Cæsalpinioidées. Son importance se précise chez les Papilionées; elle est marquée chez les espèces des genres *Abrus*, *Centrosema*, *Desmodium*, *Lespedeza*, *Pachyrhysus*, *Pueraria*, chez *Sesbania grandiflora* et *S. cannabina*, espèces qui répondent à la définition de plantes à uréides.

Bien que sa répartition soit assez inégale, l'uréase est surtout une caractéristique des Papilionées; l'enzyme est généralement présent dans la fleur et le fruit et s'accumule dans la graine avec la maturation. Chez les Mimosoidées et chez les Cæsalpinioidées ce n'est qu'exceptionnellement que l'on rencontre l'uréase dans la fleur et le fruit; la teneur des graines, quand celles-ci renferment l'enzyme, est toujours peu élevée. Enfin, l'urée libre n'a pu être isolée dans aucune espèce.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Structure nucléaire dans l'axe hypocotylé de* Phaseolus vulgaris *L. pendant le jeûne glucidique et au cours des diverses étapes de la régénération cellulaire*. Note de MM. **Maurice Hocquette** et **Victor Prudhomme**, présentée par M. Roger Heim.

Dans ses recherches sur le mécanisme de l'amylogénèse, A. Maige a mené parallèlement l'étude du métabolisme des plastes amylifères et celui du noyau. Il a établi que si l'état physiologique de la cellule reste constant, les dimensions du noyau et du nucléole demeurent également constantes. Si l'on change l'état physiologique de la cellule le volume du noyau et

celui du nucléole se modifient pour acquérir un nouvel état d'équilibre. Si l'on soumet des cellules végétales non chlorophylliennes au jeûne glucidique, on constate une décroissance du noyau : celle-ci est accélérée par l'élévation de température, elle devient plus rapide à partir du moment où la cellule a consommé ses réserves et il s'établit finalement un équilibre correspondant à l'état d'inanition.

Lorsque le volume du noyau et du nucléole ont été amenés au minimum par le jeûne, on peut obtenir un accroissement de ce volume en fournissant à la cellule une nutrition glucidique. Par des techniques cytophysiologiques, A. Maige a été amené à rapporter les phénomènes de décroissance et de croissance nucléaires à des variations de masse organique et à considérer que l'augmentation de volume signalée ci-dessus résulte de processus de synthèse.

A. Maige a montré que les embryons de haricot privés de cotylédons demeurent, placés sur du buvard humide, en vie pendant plus de huit jours. Ils épuisent leurs réserves et corrélativement on observe une décroissance nucléaire et nucléolaire; la température optimum de ces phénomènes est 30°.

En utilisant les techniques cytologiques décrites dans une Note antérieure, nous avons étudié la structure nucléaire d'axes hypocotylés de haricot au cours du jeûne glucidique. Abstraction faite de la diminution générale du volume des cellules, du noyau et du nucléole, nous avons constaté que les aspects nucléaires restent comparables à ceux qui existent dans les axes hypocotylés provenant de germinations normales et que nous avons étudiés précédemment. Cependant, la zone interne du nucléole devient encore moins chromophile; les granulations chromatiques dispersées dans l'enchylème nucléaire sont plus petites, moins colorables et moins nombreuses (dans les meilleures conditions, on en compte seulement 7 à 8); le corps annexe nucléolaire ne se retrouve que dans quelques figures; dans l'ensemble, la colorabilité générale du noyau est abaissée.

A 30°, sur une solution de saccharose à 5 %, les axes hypocotylés ayant subi le jeûne glucidique ont leurs noyaux et nucléoles qui, en 48 h, retrouvent leur volume primitif et en acquièrent même un supérieur (travaux de A. Maige). Nos observations montrent qu'à ces modifications de taille correspond une transformation structurale.

Après 24 h, on peut noter une intensification de la colorabilité. On peut dénombrer de nombreuses granulations chromatiques (parfois plus de 40), régulières de forme, situées surtout à la limite nucléocytoplasmique, deux à trois fois plus volumineuses que celles des noyaux observés dans les germinations normales; elles offrent les mêmes caractères que les prochromosomes. Le nucléole est masqué par elles.

Les granulations chromatiques deviennent encore plus nombreuses

(plus de 50) après 48 h. Une grande diversité apparaît dans leur forme et leur taille qui peut atteindre celle d'un nucléole normal. Le nucléole échappe, le plus souvent, à l'observation dans un enchylème nucléaire aussi chargé; lorsqu'il se distingue, il se trouve en état d'hyperactivité et bourgeonnant.

La régénération du noyau dans les conditions précitées s'accompagne donc d'une multiplication et d'une augmentation de volume des granulations chromatiques qui, morphologiquement et chromatiquement, sont assimilables à des prochromosomes. C'est l'augmentation de masse et la dissémination de la substance chromatique qui apparaît comme le phénomène fondamental.

Le nombre de granulations chromatiques et la masse de substance chromatique des noyaux quiescents de l'axe hypocotylé se trouvent réduits au minimum à la fin du jeûne glucidique (7 à 8 granulations), ils sont, au cours de la germination normale, supérieurs à ceux des noyaux interphasiques des méristèmes et deviennent relativement considérables pendant la croissance sur milieu saccharosé après le jeûne. Dans ce dernier cas, il semblerait que l'accumulation de substance chromatique soit le résultat d'une synthèse intense, peut-être déséquilibrée.

Ces observations sont à rapprocher de celles que M. et H. Hocquette ont faites sur l'axe hypocotylé de *Cucurbita pepo* qui, à quelques détails près, sont identiques.

L'accumulation de substance chromatique en granulations plus nombreuses que les chromocentres normaux, mais offrant les mêmes caractères morphologiques et microchimiques que ceux-là (des recherches sont en cours, à l'aide de diastases spécifiques), marquerait l'hyperactivité de la synthèse protidique et correspondrait à une localisation momentanée d'acide thymonucléique, à une étape dans la transformation et l'évolution de l'acide ribonucléique du nucléole. Les observations cytologiques viendraient donc corroborer les conclusions d'ordre physiologique. Pour les objets étudiés, il semblerait que, dans le noyau de l'axe hypocotylé, des granulations présentant l'apparence de prochromosomes pourraient, dans des conditions déterminées, se trouver en nombre beaucoup plus élevé que $2n$.

PHYSIOLOGIE. — *Le rôle des facteurs lipotropiques dans le métabolisme perturbé de l'alcool éthylique.* Note de M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. Robert Courrier.

Dans l'étude des facteurs lipotropiques (qui s'opposent à la surcharge lipidique du foie), les auteurs ont jusqu'ici surtout tenu compte du rôle joué par ces substances dans le métabolisme des lipides, dont ils favo-

risent la « mobilisation ». Mais, Best et ses collaborateurs ([1]) ont été amenés à constater que la choline et la méthionine assurent cette mobilisation chez des rats recevant un régime rendu stéatogène par un excès de saccharose (26 %) ou par un excès d'alcool (18 %), ce qui laisse à penser que la choline intervient non seulement dans le métabolisme lipidique, mais encore, plus ou moins directement, dans le catabolisme des glucides et de l'alcool. Nous avons précisément établi, par la suite, que la choline ([2]) empêche les accidents mortels résultant d'une intoxication alcoolique et d'une intoxication pyruvique expérimentalement provoquées, ces intoxications étant entre elles très comparables, en raison du rôle joué par l'acide pyruvique dans l'intoxication alcoolique et toutes deux cédant à des injections préventives de nicotinamide-adénine, facteurs du groupe B indispensables à la synthèse du coenzyme. Dans ces conditions, il nous a semblé intéressant de rechercher le comportement des autres substances lipotropiques sur ces deux intoxications. Tel est le but de ce travail.

Nous avons donc étudié comparativement les effets de la méthionine, du méso-inositol, de l'acide pantothénique et de la pyridoxine, ces deux dernières substances intervenant (ainsi que la nicotinamide) comme coenzymes de la déhydrogénase des acides gras supérieurs ([3]). Nous y avons joint l'essai de la cystéine, corps pouvant intervenir comme transporteur d'hydrogène (au même titre que le glutathion et l'acide ascorbique, dont nous avons montré l'activité), mais qui aboutit dans l'organisme à la formation de cystine, substance réputée stéatogène.

Comme d'ordinaire, nous nous sommes adressé à l'intoxication alcoolique produite chez le Lapin de 1,7 à 2 kg par ingestion de 50 cg de disulfirame (TTD) et suivie 1 h après d'une injection intraveineuse de 20 cm^3 de soluté glucosé isotonique d'alcool à 25 %. Parallèlement, l'intoxication pyruvique était produite par injection de 25 cg d'un pyruvate de sodium, préparé ainsi que nous l'avons indiqué, précipité en milieu alcoolique et recueilli sur un büchner.

La protection fut essayée par une double injection du corps essayé, l'une, intramusculaire, faite 30 mn avant l'injection mortelle et l'autre, intraveineuse, pratiquée juste 3 mn avant. Cette protection fut obtenue aussi bien pour l'intoxication alcoolique que pour l'intoxication pyruvique, avec une double injection de 100 mg de méthionine, 100 mg de pantothénate de calcium ou 100 mg de pyridoxine.

([1]) C. H. Best, W. St. Hartroft, C. C. Lucas et J. H. Ridout, *Brit. med. Journ.* n° 4635, 1949, p. 1001.

([2]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1061.

([3]) J. Champougny et E. Le Breton, *C. R. Soc. Biol.*, 141, 1947, p. 43 et 45; R. Lecoq, P. Chauchard et H. Mazoué, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 29, 1947, p. 989.

Le rôle de ces substances dans le métabolisme perturbé de l'alcool, dont l'acide pyruvique est l'élément essentiel ([4]), s'explique aisément : la méthionine intervient comme élément précurseur de la choline (mais il faut trois molécules de méthionine pour introduire 1 molécule de choline); le pantothénate de calcium favorise la synthèse du coenzyme A qui facilite le mécanisme d'acétylation et de désacétylation de la choline, enfin la pyridoxine agit comme codécarboxylase (à la façon de la thiamine).

Par contre, il ne fut obtenu aucune protection avec des doses d'inositol s'échelonnant de 100 mg à 2 g pour une injection. Il apparaît donc que le méso-inositol se comporte ici autrement que les autres substances lipotropiques. Mais, déjà, cet antagonisme avait été indirectement constaté par Novak et Bergheim qui rapportent que la teneur en inositol des poils du rat baisse quand cet animal reçoit dans sa ration des doses plus fortes de choline ou de pyridoxine ([5]).

Avec le chlorhydrate de cystéine, le résultat fut également nul, pour les doses de 100 et de 200 mg essayées. Il se peut que ce fait soit en rapport avec l'action stéatogène de la cystine, produit qui se forme dans l'organisme aux dépens de la cystéine et se comporte en antagoniste de la choline. Il prouve, en outre, que tous les transporteurs d'hydrogène ne sont pas également actifs dans le catabolisme de l'alcool.

Une autre preuve nous en a été fournie par l'emploi fait comparativement de l'acide succinique (sous forme de succinate de sodium), produit dont on a cependant vanté les effets dans l'intoxication alcoolique ([6]). Des doses de 100 à 600 mg, injectées deux fois au Lapin comme précédemment, n'ont pu empêcher la mort de survenir, ni sous l'influence de la réaction disulfirame-alcool ni sous l'intoxication pyruvique. Des doses plus élevées (de 1 et 2 g) se montrèrent toxiques.

Conclusions. — Comme nous avons pu le constater sur le Lapin, les principales substances dites lipotropiques ou antistéatogènes : choline, méthionine, acide pantothénique et pyridoxine, interviennent également comme facteurs actifs de catabolisme dans l'intoxication alcoolique (qui se révèle pour une large part pyruvique) et dans l'intoxication pyruvique directe. Par contre, utilisé dans les mêmes conditions, l'inositol reste sans effet.

La cystéine (qui aboutit dans l'organisme à la production de cystine, aminoacide stéatogène) apparaît dépourvue de toute action protectrice; il en est de même de l'acide succinique. Ces transporteurs d'hydrogène

---

([4]) R. Lecoq, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1017.

([5]) *J. Biol. Chem.*, 155, 1944, p. 283.

([6]) M. R. Castex, L. E. Camponovo, F. E. Labourt et J. Firmat, *Presse med. argent.*, 38, 1951, p. 55.

s'opposent ainsi au glutathion et à l'acide ascorbique, dont nous avons montré antérieurement l'action neutralisante vis-à-vis des intoxications alcoolique et pyruvique.

PHYSIOLOGIE. — *Sur le calcul du débit cardiaque.*
Note (*) de M. **Jean François Joliet**, présentée par M. Léon Binet.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons montré que dans les conditions normales, l'échange gazeux ($O_2 - CO_2$), dans les alvéoles pulmonaires, paraissait obéir à une règle qu'on pourrait appeler règle d'utilisation maximum du minimum de surface, et suivant laquelle, au cours d'un cycle circulatoire, toute la surface d'une hématie aurait été recouverte par une couche mono-moléculaire des composés O_2 et CO_2 échangés avec l'extérieur : ou, ce qui revient au même, tout élément de surface de l'hématie occupé par une molécule gazeuse, soit au départ du poumon (O_2), soit au retour (CO_2) n'entrerait en jeu qu'une seule fois ([2]).

En s'appuyant sur cette hypothèse, on peut, semble-t-il, calculer simplement les valeurs approchées du débit cardiaque au cours de l'effort.

Calcul du débit cardiaque. — Si l'on représente par H le nombre d'hématies de surface moyenne S, contenues dans un litre de sang et par D le débit cardiaque, la surface totale des hématies mises en jeu est :

$$\Sigma = \text{DHS}.$$

Si s_1 et s_2 représentent les surfaces d'encombrement des molécules de O_2 et de CO_2, Q le quotient respiratoire, on trouve que le nombre de molécules d'oxygène fixées par minute est :

$$(1) \qquad n = \frac{\Sigma}{Qs_2 + s_1} = \frac{\text{HSD}}{Qs_2 + s_1}.$$

Si V représente le volume d'oxygène absorbé pendant le même temps, on trouve

$$(2) \qquad n = \frac{\text{V}.6.10^{23}}{22,4}.$$

De (1) et (2) on tire

$$(3) \qquad \text{D} = \frac{\text{V}.6.10^{23}(Qs_2 + s_1)}{22,4\,\text{HS}}.$$

Chez un sujet normal et entraîné, Q varie de 0,8 au repos à 0,9 à l'effort (Christensen, Henderson, Boigey, etc.). H varie en moyenne de 5,5 à 6, 5.10^6 par millimètre cube au cours de l'effort (Gounelle et Warter).

(*) Séance du 24 mars 1952.
([1]) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 990.
([2]) *Loc. cit.*, p. 991.

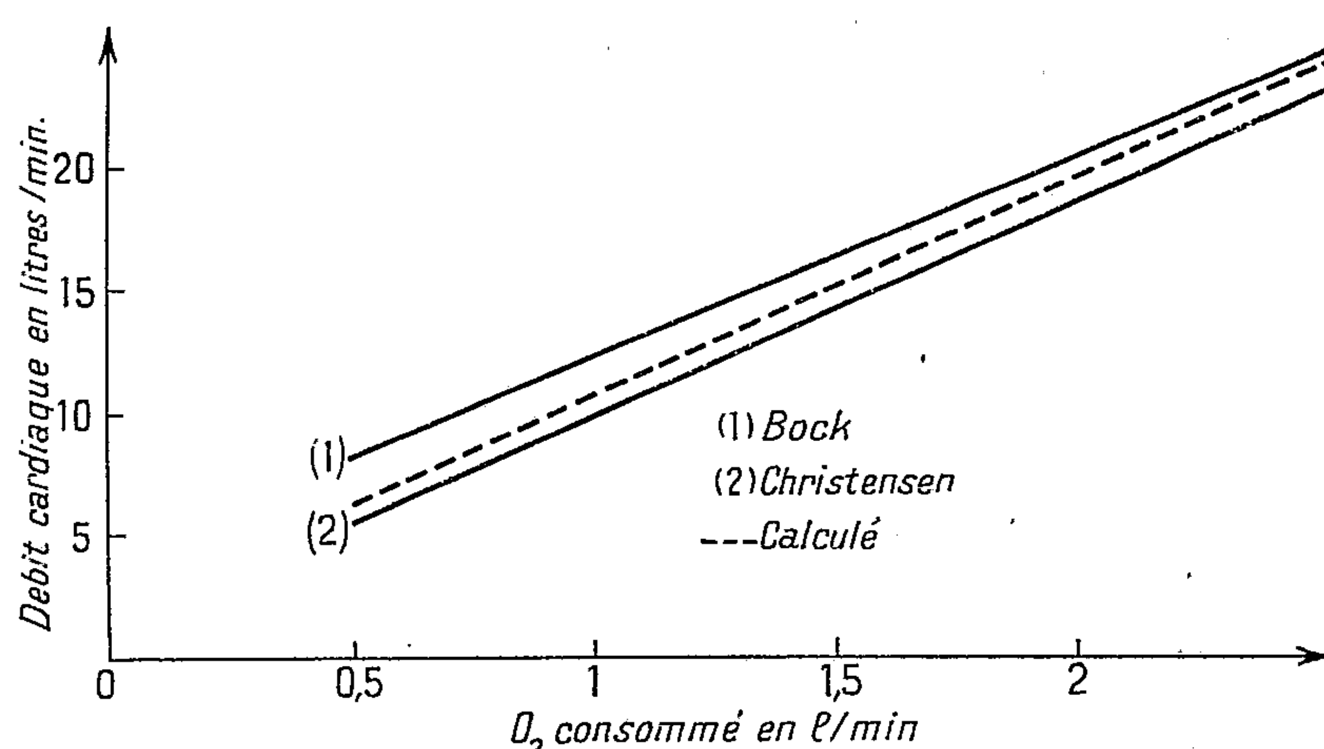
S est compris entre 90 et 100 μ^2.

Les surfaces moyennes d'encombrement s_2 et s_1 des molécules des gaz échangés sont comprises entre 14,5 et 15,5 $Å^2 (CO_2)$ et entre 8,5 et 9,5 $Å^2 (O_2)$.

Dans ces conditions, si D et V sont exprimés en litres par minute, on trouve, en appliquant la relation (3)

$$D = kVf(H, Q), \quad \text{avec } k = \frac{6.10^{23}.10^8}{22,4.95} \quad \text{et} \quad f(H, Q) = \frac{Qs_2 + s_1}{H},$$

où $f(H, Q)$ varie, du repos à l'effort, de 11 à 9,5.



Les travaux de Christensen, Bock et Van Caulaert, Henderson, etc. confirment ce résultat.

O_2 consommé (l : mn).	Débit cardiaque en litres par minute (10^6 : mm³).					
	Christensen.	Bock.	Calculé.	Q.	H.	f(Q, H).
0,6.........	6,5	9	6,5	0,8	5,5	11
1...........	10	12	10,5	0,85	6	10,5
1,4.........	13,4	15,4	13,6	0,9	6,5	0,95
1,8.........	16,8	18,6	17,4	0,9	6,5	0,95
2,2.........	20,2	22	21,3	0,9	6,5	0,95

Il semble donc que l'on puisse, à partir seulement de la détermination du métabolisme et d'une numération globulaire, calculer l'ordre de grandeur du débit cardiaque. Comme le montre le tableau précédent, les valeurs obtenues sont très voisines de celles que fournissent les méthodes de Fick, Kuntz, L. Binet, Bouthillier ou Grollmann.

Des expériences en cours nous permettront de fixer les limites de validité de la règle et de la relation précédentes

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *L'iode thyroïdien du jeune Saumon au cours de sa smoltification.* Note de MM. **Maurice Fontaine** et **Jacques Leloup**, présentée par M. Paul Portier.

Au cours de la transformation du jeune Saumon de *parr* en *smolt*, l'iode thyroïdien sous ses diverses formes (minéral-organique-thyroxinien) s'élève nettement au début de la smoltification, passe par un maximum, puis diminue pour atteindre chez le smolt en migration des valeurs très inférieures à celles observées chez le parr.

La transformation du jeune Saumon de parr en smolt, transformation qui précède immédiatement la migration vers l'océan, est attribuée essentiellement [1] ou *pro parte* [2] à une accélération du fonctionnement thyroïdien.

Les résultats précédemment obtenus sur l'iodémie comparée du parr et du smolt [3] nous ont conduits à émettre l'hypothèse d'un certain épuisement de la glande thyroïde à l'issue de cette smoltification, état qui joue sans doute dans le déterminisme de la migration.

C'est pourquoi, nous avons comparé les teneurs en I minéral, en I organique et en I thyroxinien des thyroïdes de parr, de parr en voie de smoltification (parr-smolt) et de smolt. Les représentants de ces divers stades étaient tous sacrifiés à la même saison (fin mars, début avril), les smolts étant capturés pendant leur migration de descente.

Le prélèvement de certains tissus autres que le tissu thyroïdien étant inévitable chez les Salmonides, c'est la région thyroïdienne qui était prélevée. La technique de séparation des fractions iodées sera décrite d'autre part [4] et le dosage de l'iode est effectué selon la méthode déjà utilisée [5].

	I total.	I minéral.	I organique.	I thyroxinien.
Parr (12) (*)........	3,82 ± 0,42 (**)	0,032 ± 0,007	3,79 ± 0,41	1,03 ± 0,13
Parr-Smolt (12)......	5,86 ± 0,76	0,063 ± 0,008	5,79 ± 0,75	1,81 ± 0,26
Smolt (9)...........	1,51 ± 0,37	0,021 ± 0,003	1,49 ± 0,37	0,62 ± 0,14

(*) La valeur entre parenthèses indique le nombre d'animaux utilisé pour les déterminations.
(**) Erreur standard de la moyenne.

Le tableau rassemble les moyennes des valeurs obtenues exprimées

(1) F. W. Landgrebe, *J. exper. Biol.*, 18, 1941, p. 10.
(2) W. S. Hoar, *Univ. Toronto Stud. Biol.*, 59, *Pub. Ont. Fish. Res. Lab.*, 71, 1951, p. 1.
(3) M. Fontaine et J. Leloup, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 169.
(4) M. Fontaine, J. Leloup et M. Oliverau, *J. Physiol.*, 1952, sous presse.
(5) F. Lachiver et J. Leloup, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 31, 1949, p. 1128.

en µg d'iode et rapportées à la glande totale d'animaux de poids aussi comparables que possible.

Les fluctuations des diverses fractions de l'iode thyroïdien, au cours de l'évolution du parr au smolt apparaissent approximativement parallèles. Les teneurs s'élèvent du parr au parr-smolt, c'est-à-dire dans le premier temps de la smoltification qui comporte une très nette argenture, mais ni la robe typique du smolt, ni le comportement migratoire. Du parr au smolt migrant au contraire, l'iode thyroïdien et ses diverses fractions diminuent considérablement, atteignant des valeurs très inférieures non seulement à celles du parr-smolt, mais également du parr. Ce résultat tend donc à confirmer l'hypothèse émise selon laquelle les demandes de l'organisme en hormone thyroïdienne à ce stade de développement du jeune Saumon, sont imparfaitement satisfaites bien que la glande soit énergiquement stimulée, comme en témoignent les images histologiques traduisant une remarquable activité (6). Notons enfin que les coefficients de variation calculés sont beaucoup plus élevés chez le smolt que chez le parr et le parr-smolt, indiquant probablement un certain déséquilibre du fonctionnement thyroïdien.

EMBRYOLOGIE. — *Sur le développement de l'endoderme dans l'œuf d'Oiseau.* Note de M. **Hubert Lutz** et Mlle **Jeanne Reyrolles**, présentée par M. Maurice Caullery.

La mise en place de l'endoblaste dans l'œuf d'Oiseau a fait l'objet de nombreux travaux. Les idées défendues peuvent se répartir en trois groupes :

1° L'endoderme se forme par un procédé d'*invagination* (Duval, 1884, Patterson, 1909) (1), (2). Le bord postérieur du blastoderme constitue un bord d'enroulement autour duquel les cellules ectodermiques s'invaginent pour former le deuxième feuillet embryonnaire.

2° Il se forme aux dépens de l'ectoderme par *polyinvagination* (Gräper et Mehrbach, 1936; Pasteels, 1937) (3), (4), (5). La surface du blastoderme présente un aspect chagriné, dû à de nombreux sillons; ceux-ci constituent un blastopore diffus, par lequel s'invaginent les cellules endodermiques.

3° L'endoderme se forme par *délamination* (Karl Peter, 1938) (6).

---

(6) M. Fontaine et M. Olivereau, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1660.

(1) M. Duval, *Ann., Sc. Nat.*, Zool. (série VI), 18, 1884, p. 1-208.

(2) J. Th. Patterson, *J. of Morph.*, 20, 1909.

(3) Gräper, *Roux Arch.*, 116, 1929, p. 383-429.

(4) H. Mehrbach, *Z. Anat. Entw.*, 104, 1936, p. 635-652.

(5) J. Pasteels, *Arch. Biol.*, 48, 1937, p. 381-488.

(6) *Z. mikr. anat. Forsch.*, 43, 1938, p. 362-415.

Le blastoderme est d'abord une masse indifférenciée de cellules. Par la suite, des fentes apparaissent, séparant progressivement l'épithelium superficiel continu des cellules profondes. Ces dernières finissent par former une couche interne très mince : l'endoderme.

Or, l'observation de très nombreux blastodermes de cane, pendant les premières heures de l'incubation, nous a permis de constater qu'à un stade non incubé, ils sont étalés sur le vitellus; il n'existe pas de discontinuité entre ce dernier et le germe lui-même. Après quelques heures d'incubation, nous voyons ses bords se relever et, tout autour de lui, apparaît un sillon creusé dans le vitellus.

L'emploi de fines particules de charbon ou de marques colorées nous a permis de suivre les manifestations superficielles du développement : faites au centre du blastoderme, elles s'étalent et augmentent de taille; si elles sont disposées sur le pourtour, elles gagnent les bords du germe et dans certains cas, on les voit disparaître dans le « sillon vitellin ». Ces faits n'ont pu être retrouvés sur des œufs témoins non incubés, après mise en place des marques.

L'étude histologique de blastodermes non incubés nous a permis de constater qu'ils présentent des différences d'aspect très nettes selon les œufs et la saison. Des éléments entoblastiques sont déjà en place au niveau de la région postérieure et sur tout le pourtour du blastoderme; il s'agit là d'éléments plus ou moins isolés; dans certains cas, le feuillet est mieux développé et arrive jusqu'au niveau de la région médiane; c'est là l'aspect normal des blastodermes aux mois de mai et de juin. Remarquons que ce matériel est surtout développé au niveau de la région postérieure. Après quelques heures d'incubation, les bords du blastoderme s'enroulent, en commençant par la région postérieure, et se mettent en rapport avec le matériel entoblastique déjà existant. Nous voyons alors ce feuillet progresser, surtout suivant le sens postéro-antérieur. Il semblait donc que l'entoblaste se développe grâce à cet enroulement du bord postérieur, le rôle des bords antérieur et latéraux ne pouvant être nettement dégagé de ces expériences. On pouvait cependant noter un certain nombre de mitoses sur ces bords tout comme au niveau du bord postérieur.

La vérification de ces faits a pu être faite par l'un de nous (7), sur des blastodermes fissurés perpendiculairement à l'axe présumé (8). Des mouvements morphogénétiques centrifuges existent pendant les premiers mois de l'année sur la moitié antérieure isolée; un bord d'enroulement antérieur se constitue, et, à partir de ce moment, le feuillet entoblastique se développe rapidement, en allant d'avant vers l'arrière. Le bord d'enrou-

(7) H. Lutz, *C. R. Soc. Biol. Strasbourg*, séance du 15 mars 1952.

(8) Règle de von Baer.

lement antérieur peut donc former l'endoderme ou au moins aider à sa constitution partielle dans le cas d'un blastoderme normal. Un enroulement secondaire apparaît au niveau de la lèvre de la fissure; il forme quelques éléments entoblastiques qui se mettent en rapport avec l'ensemble du feuillet.

Dans le cas où l'opération est faite sur des œufs possédant déjà un endoderme plus développé, allant jusque dans la région médiane du blastoderme, la fissure isole un champ antérieur possédant des éléments entoblastiques en provenance du bord postérieur. Après quelques heures d'incubation, se forme un enroulement au niveau de la fissure; il se met en rapport avec les éléments entoblastiques qui sont déjà en place et l'ensemble du feuillet s'isole. Un bord d'enroulement secondaire se constitue autour des bords antérieurs; il se mettra en rapport avec l'ensemble du feuillet. De plus, si l'on dispose des marques colorées sur une telle moitié isolée, on les voit progresser vers les lèvres de la fissure.

De l'ensemble de ces expériences, nous pouvons conclure qu'il existe, au début de l'incubation, un bord d'enroulement postérieur, qui se met en rapport avec des éléments entoblastiques préexistant à l'incubation; à partir de ce moment, le feuillet entoblastique s'isole d'arrière vers l'avant. Les bords latéraux et antérieur ne jouent qu'un rôle secondaire; normalement, ils n'apportent qu'une faible contribution à la formation de ce feuillet.

Il est intéressant de signaler en même temps que l'axe de formation de l'endoderme est aussi l'axe du futur embryon. Ce fait avait déjà été mis en relief par Waddington ([9]). Cet auteur a, en effet, montré que, dans certains cas, l'endoderme peut induire un embryon et amener son inversion. Il semble donc bien que ce feuillet joue un grand rôle dans l'orientation du futur embryon.

BIOLOGIE. — *Sur un type nouveau de myrmécobiose réalisé par* Plagiolepis Xene (*Stærcke*). Note de MM. **Robert Stumper** et **Henri Kutter**, présentée par M. Maurice Caullery.

Dans la vallée inférieure de Mesocco, près de Roveredo (partie méridionale des Grisons, riche en thermophiles), nous avons découvert, le 2 août 1951, une colonie de *Plagiolepsis pygmæa* Latr, qui présentait, sur la face inférieure de la pierre recouvrant le nid, un rassemblement grouillant de très petits individus ailés, pris d'abord pour des mâles *pygmæa*. Mais déjà un premier examen en révélait la nature particulière : la majeure partie

([9]) *Roux Archiv.*, 128, 1933, p. 502-522.

de l'amas était constitué par de minuscules femelles ailées, environ trois fois plus petites que les femelles normales. Ce n'étaient pas non plus des microgynes *pygmæa*, car il y avait aussi une proportion élevée (environ 5 %) de ces petites femelles à ailes atrophiées et surtout environ 8 % de mâles aptères. Tous ces individus sexués se ressemblaient étrangement et étaient monomorphes. L'inspection du nid ,de grandeur moyenne, aboutit à la capture de six femelles normales *pygmæa* et de quelques mâles ailés normaux. Le polymorphisme des ouvrières *pygmæa* ne laissait apparaître aucune anomalie, de sorte que nous étions en présence d'un cas nouveau de myrmécobiose. Le partenaire myrmécobiotique est caractérisé : 1° par l'absence d'ouvrières; 2° par la taille petite, mais uniforme des sexués (1,2-1,3 mm); 3° par la gynécoïdie des mâles; 4° par l'absence d'ailes des mâles, sauf d'infimes vestiges et 5° par une évolution régressive des ailes des femelles. (La réduction des ailes peut être due à une infection par des endoparasites, ce que l'examen anatomique aura à vérifier). Par contre, tous les autres caractères dénotent une parenté assez proche avec l'hôte *pygmæa*.

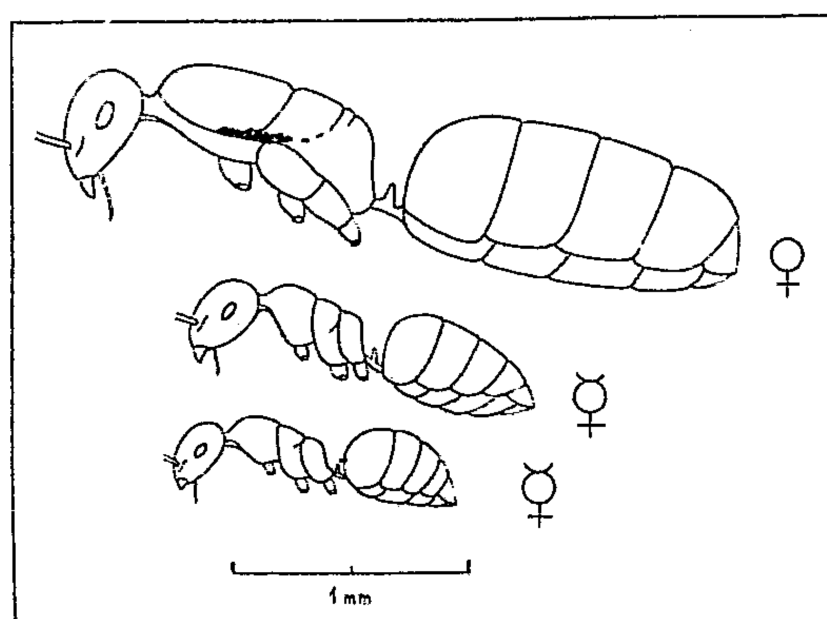


Fig. 1.

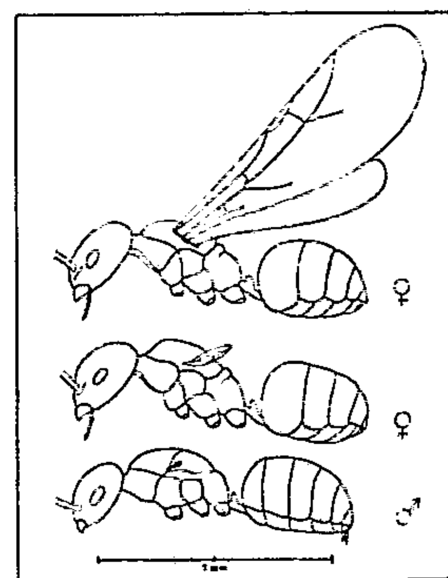


Fig. 2.

Fig. 1. — *Plagiolepis pygmæa* Latr. — Femelle désailée; ouvrière désailée; ouvrière normale.

Fig. 2. — *Plagiolepis Xene Stærcke*. — Femelle ailée; femelle à ailes atrophiées; mâle à ailes vestigiales.

Le nouveau myrmécobionte a été identifié avec *Plagiolepis Xene*, dont A. Stærcke [1] a décrit les femelles, provenant du Piémont et de Hongrie et accompagnées de *Pl. vindobonensis* Lomn. (= sous-espèce de *pygmæa*). Stærcke admettait que *Pl. Xene* était probablement parasite de *Pl. vindobonensis*. Cette femelle est certainement l'une des plus petites femelles de fourmis. Confirmant l'idée de Stærcke au sujet du « parasitisme » de *Pl. Xene*, notre découverte fournit l'indication nouvelle sur le mâle pratiquement aptère et l'absence d'ouvrières. *Plagiolepis Xene* est l'unique espèce de

[1] *Entom. Berichten* (Pays-Bas), n° 212, part 9, 1936, p. 277-279.

Formicinæ aux mâles à ailes fortement réduites et à caractère gynécomorphe. Ces caractères, ainsi que l'éthologie du nouveau myrmécobionte, justifieraient d'en faire un genre, mais les autres caractères le rapprochent suffisamment de l'hôte pour n'en faire qu'une espèce du même genre *Plagiolepis*. Sur les figures sont représentées : 1° la femelle normale, désailée de *Plagiolepis pygmæa*, deux ouvrières, l'une normale, l'autre petite de cette même espèce; 2° une femelle ailée de *Plagiolepis Xene*, une femelle à ailes réduites et un mâle gynécomorphe et pratiquement aptère de ce myrmécobionte.

De nos observations et expériences, effectuées en nids artificiels, nous signalons les traits suivants : *Plagiolepis Xene* forme des associations mixtes avec *Plagiolepis pygmæa* (et *vindobonensis*). Les rapports entre les deux partenaires sont très amicaux et intimes; les ouvrières *pygmæa* nourrissent les *Xene*, comme leurs propres congénères; mais les *Xene*, notamment les femelles, sont aussi capables de se nourrir par leurs propres moyens. Les femelles *Xene* se lèchent mutuellement avec insistance; mais les ouvrières *pygmæa* lèchent aussi avidemment les *Xene*, indice que ceux-ci sécrètent des exsudations attrayantes. Les *Xene* partagent ce trait avec d'autres myrmécobiontes, comme *Anergates*, *Teleutomyrmex* etc. Le léchage entre myrmécobiontes et hôtes est d'ailleurs réciproque dans notre cas. L'adoption des femelles *Xene*, ailées ou non, par des colonies étrangères *pygmæa*, qu'elles soient pourvues ou non de femelles normales, s'effectue assez facilement, mais les intruses sont en partie traitées avec hostilité, ce qui est aussi le cas pour d'autres myrmécobiontes (par exemple *Epimyrma Stumperi*). Les femelles myrmécobiontes n'arrivent donc pas toujours à franchir la barrière olfactive des colonies de l'hôte et leur coefficient d'extermination peut être assez élevé, ce qui explique en partie la rareté relative des myrmécobioses. L'adoption est facilitée par les exsudations cutanées des myrmécobiontes.

L'intérêt de ce nouveau cas de myrmécobiose est multiple et indéniable. Par sa proche parenté avec l'hôte, *Plagiolepis Xene* confirme une fois de plus la règle d'Emery ([2]), selon laquelle les fourmis esclavagistes et parasites dérivent phylogénétiquement de leurs esclaves ou de leurs hôtes respectifs, auxquels elles sont spécifiquement liées. Comme cette parenté est très étroite dans notre cas et que certains caractères de *Pl. Xene* présentent une instabilité marquée (réduction des ailes), on est en droit d'admettre que la dissociation mutative des *Xene* de leur espèce-mère est de date relativement récente et que leur évolution n'est probablement pas encore terminée. Il en résulte cette considération importante que la disparition de la caste ouvrière peut se produire au début même de la

([2]) *Biolog. Centralbl.*, 29, 1909, p. 252-262.

genèse de la myrmécobiose et qu'elle n'est pas nécessairement le signe ou l'aboutissement d'une longue dégénérescence parasitique, comme on l'a toujours admis jusqu'à présent. Ce nouveau cas de myrmécobiose peut être rapproché de ceux décrits par W. M. Wheeler (3) pour deux espèces américaines de *Crematogaster*. Les résultats détaillés de nos recherches, ainsi que la description du mâle *Xene*, seront publiés par l'un de nous (Kutter) dans le *Bull. Soc. entomol. de Suisse*.

BIOLOGIE. — *Les Huîtres et le calcaire. Calcaire et substratum organique chez les Mollusques et quelques autres Invertébrés marins.* Note de M. **Gilbert Ranson**, présentée par M. Louis Fage.

Il est connu depuis longtemps, par les travaux de Moynier de Villepoix (1893) (1) et de Biedermann (1902) (2) surtout, que chacune des trois couches de la coquille des Lamellibranches est sécrétée par une zone spéciale du manteau.

A cette notion importante, je viens en ajouter une autre qui me paraît capitale : chacune des membranes organiques sécrétées par ces trois zones du manteau possède une constitution chimique propre; diverses réactions mettent ce fait en évidence.

La couche nacrée est constituée par un empilement de lamelles calcifiées. Chaque lamelle est produite par le manteau sous forme de membrane purement organique; puis une sécrétion de mucus à calcaire amorphe, a lieu. Ce mucus se combine à la membrane précédente et le calcaire y cristallise sous forme de microcristaux, répartis d'une façon homogène au sein de la matrice organique.

La membrane organique sécrétée par cette région du manteau présente donc une grande affinité pour le calcaire. Si l'on décalcifie une portion de couche nacrée par l'acide acétique, en présence de bleu coton, on constate que le substratum organique se colore très légèrement en rose lilas; il présente une réaction acide. Le périostracum est sécrété sous forme d'une membrane organique qui durcit mais ne se calcifie jamais. D'autre part, elle fixe abondamment le bleu coton acétique et présente une réaction basique. La couche prismatique est sécrétée, sous le périostracum, par la surface externe du bourrelet marginal du manteau. Elle est formée par un empilement de lamelles de constitution complexe, très spéciale. Une membrane purement organique est produite, à laquelle vient se combiner

(3) *Psyche*, 37, 1930, p. 55-60; 40, 1933, p. 83-86.

(1) *Thèse*, Paris, 1893.

(2) *Jen. Zeit.*, 36, 1902, p. 1.

du mucus à calcaire amorphe. On voit alors apparaître au sein de la membrane, des granules qui s'élargissent progressivement, chacun d'eux étant entouré d'un petit bourrelet plus réfringent. On assiste là, à la ségrégation des deux phases dont est constituée la membrane. Les deux substances qui la composent, s'isolent, ou plutôt : avec l'une se combine le calcaire cristallisant en son sein sous forme de microcristaux; il se constitue ainsi des plaquettes calcifiées polygonales; l'autre, forme de petits bourrelets non calcifiés autour de chaque plaquette. Le processus étant achevé, nous avons une vue en plan de la couche prismatique, à l'aspect de carrelage bien connu. La membrane organique originelle est devenue une lamelle partiellement calcifiée (plaquettes) et partiellement organique, non calcifiée (bourrelets limitant les plaquettes). Les auteurs ont parlé de cristaux pour désigner les granules et ces plaquettes. Cette notion est inexacte : le calcaire s'y trouve à l'état de microscristaux invisibles. Si l'on décalcifie cette lamelle, ainsi constituée, par l'acide acétique en présence de bleu coton, on constate que les plaquettes, décalcifiées, se colorent en rose lilas; leur substance présente donc une grande ressemblance avec celle de la couche nacrée. Les cordons organiques autour des plaquettes se colorent fortement en bleu; ils ont donc les mêmes propriétés que la substance périostracale.

Lorsque les membranes de la couche prismatique, successivement sécrétées, s'empilent, les plaquettes viennent se placer exactement les unes sous les autres et les cordons marginaux également. C'est la superposition d'un grand nombre de plaquettes qui constitue un prisme. En effet, si l'on prélève une lame de couche prismatique, nous voyons qu'elle est constituée de prismes de diverses tailles, droits ou courbés. Chaque prisme est entouré d'un fourreau organique (détruit par l'eau de Javel ou la potasse). Si l'on soumet l'ensemble à l'acide acétique en présence de bleu coton, le substratum organique des prismes (qui subsistent intégralement dans leur forme) se colore en rose lilas et les fourreaux en bleu foncé. On se rend bien compte qu'ils sont constitués par la superposition des membranes sécrétées successivement, les limites entre chaque membrane apparaissant parfaitement. Un prisme ainsi constitué n'a donc rien à voir avec un cristal. C'est un empilement de lamelles organiques calcifiées.

Par ailleurs, une première constatation s'impose. La structure des diverses couches de la coquille est déterminée par la nature du substratum protéique. C'est ce dernier qui impose la forme générale et spécifique de la coquille. Il impose également au calcaire sa nature microcristalline et la distribution des microcristaux en son sein. L'examen de coquilles de nombreux Mollusques, de squelettes de Coraux, de spicules divers, par la même méthode, m'a permis de montrer qu'il n'existe pas de production

animale calcaire sans substratum organique. D'autre part, ce dernier commande toujours la forme générale et les détails de structure de la production animale ainsi que la nature microcristalline du calcaire.

D'autre part, pénétré du rôle primordial ainsi joué par le substratum et ayant constaté que les substratums organiques n'ont pas tous la même structure microscopique sous l'action de certains agents, j'ai été conduit à penser comme j'en ai fait part à Stolkovski ([3]) que la forme minéralogique, elle-même, du calcaire (calcite, aragonite) était fondamentalement déterminée par la structure submicroscopique et peut être même moléculaire du substratum. On peut se demander si ce n'est pas le substratum protéique, lui-même, qui est orienté et oriente le calcaire.

BIOLOGIE. — *Le phénomène de la blastocinèse dans les œufs à diapause de* Locusta migratoria gallica *Rem.* Note (*) de M. **Jean-René Le Berre**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

On sait déjà que la phase de repos caractérisant l'évolution embryonnaire de la forme univoltine du Criquet migrateur s'installe au stade dit « *anatrepsis* ». Une première série d'observations nous a permis de préciser qu'il s'agissait du stade « *fin anatrepsis* »; c'est-à-dire, qu'après la rupture naturelle ou artificielle de la diapause, l'embryon amorce immédiatement son retournement au pôle postérieur de l'œuf. En vue d'étudier le processus mécanique, voire physiologique, de ce retournement, nous avons été conduit à définir avec le plus de précision possible, les déplacements de l'embryon dans l'œuf, au cours de la blastocinèse. Nous avons fait appel, pour cela, à deux critères : l'un, morphologique, indique la forme externe de l'embryon et renseigne sur la croissance et la segmentation des appendices..., l'autre topographique, situe dans l'œuf, l'embryon, et précise les rapports de ce dernier avec l'amnios et la séreuse.

Les œufs utilisés pour cette recherche correspondent à la dixième génération du Criquet de la forme à diapause, élevée continuellement au laboratoire. Les techniques suivantes sont adoptées :

1° Étude *in situ* et *in vivo* de l'embryon après enlèvement du chorion selon la méthode d'E. H. Slifer ([1]).

2° Dissection d'œufs sous la loupe binoculaire et observation au microscope, à l'aide d'un faible grossissement, des embryons recueillis sur lame porte-objet, colorés ou non ([2]) ainsi que de la calotte postérieure de l'œuf.

([3]) *Ann. Inst. Océan.*, 26, 1951, fasc. 1.

(*) Séance du 10 mars 1952.

([1]) *Science*, 102, 1945, p. 282.

([2]) Techiques personnelles non publiées.

Les œufs ayant subi une incubation d'une durée de 60 jours à 25° C, atteignent un stade de développement plus ou moins avancé, bien que la morphologie externe des embryons ne laisse voir que de très faibles différences de structure ([3]). Ainsi, dans les deux tiers environ des œufs étudiés, la séreuse est en contact sur toute sa surface avec la membrane cuticulaire sus-jacente. La zone comprise entre la région céphalique de l'embryon et la voûte du pôle caudal de l'œuf contient un liquide clair dans lequel baignent de nombreuses sphérules de vitellus. Tous les autres œufs présentent une séreuse décollée dans la région postérieure, à l'exception du pôle micropylaire où elle demeure « soudée » très longtemps. Cette zone de contact correspond aux « *hydropyle cells* » de Slifer ([6]) (1938) ou au « *grumulus* » de Miller ([7]) (1940). Le décollement latéral de la séreuse peut être très prononcé et, dans certains cas, l'image observée ressemble à une « *trabécule* » qui maintiendrait attaché l'embryon au pôle postérieur de l'œuf. Le liquide occupant cette trabécule plus ou moins différenciée, ne contient plus les sphérules de vitellus précédemment mentionnées.

La même étude, pratiquée sur des œufs ayant subi un séjour à 8° C de 60 jours en vue de les réactiver selon une technique déjà décrite ([8]), indique que le séjour au froid ne détermine aucune transformation de la structure générale de l'œuf et de l'embryon. Par contre, de tels œufs portés ensuite à 33° C sont le siège d'une série de modifications topographiques et morphologiques, preuves incontestables de la reprise immédiate ([9]) du développement. Le décollement de la séreuse chez les œufs les moins évolués peut être suivi aisément, tandis que la « *trabécule* » chez les autres œufs se précise et s'allonge. Corrélativement, l'embryon s'enfonce un peu plus dans la masse vitelline de la moitié antérieure de l'œuf. La « trabécule » s'amincit jusqu'à devenir généralement filiforme, et finit par se détacher au niveau de la région micropylaire. Il ne semble pas qu'il y ait à proprement parler de déchirure de la séreuse. Les figures ultérieures montrent une résorption nette de la « trabécule ». A ce moment, la séreuse paraît donc se contracter, contrairement à ce qu'affirme E. Slifer ([10]). Ce n'est qu'après rupture des connexions entre le pôle postérieur de

([3]) Sans entrer dans le détail, nous dirons que les figures observées sont intermédiaires entre les stades IX et X de Jinghram ([4]), soit sensiblement le 8 de Steele ([5]).

([4]) *J. Indian Zool.*, 45, 1947, p. 181-200.

([5]) *Trans. Roy. Soc. S. Australia*, 65, 1941, p. 329-332.

([6]) *Quart. J. micr. Sci.*, 80, 1938, p. 437-457.

([7]) *Ann. ent. Soc. Amer.*, 33, 1940, p. 437-477.

([8]) Le Berre, Diplôme d'Études Supérieures, Université de Paris, 1951.

([9]) Le Berre, Communication au IXe Congrès international d'Entomologie, Amsterdam, 1951.

([10]) *Biologische Zentralblatt*, 52, 1932, p. 91-135.

l'œuf et l'embryon, corrélatif d'un *déplacement final* de ce dernier, *proctodeum* en avant, que s'amorce le « retournement » annoncé par une forte flexion ventro-dorsale de toute la région céphalique d'abord, du thorax, puis de l'abdomen ensuite. L'étude au microscope des rapports existant entre séreuse et lobes céphaliques suggère un rôle possible de la séreuse dans le mouvement de rotation qu'exécute l'embryon. Au cours des déplacements terminaux de l' « *anatrepsis* », l'embryon croît énormément et sa morphologie externe subit d'importantes modifications que nous résumerons en les assimilant au stade XI de Jinghram.

La diapause embryonnaire du Criquet migrateur des Landes ne s'installe donc pas exactement en « *fin anatrepsis* ». Ce dernier stade est atteint lorsque tout rapport a fini d'exister entre l'embryon et le pôle postérieur de l'œuf, c'est-à-dire, après que la diapause a été éliminée.

Les pulsations de l'embryon ne seraient pas la cause essentielle du phénomène du « retournement »; celui-ci résulterait également de la croissance propre de l'embryon et des contractions de la séreuse.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur le comportement sexuel singulier de la Perruche ondulée maintenue à l'obscurité.* Note de M. **Léon Vaugien**, présentée par M. Maurice Caullery.

De nombreux travaux ont prouvé l'influence stimulante de la lumière sur l'activité sexuelle des Oiseaux, en opposition avec le résultat négatif de l'obscurité : Rowan, 1925; Bissonnette, 1930; Benoit, 1934; Vaugien, 1945; Miller, 1948, etc. Dans le cadre de ces recherches, j'ai montré, chez le Moineau domestique, que la lumière artificielle exerce un effet déclencheur, puis abréviateur et inhibiteur des cycles et que l'obscurité relative permet le rétablissement des conditions physiologiques nécessaires à l'avènement d'un nouveau cycle (1). Le comportement paradoxal de la Perruche ondulée (*Psittacus undulatus* L.) apporte un nouvel argument en faveur de la place remarquable de l'obscurité, au moins temporaire, dans la biologie sexuelle des Oiseaux.

Trente-quatre Perruches mâles, jeunes ou adultes, furent utilisées. Ces sujets ont été répartis, au cours des trois essais, en deux lots : un lot fut exposé, dans une cage ordinaire, à la lumière d'une lampe électrique usuelle de 300 W et l'autre enfermé dans une boîte complètement obscure (65 dm^3), avec une importante réserve de nourriture. Toutes les semaines, la boîte était entr'ouverte, durant quelques secondes, pour renouveler le contenu de l'abreuvoir.

---

(1) L. Vaugien, *C. R. Soc. Biol.*, **234**, 1951, p. 364.

Au début de l'expérience, l'autopsie de plusieurs témoins révélait, chez les jeunes, âgés de trois mois environ, la présence de testicules développés (140 à 182 mg) déjà riches en spermatozoïdes. Par contre, les adultes, tous au repos saisonnier, possédaient des testicules fortement régressés (15 à 40 mg) et dépourvus de spermatozoïdes.

Le même examen, pratiqué après un mois environ, indiquait, fait inattendu, des poids testiculaires variant de 330 à 505 mg chez les jeunes obscurés et de 150 à 260 mg chez les jeunes éclairés. L'histologie mettait en évidence, dans les deux cas, la présence de toute la lignée séminale. Mais l'autopsie de la totalité des adultes montrait une stimulation génitale intense dans le noir et la persistance, à la lumière, de l'état initial de repos.

Dans une seconde phase expérimentale, la plupart des survivants des deux lots, réduits à des individus jeunes, sont permutés. Après un nouveau délai d'un mois, les gonades de ces sujets sont alors examinées. Elles présentent maintenant une régression importante dans le cas des Perruches nouvellement éclairées et, au contraire, une nette stimulation chez les sujets dans le noir.

Les poids testiculaires des individus illuminés varient de 23 à 120 mg (moyenne 84 mg). Les tubes séminifères sont dans l'ensemble fortement réduits et la topographie des éléments séminaux appauvris se montre désordonnée. Chez plusieurs sujets, sont apparues des figures atypiques de l'évolution séminale, résultant, semble-t-il, de la fusion précoce de nombreux éléments dont les noyaux, disposés en couronne, sont d'aspect pycnotique. Ces formations correspondent vraisemblablement aux plasmodes de dégénérescence décrits dans les testicules des Mammifères soumis à divers agents perturbateurs : rayons X (Blanc, 1906), radon (Lacassagne et Nika, 1935).

Par contre, tous les mâles obscurés ont acquis des testicules volumineux (moyenne 340 mg), dont les spermatozoïdes sont très abondants.

Remarquons que, chez les sujets demeurés plus de deux mois à l'obscurité ou à la lumière, je n'ai observé aucune différence notable par rapport aux examens de la fin du premier mois.

Le rapprochement de ces données montre que :

1. L'obscurité ou l'illumination prolongée n'a pas empêché le développement testiculaire des jeunes Perruches, mais il faut noter cependant que l'accroissement a été maximum dans la boîte obscure. Chez les adultes, au repos saisonnier, le séjour à l'obscurité a seul permis la reprise sexuelle.

2. Le transfert des jeunes de la boîte noire à la cage illuminée a entraîné une nette régression de la gonade, alors que le passage inverse a été suivi d'un nouvel accroissement.

Il ressort de ces expériences que les jeunes Perruches, ou les adultes au repos, peuvent développer ou recouvrer rapidement, dans l'obscurité,

une activité sexuelle complète. Ne pouvant préciser la cause de l'état involutif consécutif au passage de l'obscurité à la lumière, je me bornerai à remarquer que l'éclairement continu n'a pas empêché une régression accentuée des testicules.

Ces réactions génitales paraissent conditionnées par les modifications de l'activité gonadotrope de la préhypophyse. Le mécanisme endocrinien invoqué est corroboré par le fait que les injections de gonadotrophine sérique de jument gravide [2] m'ont permis de rétablir, après une dizaine de jours, l'activité complète du testicule involué. Il apparaît ainsi que la fonction gonadotrope de l'hypophyse de la Perruche peut s'exercer complètement malgré l'absence de lumière, même si l'obscurité est prolongée durant plus de deux mois.

Mes expériences s'opposent donc aux conclusions relatées sur d'autres Oiseaux, puisque les auteurs ont généralement insisté sur l'action stimulante de la lumière et l'effet négatif de l'obscurité. Toutefois J. Benoit (1950) [3] indique que les Canards prépubères maintenus à une obscurité presque constante présentent un développement testiculaire notable mais fort lent. Les faits exposés montrent, en tout état de cause, que le comportement sexuel des Oiseaux, vis-à-vis des conditions d'éclairement, paraît sujet à de grandes variations spécifiques.

En résumé, les Perruches mâles maintenues dans une boîte obscure peuvent développer ou recouvrer rapidement et complètement leur activité sexuelle. Le retour dans une cage ordinaire, éclairée d'une façon ininterrompue, est suivi d'une importante régression des testicules.

PHYSICO-CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le rôle des facteurs biochimiques dans le passage des hydrosols à travers une barrière lipidique.* Note de M. **Wladislas Kopaczewski**, présentée par M. Maurice Javillier.

Après avoir démontré la réalité du passage des solutions et des dispersions aqueuses à travers une couche lipidique [1], passage influencé par divers facteurs physiques [2], nous allons examiner l'importance des facteurs chimiques, en suivant le mode expérimental précédemment indiqué.

Parmi les substances étudiées, d'origine vivante ou de synthèse, les unes traversent facilement une barrière lipidique, d'autres n'y parviennent point; voici leur ascension dans une bande de papier-filtre huilée sur 6 cm de hauteur :

---

(2) Cette hormone n'est pas de nature hypophysaire.

(3) J. Benoit et coll., *C. R. Soc. Biol.*, 164, 1950, p. 1403.

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 956.

(2) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 210.

Substances.	Concentration (%).	Ascension (cm).
Saponine de *Quillaya*	0,1	2,5
Gentisate de Na	1,0	5,0
Thiosinamine	0,5	6,0
Témoin	–	6,5
Acétylcholine (HCl)	0,2	7,5
Tanin à l'alcool	1,0	8,5
Atropine (H_2SO_4)	0,1	9,0
Camphre	Sol aq. sat. à 15°C	9,5
Nicotine	0,1	10,0
Pilocarpine (H_2SO_4)	0,1	10,0
Adrénaline	0,2	11,5
Salicylate de Na	0,1	12,5
Méthyl-4 esculoside	0,2	15,5
Acide *l*-ascorbique	0,5	17,0

Notons, en marge de ces résultats, que la pénétration de l'adrénaline et de l'acide *l*-ascorbique est augmentée déjà à la concentration de 0,1 % et celle du salicylate de Na^- à celle de 0,2 %.

La pénétration des hydrosols colorés (noir direct W, alizarine-sulfonate de Na et vert de Janus) dans les interstices capillaires du papier-filtre huilé s'accompagne, en présence des substances énumérées, de plusieurs phénomènes collatéraux intéressants : celle du vert de Janus additionné d'acide *l*-ascorbique ou de salicylate de Na fait apparaître *en dehors de la zone immergée dans le liquide* une couleur rouge (pH 13,0); l'alizarine vire, au contact de l'acide *l*-ascorbique, au jaune (pH 4,5). Dans certains cas les corps ajoutés se condensent à la périphérie (adrénaline, salicylate de Na et tanin), en entraînant, pour ainsi dire, les colorants à leur suite (adrénaline et salicylate de Na); cette condensation périphérique peut avoir lieu seulement pour les corps ajoutés, alors que les colorants ne donnent qu'une bande homogène (acide *l*-ascorbique). Les mêmes phénomènes s'observent avec les substances dont la pénétration dans la barrière lipidique est partielle : on y constate une concentration périphérique (thiosinamine, gentisate de Na) avec condensation simultanée des colorants (gentisate de Na, acétylcholine, thiosinamine), ou sans elle (désoxycorticostérone); aucune de ces subtances ne provoque de virage soit de l'alizarine, soit du vert de Janus. Parmi les produits qui n'influencent pas le passage des colorants hydrosolubes à travers la barrière lipidique citons : la caféine, la digitaline, la lécithine de soya et la théophylline.

Pour isoler le rôle des paramètres chimiques dans les faits relatés ci-dessus, il faut tenir compte des caractères physicochimiques dont l'importance a été

démontrée dans notre travail précédent ([2]), et avant tout, de la tension interfaciale, de la réaction réelle, de la charge électrique et de la liposolubilité. Parmi les substances qui favorisent la traversée de la barrière lipidique figurent le salicylate de Na, l'adrénaline et l'atropine : elles n'influencent pas la tension superficielle; par contre, la thiosinamine, la lécithine et la saponine l'affaiblissent mais ne pénètrent qu'à peine dans la couche lipidique. La réaction réelle au départ ne semble pas, non plus, modifier la traversée en question : parmi les substances à pH abaissé (4,4 à 5,8) figurent le sulfate d'atropine, la lécithine et la thiosinamine; or, les deux dernières entravent et la première favorise le passage des colorants à travers la couche huileuse. Le rôle de la charge électrique a été constaté dans le cas de la spartéine (sulfate) qui flocule le colorant électronégatif (noir direct W) mais augmente la pénétration du colorant électropositif (vert de Janus). Enfin, en ce qui concerne la liposolubilité des substances étudiées, il ne semble pas qu'elle intervienne dans le passage des colorants étudiés à travers la couche huilée : en effet, l'acide *l*-ascorbique, l'adrénaline et le tanin, entre autres, sont insolubles dans l'huile d'amandes douces.

Lorsqu'on compare tous ces résultats, d'une part, avec ceux que nous avons enregistrés au cours de nos études sur la pénétration des colorants dans les interstices capillaires du papier-filtre en absence de toute barrière lipidique ([3]) et sur la coloration des cellules vivantes ([4]), et d'autre part, avec les données obtenues par divers auteurs ayant trait à l'absorption des médicaments aux étages physiologiques variés ([5]), on constate l'existence de différences profondes : ainsi, on admet que la pénétration des drogues *in vivo* est favorisée par la saponine, la caféine, la lécithine, l'acétylcholine et retardée ou entravée par l'adrénaline, l'atropine et le tanin; or, nous avons enregistré des effets contraires. Il se peut donc que la pénétration à travers la barrière lipidique dépende de la nature du support. On peut vérifier cette hypothèse de perméabilité sélective en étudiant le comportement des supports variés constitués par des tissus de laine (kératine), de soie (séricine), etc., imbibés de glucides, de protides et, ensuite seulement d'huiles.

En résumé, certaines substances exercent une action particulière (inhibitrice ou favorisante) sur le passage des colorants hydrosolubles à travers une couche formée par de l'huile d'amandes douces.

([3]) W. Kopaczewski, *Protoplasma*, 3, 1928, p. 345 et 5, 1928, p. 14; *Arch. internat. Pharmacodyn.*, 43, 1932, p. 327.

([4]) W. Kopaczewski, *Ann. Agronom.*, 1, 1950, p. 26.

([5]) E. Gellhorn et J. Regnier, *La Perméabilité*, 1936, Masson, Paris.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La production des substances antibiotiques par des moisissures sous l'influence d'un courant électrique (cultures en surface).* Note de MM. **Gontran Gillissen** et **Sven Carlson**, présentée par M. Maurice Javillier.

Peu d'auteurs se sont occupés de l'influence du courant électrique sur la croissance des microbes. Les résultats décrits furent, selon le genre du courant employé, très différents ainsi que les opinions sur les causes de cet effet du courant.

Kliewe et Neidl [1] ont constaté qu'avec un courant alternatif (0,2 A 50 H, 220 V), le nombre de microbes dans l'eau polluée, dans l'eau ensemencée avec des Staphylocoques, des Colibacilles et des bacilles typhiques, ainsi que dans d'autres milieux liquides, augmente en peu de temps sensiblement. Cette augmentation de microbes n'est pas due à une élévation de température, mais au seul effet du courant. Partant de ces résultats, nous avons pensé que, selon la Loi d'Arndt-Schulz, les moisissures se développeraient également plus vite sous l'influence d'un faible courant alternatif et diffuseraient les substances antibiotiques plus rapidement et peut-être en plus grande quantité dans le milieu environnant.

Méthode. — Des boîtes de Petri de 85 mm de diamètre ont été remplies, avec 50 cm^3 de milieu de culture indiqué par L. M. Vincent [2]. Pour faire passer le courant électrique, nous avons introduit deux électrodes au charbon au moyen de deux trous dans le couvercle des boîtes de Petri. Distance des électrodes, 60 mm; profondeur d'immersion des électrodes dans le milieu de culture, 6 mm. Après avoir ensemencé le milieu avec des spores de moisissures, les cultures ont été cultivées à 30° C. Nous avons employé un courant alternatif sans interruption et récolté chaque jour une culture de chaque série. L'activité des filtrats de cultures a été testée par la méthode de dilution et le Staphylocoque doré comme test-organisme. 2 cm^3 de dilution de filtrat (mode de dilution 1 : 1, 2, 4, 6, 8) ont été ensemencés avec une goutte d'une suspension de Staphylocoques (2 gouttes d'une culture de 24 h sur 10 cm^3 de sérum physiologique). Le résultat a été lu après 20 h de culture à 37° C. De chaque filtrat nous avons détermné le pH, la température et le poids de mycélium desséché. En dehors d'un Aspergillus orizæ [3] nous avons examiné également plusieurs souches non-sélectionnées de Penicillium avec, en principe, le même résultat.

Résultats. — En employant l'Aspergillus orizæ les cultures se développent

(1) *Arch. Hyg.* (sous presse).

(2) *Bull. Soc. Chim. biol.* 30, 1948, p. 512.

(3) *Zentraalburo voor Schimmelculture* (Baarn, Hollande).

nettement plus vite sous l'influence du faible courant alternatif. La sporulation apparaît 1 à 2 jours plus tôt que chez les cultures de contrôle. La production d'antibiotiques par toutes les moisissures employées commence également plus vite sous l'influence du courant et est jusqu'à trois fois plus grande par rapport aux contrôles. Seulement en vieillissant les activités antibiotiques des cultures principales et celles de contrôle se rapprochent. Cette activité spéciale n'est pas due au pH, puisque le pH des cultures de contrôle est souvent pareil et parfois même plus acide que celui des cultures sous courant. On devrait ainsi attendre plutôt une activité plus prononcée dans le filtrat de culture de contrôle.

La différence de température entre les deux séries d'essais ne dépasse pas 0,1 à quelques fois 0,5° C. Le poids de mycélium est même plus élevé chez les cultures de contrôle. Si l'on trouve quand même une plus grande activité sous l'influence du courant, on peut dire qu'il n'y a pas de relation entre le poids de mycélium et la production élevée d'antibiotiques.

Nous pensons donc que l'influence d'un faible courant alternatif sur les moisissures est un simple effet d'excitation non spécifique et ne peut pas être expliqué, tout au moins pour les cultures en surface, par une augmentation de la masse de mycélium, par un pH très acide ou par les petites différences de température.

Nous rapporterons plus tard les résultats sur l'action du courant sur des souches sélectionnées de Pénicillium en employant des milieux de culture purement organiques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — « *L'effet d'impulsion* » *dans la croissance de* E. Coli *B. sur des acides aminés comme source d'azote*. Note de MM. **Joseph Huppert** et **Jacques Panijel**, présentée par M. Maurice Javillier.

Il est possible d'améliorer la croissance de *E. Coli* B. sur un milieu synthétique contenant comme substrat azoté un acide aminé de « mauvaise » croissance (¹) (tyrosine ou tryptophane par exemple), en amorçant la croissance, toutes choses égales d'ailleurs, par addition d'une quantité minima d'une source azotée de « bonne » croissance. L'expérience peut se faire de deux façons différentes : *a.* en ensemençant sur milieu contenant simultanément la « bonne » et la « mauvaise » source d'azote; *b.* en ajoutant la « mauvaise » source à un temps quelconque (par exemple, la phase stationnaire) de la croissance sur bonne source. Nous avons donné le nom d'*effet d'impulsion* au phénomène observé : on constate, en effet, qu'après épuisement de la « bonne » source, la croissance repart *immédia-*

(¹) J. Panijel et J. Huppert, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1226.

tement sur la « mauvaise » source à une vitesse très supérieure à celle qu'on observe lorsque le « mauvais » substrat est attaqué directement.

A. Les figures 1 A, B, C et D montrent les courbes de croissance après impulsion par $SO_4(NH_4)_2$: On peut voir que, quelle que soit la densité optique au terme de la croissance sur $SO_4(NH_4)_2$, l'attaque de la tyrosine et du tryptophane s'effectue en deux phases linéaires successives, corres-

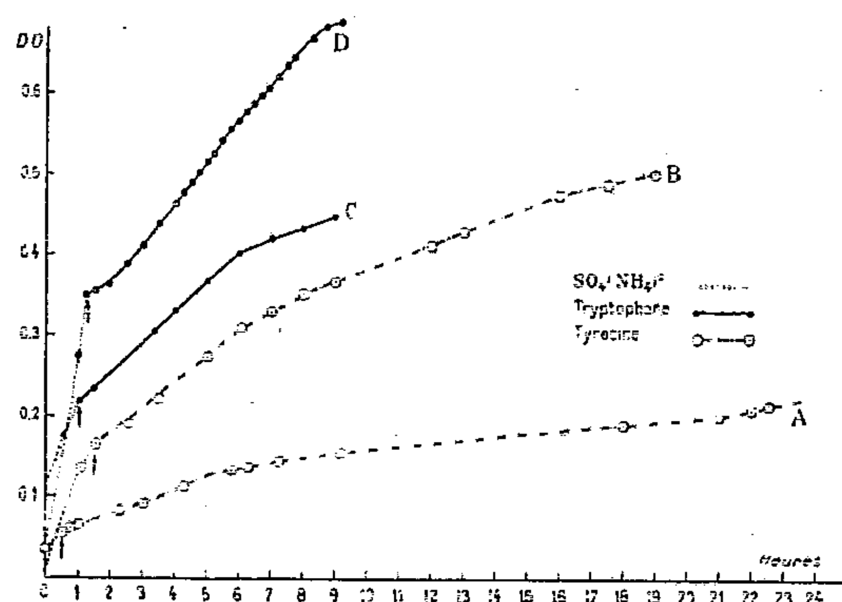


Fig. 1.

Fig. 1. — « Effet d'impulsion » chez *E. Coli* B. après croissance sur $SO_4(NH_4)^2$ pH 7,4, 37°, milieu : 56 *bis* + source de N.

pondant par conséquent chacune à des taux de croissance décroissant entre certaines limites : *a.* dans la phase immédiatement postérieure à l'impulsion (phase linéaire primaire), la densité optique double en 4 à 5 h; *b.* dans la phase ultérieure (phase linéaire secondaire), elle double en 16 à 20 h. Nous avons pu vérifier que, pour chacune de ces deux phases linéaires, la valeur double de la densité optique traduisait de façon satisfaisante le doublement du nombre de bactéries (bien que celles-ci soient morphologiquement très modifiées (2). Après cette deuxième phase de croissance (qui correspond donc à la deuxième division de la population bactérienne sur le « mauvais » substrat) le taux de croissance diminue encore et la densité optique double en 20 h et plus.

B. La suppression de la « diauxie » que nous avons précédemment décrite (1) correspond donc, sans doute à une suspension de l'attaque du mauvais substrat, puisque l'effet d'impulsion se produit même lorsque la « bonne » source est ajoutée durant l'attaque spontanée de la « mauvaise » source (*fig.* 2 A et B).

C. Les deux phases de croissance linéaire se retrouvent si les bactéries,

(2) J. Panijel et J. Huppert (à paraître).

centrifugées et lavées, sont remises en suspension dans un milieu neuf. Les courbes de la figure 3 montrent que la croissance se poursuit alors à la vitesse caractéristique de la phase de prélèvement et ce, pendant une durée correspondant à l'achèvement de la division. Après quoi, la croissance continue à la même vitesse et avec les mêmes caractéristiques que s'il n'y avait pas eu de prélèvement ni de remise en suspension.

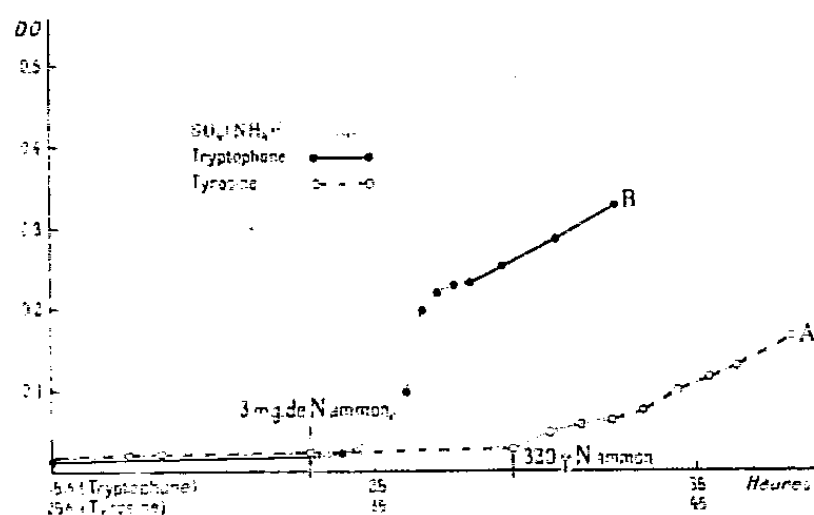


Fig. 2.

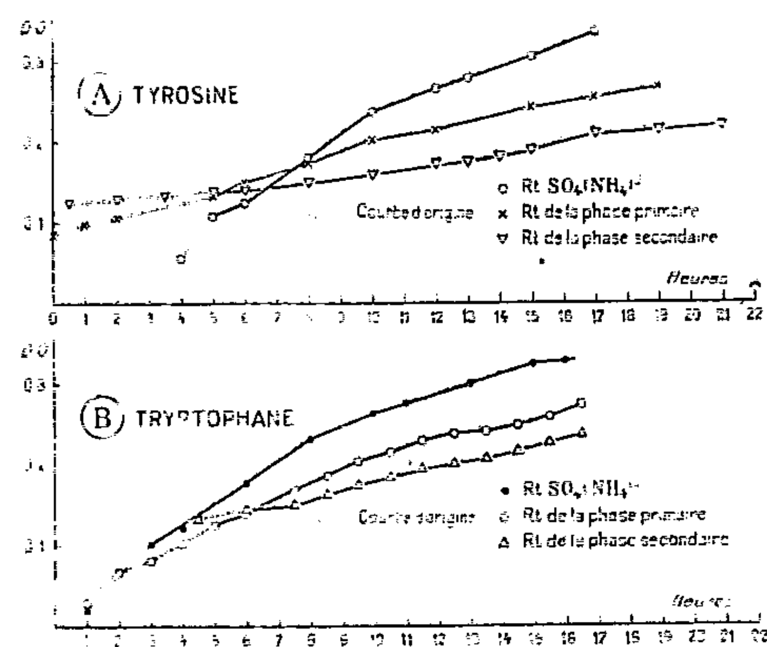


Fig. 3.

Fig. 2. — « Effet d'impulsion » chez *E. Coli* B. au cours de la croissance sur « mauvais » substrat pH 7,4, 37°, milieu : 56 *bis* + source de N.

Fig. 3. — Croissance de Restings *E. Coli* B. pH 7,4, 37°, milieu : 56 *bis* + source de N.

D. Le changement de vitesse entre la première et la deuxième phase et le caractère linéaire de la croissance ne sauraient s'expliquer par l'intervention de produits de transformation toxiques, puisque le milieu, débarrassé des bactéries, réensemencé et additionné d'une « bonne source » permet une croissance normale. De plus, lorsqu'une culture a poussé même pendant plusieurs jours sur le « mauvais » substrat (la vitesse de croissance est alors très faible), il suffit d'ajouter une « bonne » source pour que la croissance reprenne normalement.

E. Indiquons enfin que, par son allure même, le phénomène exclut toute hypothèse de sélection.

Il est encore difficile d'interpréter l'*effet d'impulsion*. On peut, cependant, admettre en première hypothèse que la « bonne » source d'azote a pour effet d'assurer la formation en quantité limitée des systèmes de désamination. Ceux-ci s'épuiseraient progressivement au cours de l'attaque du substrat, le changement de pente entre les deux phases linéaires indiquant au surplus que, dans nos conditions de culture, cet épuisement est lié à l'existence des deux taux de croissance distincts et successifs que nous avons décrits.

CHIMIOTHÉRAPIE. — *Activité trypanocide d'un antibiotique produit par un streptomyces.* Note (*) de MM. **Charles Cosar**, **Léon Ninet**, Mme **Sylvie Pinnert-Sindico** et M. **Jean Preud'homme**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les antibiotiques ayant une action sur l'infection à trypanosomes de la Souris sont rares.

Nous avons pu obtenir un composé cristallisé ayant une activité trypanocide à partir de cultures d'un streptomyces (n° 1142) isolé d'un échantillon de terre prélevé à Luz (Basses-Pyrénées) et que nous n'avons pas encore identifié. Ce micro-organisme a été cultivé en profondeur dans un milieu nutritif à base de glucose et de farine de soja; après filtration du mycélium, le produit actif basique a pu être isolé du bouillon de culture par adsorption sélective sur échangeur d'ion cationique et purifié par chromatographie sur alumine de la solution méthylique de son chlorhydrate; par cristallisation dans l'alcool méthylique, on a obtenu des aiguilles presques incolores se décomposaut vers 205-210°, sans activité sur la lumière polarisée et dont l'analyse élémentaire correspond à la formule $C_{10}H_{21}O_3N_5$, HCl.

Cet antibiotique a, *in vitro*, une activité antibactérienne qui s'étend à la majorité des bactéries gram-positives et gram-négatives, y compris les mycobactéries, à l'exception toutefois de *Pseudomonas aeruginosa* et *Brucella bronchiseptica*. Sa toxicité est modérée, la dose 50 % léthale chez la Souris étant de l'ordre de 0,25 g : kg par voie sous-cutanée. Il a, cependant, aux doses subtoxiques, une activité relativement faible sur les péritonites expérimentales de la Souris à staphylocoques ou à bacilles de Friedlander, mais il présente, à ces mêmes doses, une action très nette sur l'infection du Raton à *Entamoeba histolytica*; seule dans ce cas, l'administration par voie parentérale est efficace.

L'intérêt principal de ce composé réside dans son activité trypanocide, qui est d'autant plus remarquable qu'elle s'exerce particulièrement bien sur *T. congolense*, organisme insensible à la plupart des produits reconnus actifs sur les autres espèces de trypanosomes (*T. brucei* et *T. equiperdum*).

Nous décrivons ci-contre le protocole d'une expérience effectuée avec cet antibiotique.

Des souris sont infectées dans le péritoine par une suspension d'environ 5 millions de *T. congolense* dans 0,5 cm³ de soluté physiologique; on attend avant de faire le traitement que le degré d'infestation du sang des animaux ait atteint un taux approximatif de 2 millions de parasites par centimètre cube, soit 48 à 72 h. On administre alors aux animaux, en une seule fois, par voie sous-cutanée, une dose d'antibiotique de 0,15 g : kg, ce qui représente

(*) Séance du 24 mars 1952.

approximativement le maximum toléré. Le sang des Souris est examiné au microscope 1, 3, 5 et 12 jours après le traitement. Dès le lendemain on constate que les parasites ont à peu près disparu chez les Souris traitées alors que leur nombre a fortement augmenté chez tous les témoins, cette multiplication se poursuivant jusqu'à la mort de ces animaux. Le tableau ci-joint montre que, même au 12e jour, une seule Souris sur 8 a présenté une rechute très discrète.

Doses d'antibiotique.	Nombre de Trypanosomes par champ microscopique (grossissement : 360) suivant les nombres de jours après le traitement. 1er jour.	3e jour.	5e jour.	12e jour.
0,15 g : kg sur 8 souris	1 par 100 champs Souris n° 2	Aucun parasite	Aucun parasite	1 par 100 champs Souris n° 3
0,075 g : kg sur 8 souris	1 par 100 champs Souris n° 7	Aucun parasite	Aucun parasite	1 par 10 champs Souris n° 1 plus de 300 Souris n° 5
0,03 g : kg sur 6 souris	0	5	env. 30	sup. à 300
	3	sup. à 300	10	0
	0	0	5	sup. à 300
	1	sup. à 300	1 par 30 champs	»
	3	env. 30	1 » 10 »	»
	1	env. 100	1 » 20 »	»
Témoins non traités 10 souris	10	sup. à 300	sup. à 300	Mort
	10	»	»	Mort
	5	»	»	sup. à 300
	sup. à 300	»	»	Mort
	1	»	»	»
	5	»	»	»
	2	»	»	sup. à 300
	5	»	»	»
	sup. à 300	»	»	»
	3	»	Mort	

Quand on utilise une dose deux fois plus faible de produit (0,075 g : kg) on guérit encore dans ces conditions 6 Souris sur 8.

Si l'on fractionne les doses indiquées ci-dessus de façon à les répartir sur 3 ou 4 journées consécutives on obtient des résultats bien inférieurs.

Des essais analogues effectués également chez la Souris, avec deux souches de *T. brucei*, l'une arsénorésistante, l'autre arsénosensible ont montré que l'antibiotique avait une action curative qui n'est pas supérieure à celle dont il fait preuve dans le cas de *T. congolense*.

La séance est levée à 15 h 40 mn.

L. B.

ERRATA.

—

(*Comptes rendus* du 17 mars 1952.)

Note présentée le 10 mars 1952, de MM. *Jean Roig* et *Maurice Bécart*, Fonctionnement d'une lampe à cathode creuse à refroidissement par eau, travaillant en atmosphère d'hélium :

Page 1264, 13e ligne, *au lieu de* au-dessous, *lire* au-dessus.

Comité secret :

Page 1328, 5e ligne, *au lieu de* comme vice-président de l'Union, *lire* comme vice-président du Conseil international des Unions scientifiques.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 AVRIL 1952.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE CHEVALIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** informe l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de Pâques, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 16 avril au lieu du lundi 14.

Notice nécrologique sur M. BERNARD LYOT, *astronome titulaire de l'Observatoire de Paris.* (1897-1952),

par M. **Auguste Chevalier**.

Mes chers Confrères,

La mort fauche dans nos rangs au hasard. L'an dernier, la section de botanique à laquelle j'appartiens, perdait Joseph Magrou, Chef de service à l'Institut Pasteur, encore en pleine activité. Aujourd'hui, c'est un Membre de la section d'Astronomie, l'un de nos plus jeunes confrères, **Bernard Lyot**, que nous pleurons. Ce nouveau deuil est particulièrement tragique car Lyot est mort subitement en mission officielle, loin de ses enfants et de ses amis, près du Caire, en Égypte, en revenant de Khartoum, où il était allé observer une éclipse de soleil.

Bernard Lyot était né à Paris le 27 février 1897 et n'avait que 42 ans quand il fut élu membre de l'Académie des Sciences, en 1939. Fils d'un médecin des Hôpitaux, mort jeune, il devint astronome par vocation. A seize ans, il construit de ses mains un petit observatoire au-dessus de la maison familiale à Paris. Cependant, dirigé par sa famille vers les applications électriques, il entre à l'École supérieure d'Électricité, dont il fut un brillant élève. Au sortir de l'École en 1917, en pleine guerre,

il est attaché au grand Laboratoire qui, sous la haute direction du Général Ferrié, poursuit l'amélioration des engins de guerre. Là, il rencontre M. Pérot, professeur à l'École Polytechnique, qui, frappé de ses grandes qualités, le prend comme préparateur de son cours de physique. Dans cette période, soit seul, soit en collaboration avec Pérot, il réalise plusieurs dispositifs ingénieux qui permettent à un navire et aussi à un avion de suivre une direction la nuit ou par brume épaisse, sans émettre aucun signal que l'ennemi puisse percevoir.

M. Pérot était en même temps attaché à l'Observatoire de Meudon, comme astronome-physicien. Il y amène Lyot en 1920, le présentant comme un expérimentateur très habile, épris d'astronomie, qui de plus a des idées personnelles et une grande curiosité. Les instruments de l'Observatoire sont mis à sa disposition. Dès ce moment, il se consacre à l'Astronomie, non seulement à Meudon, mais aussi dans des stations de montagne. Dans cette nouvelle période, il apporte une contribution importante à toutes les questions qu'il aborde et il fait de grandes découvertes, suivant les dires de l'astronome éminent que fut Henri Deslandres.

« En 1931, écrit ce savant, Lyot annonce son intention d'étudier la polarisation de la lumière des planètes et comme on lui objecte que cette polarisation doit être nulle ou très faible, il ajoute qu'il a réalisé un polarimètre dix fois plus sensible que les polarimètres antérieurs. » Ce polarimètre basé sur un principe nouveau décèle une proportion de lumière polarisée égale à 1/1000e.

En 1811, Arago avait observé la polarisation de la lumière de la Lune sur les parties appelées Mers, polarisation maxima au premier quartier. Plusieurs astronomes français et étrangers ont confirmé ces premiers résultats et ont, en outre, annoncé que la polarisation était insensible sur les planètes et, en particulier, sur Mercure et Vénus. Or, Lyot constata une polarisation nette sur toutes les planètes et il releva avec soin toutes les particularités du phénomène. L'angle sous lequel on voit le soleil de la terre, appelé angle de vision ou de diffusion, varie d'une manière continue; Lyot relève, pour les valeurs successives de cet angle, la proportion de lumière polarisée et aussi son plan de polarisation qui est le plan des trois corps ou un plan perpendiculaire. Pour certains angles de diffusion, la polarisation devient nulle et le plan de polarisation change; s'il était auparavant parallèle, il devient perpendiculaire et inversement. Cet angle spécial de diffusion, appelé angle d'inversion, reconnu pour la première fois, est un caractère important du corps qui diffuse.

En même temps, dans le laboratoire, il étudie de la même manière la lumière diffusée par les différents corps de la croûte terrestre et aussi par les particules en suspension dans les gaz. Il relève la proportion de lumière polarisée et les angles d'inversion, puis il les rapproche des mêmes éléments

observés sur la planète, d'où résultent des indications précieuses au sujet de son sol et de son atmosphère.

Il a pu ainsi établir que la planète Mercure et la Lune ont exactement la même polarisation et le même angle d'inversion de 24°. La planète Mars a montré les mêmes caractères, mais moins accusés. De même, dans le laboratoire, les cendres volcaniques sont les seuls corps qui ont montré une polarisation identique. Ce fait est en accord avec les nombreux caractères volcaniques de la surface lunaire.

La planète Vénus a une polarisation très différente; elle offre quatre angles d'inversion et le plan de polarisation n'est plus, dans la majorité des cas, parallèle au plan des trois corps, mais perpendiculaire. La planète offre parfois des variations fortes de polarisation.

Lyot examine aussi les grosses planètes Jupiter et Saturne, mais à cause de la grande distance, les angles de diffusion restent petits. L'anneau de Saturne a montré un fait curieux. Les deux moitiés de l'anneau séparées par la division de Cassini ont des polarisations très différentes; la matière dont ils sont formés n'est pas la même. Cette belle étude des planètes principales exigea de très nombreuses mesures et huit années d'efforts continus. Elle est complète et définitive, au moins dans ses grandes lignes. Elle forme un chapitre nouveau pour les traités d'Astronomie.

Par la suite, Lyot allait s'attacher à l'étude d'un autre problème : la reconnaissance de la couronne solaire en dehors des éclipses, dont la solution était recherchée depuis 80 ans. Il construisit des appareils ingénieux, des coronographes, et des lentilles aussi pures que possible. Il se rendit à des observatoires de montagne, d'abord au Mont Blanc, puis au Pic du Midi, à la Jungfrau. Le spectroscope révéla, pour la première fois en dehors des éclipses, les raies verte et rouge de la couronne.

Il étudia aussi les protubérances que son coronographe enregistre aisément avec une grande richesse de détails.

Lyot reçut peu après la grande médaille d'or de la *Royal Astronomical Society* de Londres.

En 1947, lui fut attribuée la Médaille d'Or Catherine-Wolf Bruce, conférée par l'*Astronomical Society of the Pacific*, sur la proposition d'un Comité international de six Membres. C'est l'une des distinctions les plus appréciées que puisse recevoir un astronome. Les deux autres titulaires français furent Henri Poincaré et Henri Deslandres.

Notre confrère, M. André Danjon, Directeur de l'Observatoire de Paris, a eu l'amabilité de me communiquer les renseignements qui suivent sur les derniers travaux de Bernard Lyot.

En 1933, celui-ci avait publié le principe d'un filtre monochromatique polarisant très lumineux, composé d'un ensemble de lames cristallines. Des difficultés de réalisation arrêtèrent les expériences pendant quelques

années. En 1938, Lyot put se procurer des feuilles de *polaroïd* suffisamment transparentes, grâce auxquelles il put construire un filtre dont la bande rouge n'avait que 3 angströms de largeur, avec une transmission de 25 %. Cet appareil lui permet, en 1939, de cinématographier la chromosphère au bord du soleil, ainsi que les protubérances, et d'obtenir de bonnes images monochromatiques de la couronne, les premières du genre.

En 1940-1941, les *polaroïd* furent remplacés par des polariseurs en spath, ce qui augmentait la luminosité, ainsi que la sélectivité, en réduisant la lumière diffusée. Le nouveau filtre ainsi réalisé permettait de photographier la chromosphère devant le disque du soleil, ainsi que la couronne solaire, en lumière verte et rouge. Depuis lors, le filtre polarisant n'a cessé d'être perfectionné par son auteur. Le Mémoire qu'il lui a consacré figurera certainement en bonne place parmi les classiques de la physique expérimentale.

Lyot avait fait de nombreux séjours au Pic du Midi pour la mise au point du coronographe. Frappé par la beauté du ciel de cette station, il devait y faire de fréquentes observations des planètes et de leurs satellites. On lui doit une admirable collection de photographies de la planète Mars, en collaboration avec Camichel, ainsi que les premières observations suivies des satellites de Jupiter, et une étude photométrique du bord lunaire montrant avec netteté que notre satellite est dépourvu d'atmosphère, etc.

Les derniers travaux de Lyot témoignent d'une incroyable maîtrise dans l'art d'utiliser les ressources de la physique et de les appliquer à la solution des problèmes les plus ardus. Le coronographe permet d'observer la couronne solaire en dehors des éclipses, mais il ne peut être employé qu'à haute altitude, sous un ciel exceptionnellement pur. Lyot se proposa, il y a quelques années, de s'affranchir de cette dernière servitude et de réaliser un appareil permettant d'observer la raie verte de la couronne sous un ciel aussi voilé que celui de la région parisienne. Renonçant à l'artifice du coronographe, dans lequel un petit écran produit une sorte d'éclipse artificielle, il mit à profit la haute sélectivité du filtre monochromatique et la polarisation de la lumière qu'il transmet. Grâce à un analyseur tournant, il isole soit une étroite bande spectrale renfermant la raie coronale, plus une portion du spectre continu du ciel, ou bien deux bandes contiguës, adjacentes à la première et de même intensité globale. Un photomètre photoélectrique décèle le faible appoint correspondant, dans le premier cas, à la raie verte coronale. Il fallait, pour mener à bien la réalisation de ce dispositif, l'étonnante virtuosité de Lyot, sa foi et son ardeur, ainsi qu'une volonté inébranlable de ne se laisser arrêter par rien. Au cours de ce travail, l'inventeur du coronographe s'est surpassé.

Ce succès retentissant remporté, Lyot s'attaquait à d'autres problèmes plus difficiles encore. J'ai, disait-il, de la besogne pour dix ans. Quels

étaient ses projets ? Nous l'ignorerons sans doute toujours, car il ne livrait guère ses idées à l'état d'ébauches, mais nous tenons pour certain que les travaux de notre confrère, interrompus par sa mort soudaine, auraient étonné le monde, comme l'ont étonné le coronographe, le filtre monochromatique, le photomètre polarisant.

La préparation de l'éclipse du 25 février dernier avait accaparé les derniers mois qu'il devait passer à Meudon. Son but était de photographier les raies coronales avec un spectrographe à fente circulaire, pour déterminer la répartition de leurs intensités autour du disque solaire. L'observation fut réussie au delà de ses espoirs et il étudiait ses clichés, au Caire même, lorsque la mort l'a surpris. Fatigué par une campagne accomplie dans les conditions les plus pénibles, il n'aura pas pris un repos cependant bien nécessaire.

L'astronomie fait une perte irréparable. Ce n'est pas seulement un savant qui disparaît, c'est aussi un artiste, un virtuose de la physique expérimentale. Lyot, avec sa simplicité charmante, était l'un des plus grands astronomes de notre époque.

Que sa famille, que les siens, veuillent bien agréer l'hommage et les regrets que tous les Membres de l'Académie des Sciences expriment au grand disparu dont le nom sera conservé toujours dans les annales de la Science.

La séance est levée en signe de deuil, mais auparavant, M. le **Président** signale que l'arrivée du corps par avion est prévue, à l'aérodrome d'Orly, demain mardi, vers 19 h 45 m.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les relations entre les coefficients de charge et de masse dans la théorie du champ soustractif.* Note de M. **Louis de Broglie**.

L'auteur montre qu'en dehors de la relation $\sum_i \varepsilon_i = 0$, la théorie du champ soustractif conduit à prévoir l'existence entre les coefficients de charge et de masse ε_i et μ_i d'une série de relation de la forme $\sum_{i=1}^{n} \varepsilon_i \mu_i^{2(p-1)}$ avec $2 \leq p \leq n$, n étant le nombre des champs qui interagissent avec l'électron.

Dans des travaux antérieurs [1], nous avons présenté la théorie du champ soustractif sous deux formes différentes.

Une première méthode consiste à supposer qu'un électron ponctuel étant en interaction avec n champs de particules de spin 1 (champs mésoniques

(1) *J. Phys.*, **11**, 1950, p. 481 ; *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1269.

pouvant comprendre un champ de photons), le potentiel $A^{(i)}$ du $i^{\text{ième}}$ champ obéit à la relation

$$\square A_\alpha^{(i)} + k_i A_\alpha^{(i)} = j_\alpha^{(i)}, \tag{1}$$

où la constante de masse k_i est reliée à la masse propre μ_i des particules du $i^{\text{ième}}$ champ mésonique par la relation $k_i = (2\pi/h)\mu_i c$. On a $j_\alpha^{(i)} = \varepsilon_i \delta(\vec{r}_0) u_\alpha$, où ε_i est la « charge » par rapport au $i^{\text{ième}}$ champ mésonique de l'électron supposé placé à l'origine des coordonnées. Définissant le champ total par

$$A_\alpha = \sum_1^n {}_i A_\alpha^{(i)}, \tag{2}$$

nous avons montré que, pour éliminer les divergences, il faut assujettir les ε_i à la condition

$$\sum_1^n {}_i \varepsilon_i = 0. \tag{I}$$

Une deuxième méthode part d'un schéma lagrangien envisagé notamment par Podolsky et assujettit le potentiel (2) du champ total à l'équation

$$\prod_1^n {}_i [\square + k_i^2] A_\alpha = K J_\alpha, \tag{3}$$

où J_α est le « courant total », somme *pondérée* des j_α.

Nous voulons montrer que, si l'on veut pouvoir dériver l'équation (3) de l'équation (1) sans faire apparaître de divergences, il faut imposer pour $n > 2$ aux ε_i et aux μ_i des relations autres que la relation (I). En effet, pour éviter les divergences, il faut qu'en substituant (1) dans (3) à l'aide de (2), on pose égaux à zéro les coefficients des termes qui contiennent les dérivées de la fonction δ.

Dans le cas $n = 2$, la substitution de (1) dans (3) donne

$$(\square + k_1^2)(\square + k_2^2)(A_\alpha^{(1)} + A_\alpha^{(2)}) = (\varepsilon_1 + \varepsilon_2)\square\delta + (\varepsilon_1 k_1^2 + \varepsilon_2 k_2^2)\delta. \tag{4}$$

Pour éviter la divergence, il faut imposer aux ε_i la condition (I). On trouve alors $K = k_1^2 + k_2^2$ et le courant pondéré est donné par la formule

$$J_\alpha = \frac{\sum_i \frac{\varepsilon_i}{k_i^2}}{\sum_i \frac{1}{k_i^2}} \delta(\vec{r}_0) u_\alpha, \tag{5}$$

ce qui est bien en accord avec nos résultats antérieurs.

Pour $n = 3$, on trouve de même

$$\begin{aligned}(\square + k_1^2)(\square + k_2^2)(\square + k_3^2)(A_\alpha^{(1)} + A_\alpha^{(2)} + A_\alpha^{(3)}) \\ = (\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3)\square\square\delta + [\varepsilon_1(k_2^2 + k_3^2) + \varepsilon_2(k_1^2 + k_3^2) + \varepsilon_3(k_1^2 + k_2^2)]\square\delta \\ + (\varepsilon_1 k_2^2 k_3^2 + \varepsilon_2 k_1^2 k_3^2 + \varepsilon_3 k_1^2 k_2^2)\delta,\end{aligned} \tag{6}$$

et, pour éviter les divergences, il faut ajouter à la condition (I) la condition obtenue en annulant le crochet du second membre, ce qui donne en tenant compte de (I)

$$\text{(II)} \qquad \sum_i \varepsilon_i k_i^2 = 0$$

On a alors $K = k_1^2 k_2^2 + k_2^2 k_3^2 + k_1^2 k_3^2$ et l'on retrouve pour la définition du courant pondéré la formule (5).

Pour $n = 4$, on obtient de la même manière, en plus des conditions (I) et (II), la condition

$$\varepsilon_1 (k_2^2 k_3^2 + k_3^2 k_4^2 + k_2^2 k_4^2) + \ldots = 0,$$

qui, compte tenu de (I) et de (II), s'écrit

$$\text{(III)} \qquad \sum_i \varepsilon_i k_i^4 = 0$$

On trouve $K = k_1^2 k_2^2 k_3^2 + \ldots$ avec toujours la définition (5) du courant pondéré.

D'une façon générale, quand on passe du cas de $n-1$ champs au cas de n champs, la condition $\sum_i^n{}_1 \varepsilon_i k_i^{2(n-1)} = 0$ vient s'ajouter aux précédentes de sorte que, pour n champs, on doit s'imposer l'ensemble des $n-1$ conditions

$$(7) \qquad \sum_{i=1}^{n} \varepsilon_i \mu_i^{2(p-2)} = 0 \qquad (2 \leqq p \leqq n).$$

Comme chaque champ mésique introduit deux constantes ε_i et μ_i, on a finalement $n-1$ conditions entre $2n$ constantes. Il y a donc seulement $n+1$ constantes indépendantes, les autres se déduisant de celles-ci à l'aide des équations (7). Si l'un des champs est le champ électromagnétique pour lequel on peut poser $\mu_1 = 0$ et supposer connue la charge ε_1 (qui est alors la charge électrique au sens ordinaire du mot), on a $2(n-1)$ constantes liées par $n-1$ conditions, soit $n-1$ constantes indépendantes. Les relations (7) devraient pouvoir être utilisées quand on connaîtra la liste des mésons (neutres) de spin 1.

La théorie précédente a certainement des rapports étroits avec la théorie de la régularisation de M. Pauli où les relations (I) et (II) sont bien connues.

Les résultats de la présente Note ont été obtenus après de fructueux échanges de vues avec M. Antoine Visconti.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les causes de la précocité des floraisons automno-hivernales au Maroc, la hâtivité de diverses cultures maraîchères et fruitières et l'apparition de quelques champignons en plein hiver marocain.* Note de M. **Auguste Chevalier.**

Dans une Note précédente [1], nous avons attiré l'attention sur le grand nombre de floraisons de plantes phanérogames qui apparaissent en plein hiver au Maroc, spécialement le long du littoral atlantique depuis Rabat, le Rharb, Casablanca et Agadir jusqu'au Drâa, puis dans l'intérieur à Marrakech, au Tafilalet et même en plein Atlas, de 800 à 2 000 m d'altitude. Ce n'est pas seulement à la douceur du climat et à la fréquence des journées lumineuses et ensoleillées qu'il faut attribuer ces floraisons. La venue de pluies précoces certaines années (à partir parfois du début d'octobre, comme en 1951) joue aussi un rôle capital.

Comme l'ont écrit il y a longtemps J. A. Battandier et L. Trabut, à propos de l'Afrique du Nord occidentale : toute la climatologie de ce pays (Maroc et Algérie) peut se résumer dans ces deux influences : vents du Nord-Ouest et même parfois du Sud-Ouest au Maroc, chargés d'humidité, apportant la pluie et la fertilité; vents du Sud et du Sud-Est, secs et torrides (sauf sur le littoral marocain), venant de la région désertique et amenant avec eux la sécheresse et la stérilité. Ce tableau s'applique surtout à l'Algérie [2]. Le Maroc est beaucoup plus favorisé surtout sur le littoral et jusqu'à 100 km dans l'intérieur; il l'est aussi sur le versant Sud de l'Atlas. Près du littoral, il y a souvent, même en été, de la rosée et une hygrométrie de l'air élevée; puis les premières pluies sont plus précoces certaines années et amènent un réveil hâtif de la végétation. Enfin, dans la flore spontanée, il existe de nombreux géophytes qui accumulent de l'eau dans leurs bulbes, tubercules et rhizomes pendant la saison des pluies ce qui leur permet de développer des jeunes pousses et parfois des fleurs en plein hiver. Quant aux arbres et arbustes, ils ont des racines qui s'enfoncent profondément dans la terre, ce qui leur permet d'aller chercher de l'eau dans la couche où le sol est resté humide. Cela permet d'expliquer, comme nous l'avons indiqué précédemment, que presque tous les végétaux ligneux sont en pleine végétation en hiver et fleurissent dès décembre ou janvier. Ce sont donc les premières pluies plutôt que la température qui amènent l'entrée en végétation de très bonne heure de beaucoup de plantes spontanées ou cultivées. Cela est si vrai que nous avons récolté, dès le début de novembre 1951 dans le Gharb et au Tadla, un grand nombre

---

(1) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1418.
(2) *L'Algérie*, Paris, Baillière, 1898, p. 1.

de plantes annuelles entièrement desséchées ou presque, pendant l'été, mais qui, par suite des pluies précoces en octobre, avaient émis des pousses nouvelles fleurissant quelques semaines plus tard. Dès novembre, une foule de plantes annuelles, surtout des rudérales, dont les graines avaient germé peu auparavant, entraient déjà en pleine végétation. Les troupeaux trouvaient déjà leur pitance même dans les lieux non irrigués. Il n'en est pas ainsi tous les ans et l'année dernière fut exceptionnelle.

Dans les terrains irrigués qui ont pris depuis quelques années une extension considérable au Maroc, il n'y a plus de repos hivernal dans les jardins maraîchers qui s'étendent le long de l'océan, depuis Casablanca jusqu'à Mogador; on peut faire les semis de plantes potagères très hâtives. C'est ce qui a fait dire que le Maroc peut fournir des primeurs et certains fruits de très bonne heure, un mois avant l'Algérie. Nous avons constaté que, dans les jardins, on produit des pommes de terre nouvelles toute l'année; dès janvier, dans les endroits bien abrités, des tomates commencent à rougir. On voit des fèves et des pois en fleurs dès novembre, les premiers haricots nouveaux apparaissent dès le début de mars. Les mauvaises herbes croissent aussi et fleurissent très rapidement, aussi faut-il faire des sarclages fréquents; presque toutes les herbes rudérales de France apportées mélangées aux graines de légumes sont apparues presque partout, même dans l'Atlas où il existe de loin en loin de petits jardins.

L'Asperge de France est peu cultivée et l'on n'en produit pas comme primeur, mais on trouve en abondance dans le bled en plein hiver, les longues pousses vertes de plusieurs espèces sauvages très comestibles : *Asparagus albus*, *A. acutifolius*, *A. stipularis*, *A. pastorianus*. Les enfants les recueillent et les vendent à bas prix au bord des routes.

Le Cotonnier dont la culture semble avoir un réel avenir au Maroc, devrait être une variété longue soie, très précoce, qui reste à introduire ou à créer sur place. Il est nécessaire, en effet, que les capsules puissent mûrir avant les premières pluies automnales.

Une autre constatation que nous avons pu faire a été de voir, dans la région de Rabat, dans le Gharb et aux environs d'Agadir et de Taroudant, la facilité avec laquelle on peut cultiver la plupart des arbres fruitiers tropicaux. Nous avons vu non seulement les bananiers en production, mais aussi des avocatiers, des chérimoliers, des goyaviers, des kakis, des feijoas, des cactées donnant de bons fruits. On pourrait certainement y cultiver des manguiers et sans doute le litchi.

Tous les *Citrus* donnant les fruits d'agrumes entrent en fructification de bonne heure. Le plus précoce est un hybride d'oranger et de mandarinier la clémentine, qui produit des fruits exportés dès octobre; fin février, tous les fruits de clémentine sont déjà récoltés, mais la maturation des orangers et des pomelos se poursuit pendant plusieurs mois; les citronniers

donnent des fruits au Maroc presque toute l'année. L'amandier commence à fleurir sur le littoral du Maroc dès décembre. Quant à l'olivier, sa floraison est plus tardive, mais les olives arrivent à maturité dès novembre et décembre et elle se poursuit suivant les variétés jusqu'en mars. Cette année, la production d'olives (il existe actuellement plus de 9 millions d'oliviers en rapport au Maroc) fut si abondante que tous les fruits ne purent être recueillis partout. On attribue cette production exceptionnelle au fait qu'il n'y avait pas eu de pluies au moment de la floraison et que des pluies survinrent un peu avant la maturité des olives, ce qui empêcha leur chute précoce. Comme on le voit, la répartition des pluies joue un rôle considérable dans la production végétale et celle-ci peut varier du simple au triple d'une année à l'autre, ce qui justifie l'expression que le Maroc est un pays de contrastes, par suite de l'irrégularité du climat qui varie d'une région à l'autre et est toujours instable. Les insectes ne suivent pas toujours les fluctuations climatiques. C'est ainsi que les abeilles ne quittent pas leurs ruches en novembre-décembre, mais vers la mi-février et par temps ensoleillé et encore à cette époque elles visitent très peu les fleurs.

Champignons. — Ces cryptogames, dont la plupart apparaissent en France à la fin de l'été et jusqu'en octobre pour disparaître en novembre, se montrent au Maroc parfois en hiver.

Nous avons rencontré, dans le Moyen Atlas à Azrou, le 8 novembre, M. Malençon qui venait encore de faire de remarquables récoltes de gros Champignons. Nous lui devons la détermination d'un *Volvaria glaucophylla* que nous avons recueilli dans la forêt artificielle d'*Eucalyptus* du Gharb en janvier. C'est à M. Malençon également que nous devons la détermination d'un Terfaz blanc du Tafilalet qui apparut en abondance et que l'on nous servit comme aliment à Erfoud et, plus tard, à Resourer, dans la Moulouya. Par suite des pluies survenues en octobre et novembre, il y eût dès janvier une poussée abondante de ce Terfaz sur les confins du désert. On les trouve à 10 ou 15 cm dans le sol. L'espèce dont on nous alimenta est probablement *Terfezia Pinoyi* Maire, à chair blanche un peu fade; certains exemplaires ont la grosseur d'une tête d'enfant. On en fait des mets qui sont délicats.

Grâce à M. Malençon, nous avons pu aussi identifier une Urédinée recueillie en pleine végétation en décembre à Mazagan sur *Clematis cirrhosa* qui fleurit en décembre. Cette Urédinée forme des pustules roses en hiver sur le *Clematis* et vit en été à son premier stade sur *Bromus madritensis*, d'où son nom de *Puccinia madritensis* Maire.

On voit, par ces exemples, que la végétation hivernale du Maroc, du moins en 1951-1952, est très différente de ce qu'elle est en France, même dans le Midi, à la même époque.

PSYCHOPHYSIOLOGIE. — *Sur la conscience psychologique considérée comme intégrale d'éléments cellulaires de conscience.* Note de M. **Louis Lapicque.**

La cellule, quand on en passe en revue les traits essentiels, apparaît comme *un individu*, bien délimité matériellement, pourvu d'un centre qui lui est propre, ayant une vie distincte de celle des cellules voisines, et réagissant d'une façon systématique aux actions de l'ambiance. J'en ai conclu ([1]) qu'il n'est pas déraisonnable de lui attribuer une conscience rudimentaire, impossible, bien entendu, à déceler directement, mais capable de devenir notre propre conscience, en s'intégrant convenablement avec ses semblables.

Il nous faut maintenant examiner le problème de cette intégration. Sherrington a insisté avec un très grand succès sur l'action intégrative du système nerveux. Mais le phénomène auquel il se réfère est, non l'addition de parties élémentaires, mais la coordination sélective entre influx discordants par élimination de certains d'entre eux; il ne fournit d'ailleurs aucune théorie de ce phénomène; nous ne trouvons donc là aucune lumière applicable à notre problème.

Celui-ci est difficile; comment peuvent s'additionner et s'organiser les phénomènes psychiques élémentaires que nous avons admis dans chaque cellule active ? Pas plus que la conscience n'est directement communicable d'homme à homme, ces atomes de conscience ne paraissent capables d'agir sur les cellules voisines. Néanmoins, il serait exagéré de transposer à un tissu physiologique, à une population de cellules, toutes les conditions d'une population humaine; il y a entre cellules des contacts d'une autre intimité qu'entre hommes d'une nation ou même d'une famille, notamment des contacts *synaptiques* qui sont faits pour transmettre d'une cellule à une autre une activité, sans doute physiologique et non psychologique; mais de telles interactions doivent comporter des retentissements psychologiques. En fait, la physiologie expérimentale a mis en lumière, voici un quart de siècle ou un peu plus, un cas de ce genre qui est fondamental.

L'étude anatomo-clinique de la maladie du sommeil européenne, l'encéphalite léthargique, avait révélé régulièrement des lésions à la base de l'encéphale, au-dessous du cerveau proprement dit, dans la portion du tronc nerveux qui continue la moelle épinière, entre thalamus et cervelet (*mesencéphale*). Quelques auteurs avaient suggéré en cette région un centre du sommeil; le neurologiste viennois von Economo ([2]) reprit cette thèse

([1]) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1109.
([2]) *Wien medi. Woch.*, 1925; *Rev. Neurol.*, 1927, p. 752-887.

en 1917-1918, puis en 1925 et 1927 avec plus de force; après une large discussion en Congrès ([3]), des expériences sur l'animal par injection de calcium ([4]), puis par le courant électrique ([5]), ont établi l'existence d'un centre commandant, d'une part, la veille, d'autre part, le sommeil.

Qui dit veille dit conscience, et le sommeil est la suspension totale, ou au moins l'obnubilation de la conscience; ainsi a-t-on pu parler de ce centre mésencéphalique comme d'un centre de la conscience; expression ambiguë, sinon vicieuse, car la conscience, telle qu'elle nous est donnée par l'introspection, implique évidemment une ample intervention de l'écorce cérébrale, mais elle est réglée quant à son activité par le centre mésencéphalique. Celui-ci est-il pour sa part siège de phénomènes de conscience ? Il est difficile de le dire, mais ce point de vue est secondaire Ce qui importe, c'est que la combinaison de ce centre avec le cerveau constitue une structure matérielle, un groupement des cellules, dont le fonctionnement réalise l'unité mentale d'un individu, sa personnalité vue du côté interne; les anglais diraient *Mind* ou *Spirit*, que nous pouvons ici traduire par *âme*, à condition d'écarter explicitement la possible signification métaphysique du terme.

La structure en question ne comprend qu'une fraction des cellules du corps; ce sont, il est vrai des cellules nerveuses encéphaliques, unies à l'ensemble des autres par des communications fonctionnelles. L'intégration est ainsi réalisée en plusieurs étages; les étages inférieurs étant purement physiologiques, le problème de l'intégration des éléments de conscience ne se pose que pour les étages supérieurs et pour le mode d'action du centre régulateur; de ce dernier point de vue, nous avons une donnée de physiologie expérimentale à utiliser.

Dans la même région que ce centre, Mme Lapicque avait découvert, en 1923, un centre fonctionnel, que nous avons étudié en suite et qui a donné lieu à de nombreux travaux ([6]) sous le nom de centre de subordination. La subordination est un contrôle de l'excitabilité nerveuse capable de différencier deux neurones moteurs antagonistes, généralement en diminuant la chronaxie de l'un des deux. Le processus conducteur de la subordination consiste, non pas comme un ordre direct de mouvement, en un train d'influx, c'est-à-dire une série rapide de variations électriques, mais en un accroissement relativement stable de potentiel électrique ([7]).

([3]) *Réunion neurol. internat. in Rev. Neurol.*, 1927, p. 752-887.

([4]) Demole, *Arch. exp. Path. u. Pharm.*, **120**, 1927.

([5]) Hess, *Arch. f. Psychiatrie*, **86**, 1928, p. 297 et **88**, p. 813.

([6]) P. Mollaret. *Interprétation du fonctionnement nerveux par la notion de subordination*, Paris, Masson, 1936.

([7]) Monnier et Jasper, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 2240; *Cf.* L. Lapicque, *La machine nerveuse*, Flammarion, 1943, p. 238-243.

Je tiens à dire que je ne vois pas là un mode de liaison spécial aux fonctions nerveuses desservant la conscience, mais, plus modestement un procédé pour maintenir un certain degré d'anélectrotonus de Pflüger, qui se manifeste entre autres par une diminution de chronaxie.

La parenté fonctionnelle du centre de subordination avec les autres parties du centre mésencéphalique, en sus de ses relations de voisinage (peut-être mieux d'intermixion avec eux), indiquée en 1941 par P. et J. Chauchard ([8]) est démontrée par le fait suivant : les activités de l'un et des autres sont solidaires; quand on s'endort (sommeil naturel, spontané), la différence de chronaxie entre nerfs antagonistes caractéristique de la subordination disparaît pour reparaître plus ou moins brusquement au réveil ([9]). On a d'ailleurs une manifestation banale et quotidienne de cette solidarité dans la résolution musculaire qui accompagne le sommeil.

Je voudrais maintenant examiner une question plus générale, qui tient une place importante dans les exposés classiques de psychologie et que j'ai, autant que possible, évité jusqu'ici d'aborder explicitement. Quelle pourrait être, en la ramenant à mon terrain de la conscience cellulaire, la règle des relations entre le fait physiologique et le fait psychologique ? Un traité de Philosophie récent ([10]), après avoir éliminé les positions métaphysiques, matérialisme et spiritualisme, énumère encore cinq théories qui ont leurs partisans; il fait des réserves sur chacune, et, en effet, aucune ne me paraît entièrement satisfaisante. Je ne me sens pas capable de les discuter, mais les faits que j'étudiais m'ayant forcé à prendre parti *in petto*, mon exposé laisse transparaître, me semble-t-il, que j'étais arrivé à la position suivante. Au moment de conclure, je la confirme délibérément. Je crois que le fait psychologique cellulaire est entièrement conditionné par l'état ou l'activité de la cellule ([11]). Cette loi est nécessaire pour que le centre mésencéphalique puisse influencer les neurones cérébraux de façon à les intégrer dans le mécanisme de la conscience; or cette influence est un fait bien établi, comme nous l'avons vu, par la psychophysiologie et la clinique. Elle s'accorde d'ailleurs avec toute une série de faits vulgaires qui ne paraissent pas intéresser beaucoup les philosophes, mais qui, pour des naturalistes ou des physiologistes, sont ceux qui réclament le plus impérieusement leur explication. Par exemple, un choc sur la tête qui supprime net la conscience, l'action des poisons neurotropes introduits dans le sang, à commencer, hélas, par l'alcool.

La mort aussi paralyse l'encéphale et supprime la conscience. Elle arrête

---

([8]) *C. R. Soc. Biol.*, 125, 1941, p. 527.

([9]) Bourguignon et Haldane, *C. R. Soc. Biol.*, 107, 1931, p. 1365.

([10]) Cuvillier, *Manuel de philosophie*, Armand Colin, 1, 1948, p. 237-243.

([11]) Rien n'oblige à admettre la proposition réciproque.

toute activité des cellules en général, y compris, d'après ce que nous avons dit, leur psychisme élémentaire. Celui-ci ne peut reparaître, encore moins ne réapparaîtra le fonctionnement intégré de groupes de ces psychismes constituant la conscience qui, ici se confond avec l'âme. Ainsi, l'âme nous apparaît comme immatérielle, mais non pas immortelle.

DÉSIGNATIONS.

Sont désignés pour représenter l'Académie :

MM. **Auguste Chevalier**, **Georges Poivilliers** et **Charles Dufraisse** à la commémoration du 250e anniversaire de la naissance de **Charles-Marie de la Condamine**, qui aura lieu dans le courant de l'année 1952, en l'église Saint-Roch, par l'apposition d'une plaque;

M. **Georges Guillain** aux cérémonies qui auront lieu à Paris, les 25 et 26 mai, à l'occasion du 100e anniversaire de l'institution de la **Société Médico-Psychologique**, dont **François Lallemand**, membre de l'Académie, fut l'un des fondateurs;

M. **Pierre Teilhard de Chardin** au **IVe Congrès international des Sciences anthropologiques et ethnologiques**, qui se tiendra à Vienne, Autriche, du 1er au 8 septembre 1952.

CORRESPONDANCE.

L'Académie est informée du **Ier Congrès international de l'Audiotechnique**, qui se tiendra à San Remo, Italie, du 8 au 14 septembre 1952.

M. **François de Gaudart d'Allaines** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de médecine et chirurgie, par la mort de M. *Henri Hartmann*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° René Simon. *Hérédité. Variation.*

2° Collection de travaux de l'Académie internationale d'Histoire des sciences. 7. *Traité Akkadien de diagnostics et pronostics médicaux*, par René Labat. I. *Transcription et traduction*. II. *Planches*.

3° Facultad de ciencias matematicas y naturales. Seccion de biologia. *Acta biologica venezuelica* (Caracas), vol. 1, art. 1 et 2.

ALGÈBRE. — *Sur les idéaux semi-premiers ou parfaits. Étude des propriétés latticielles des idéaux semi-premiers.* Note de M. **Jean-Claude Herz**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. *Définition et caractérisations.* — Un idéal $\mathfrak{J}$ d'un anneau commutatif $\mathfrak{A}$ est dit *semi-premier* (¹) s'il coïncide avec son radical, c'est-à-dire si $a^p \in \mathfrak{J}$ entraîne $a \in \mathfrak{J}$, a étant un élément de $\mathfrak{A}$, p un entier positif.

Donnons une caractérisation des idéaux semi-premiers :

Théorème 1. — *L'idéal $\mathfrak{J}$ est semi- premier si et seulement si $a^2 \in \mathfrak{J}$ entraîne $a \in \mathfrak{J}$.*

La condition est évidemment nécessaire. Réciproquement, supposons que $a^p \in \mathfrak{J} (p > 1)$. On a alors, puisque $\mathfrak{J}$ est un idéal, $a^{2p-2} \in \mathfrak{J}$, d'où, par hypothèse, $a^{p-1} \in \mathfrak{J}$, et, par récurrence, $a \in \mathfrak{J}$.

On sait que tout idéal intersection d'idéaux semi-premiers est semi-premier. En particulier tout idéal intersection d'idéaux premiers est semi-premier. Réciproquement, Krull a montré (¹), au moyen de l'axiome du choix, que tout idéal semi-premier est l'intersection de ses diviseurs premiers. Fuchs en a déduit le résultat suivant (²) :

Théorème 2. — *Pour que l'idéal $\mathfrak{J}$ soit semi-premier, il faut et il suffit qu'il contienne, en même temps que le produit de deux idéaux $\mathfrak{J}_1$ et $\mathfrak{J}_2$, leur intersection.*

Nous donnerons du théorème 2 une démonstration directe, indépendante de l'axiome du choix.

La condition est nécessaire : si $\mathfrak{J}$ est semi-premier et contient le produit $\mathfrak{J}_1 \mathfrak{J}_2$, et si $a \in \mathfrak{J}_1 \cap \mathfrak{J}_2$, on en déduit

$$a^2 \in \mathfrak{J}_1 \mathfrak{J}_2 \subseteq \mathfrak{J}, \qquad \text{d'où} \qquad a \in \mathfrak{J}.$$

Elle est suffisante : supposons-la remplie, et $a^2 \in \mathfrak{J}$. $\mathfrak{J}$ contient l'idéal principal $(a^2) = (a).(a)$, donc $(a) \cap (a) = (a)$, donc a. $\mathfrak{J}$ est donc semi-premier d'après le théorème 1.

Remarque. — On peut donner une condition nécessaire et suffisante d'aspect plus général : *Pour que l'idéal $\mathfrak{J}$ soit semi-premier, il faut et il suffit qu'il contienne, en même temps que le produit $\mathfrak{B}\mathfrak{C}$ de deux parties $\mathfrak{B}$ et $\mathfrak{C}$ de l'anneau $\mathfrak{A}$* (envisagées comme complexes multiplicatifs), *leur intersection $\mathfrak{B} \cap \mathfrak{C}$.* La démonstration en est exactement analogue.

2. *Propriétés de calcul.* — L'intersection de tous les idéaux semi-premiers contenant une partie $\mathfrak{B}$ de l'anneau $\mathfrak{A}$ est un idéal semi-premier noté $\{\mathfrak{B}\}$ (³).

(¹) *Math. Ann.*, 101, 1929, p. 735.

(²) *Kong. Norske Vid. Selsk. Forh.* (*Trondhjem*), 20, 1947, p. 113.

(³) Notation introduite dans sa théorie des idéaux différentiels par Raudenbush, *Trans. Amer. Math. Soc.*, 36, 1934, p. 361-368, qui emploie le terme d'idéal *parfait* au lieu de celui de semi-premier.

Le théorème 2 a pour conséquence immédiate le

Corollaire 1. — *Si $\mathcal{I}$ et $\mathcal{J}$ sont deux idéaux semi-premiers, on a*

$$(1)\qquad \{\mathcal{I}\mathcal{J}\} = \mathcal{I} \cap \mathcal{J}.$$

En effet, $\mathcal{I}$ étant un idéal, $\mathcal{I}\mathcal{J} \subseteq \mathcal{I}$. De même $\mathcal{I}\mathcal{J} \subseteq \mathcal{J}$, d'où $\mathcal{I}\mathcal{J} \subseteq \mathcal{I} \cap \mathcal{J}$, et comme $\mathcal{I} \cap \mathcal{J}$ est semi-premier, $\{\mathcal{I}\mathcal{J}\} \subseteq \mathcal{I} \cap \mathcal{J}$. Inversement, l'idéal semi-premier $\{\mathcal{I}\mathcal{J}\}$ contient $\mathcal{I}\mathcal{J}$, donc, d'après le théorème 2, $\mathcal{I} \cap \mathcal{J}$.

Nous allons généraliser cette relation en nous servant du lemme suivant :

Lemme. — *$\mathcal{B}$ et $\mathcal{C}$ étant deux parties de $\mathcal{A}$, on a*

$$(2)\qquad \{\mathcal{B}\}.\{\mathcal{C}\} \subseteq \{\mathcal{B}\mathcal{C}\}.$$

Supposons en effet $a \in \{\mathcal{B}\}.\{\mathcal{C}\}$. On a $a = bc$ avec $b \in \{\mathcal{B}\}$ et $c \in \{\mathcal{C}\}$. On sait que $\{\mathcal{B}\}$ est le radical de l'idéal $(\mathcal{B})$ engendré par $\mathcal{B}$. Il existe donc un entier p tel que $b^p \in (\mathcal{B})$ et $c^p \in (\mathcal{C})$. D'après la relation classique $(\mathcal{B})(\mathcal{C}) \subseteq (\mathcal{B}\mathcal{C})$, on en déduit $a^p \in (\mathcal{B}\mathcal{C}) \subseteq \{\mathcal{B}\mathcal{C}\}$, d'où $a \in \{\mathcal{B}\mathcal{C}\}$.

Théorème 3 :

$$(3)\qquad \{\mathcal{B}\mathcal{C}\} = \{\mathcal{B}\} \cap \{\mathcal{C}\}.$$

En effet, d'après (1), $\{\mathcal{B}\} \cap \{\mathcal{C}\} = \{\{\mathcal{B}\}.\{\mathcal{C}\}\}$. Montrons que $\{\{\mathcal{B}\}.\{\mathcal{C}\}\} = \{\mathcal{B}\mathcal{C}\}$. On a d'une part $\mathcal{B}\mathcal{C} \subseteq \{\mathcal{B}\}.\{\mathcal{C}\}$, d'où $\{\mathcal{B}\mathcal{C}\} \subseteq \{\{\mathcal{B}\}.\{\mathcal{C}\}\}$. D'autre part, d'après (2), $\{\{\mathcal{B}\}.\{\mathcal{C}\}\} \subseteq \{\mathcal{B}\mathcal{C}\}$.

Corollaire 2 :

$$(4)\qquad \{\mathcal{B}\mathcal{C} \cup \mathcal{B}\mathcal{D}\} = \{\mathcal{B}\} \cap \{\mathcal{C} \cup \mathcal{D}\}$$

Théorème 4. — *Si $\mathcal{I}$, $\mathcal{J}$ et $\mathcal{K}$ sont trois idéaux semi-premiers, on a*

$$(5)\qquad \{(\mathcal{I} \cap \mathcal{J}) \cup (\mathcal{I} \cap \mathcal{K})\} = \mathcal{I} \cap \{\mathcal{J} \cup \mathcal{K}\}.$$

En effet, d'après (1), $\{(\mathcal{I} \cap \mathcal{I}) \cup (\mathcal{I} \cap \mathcal{K})\} = \{\{\mathcal{I}\mathcal{J}\} \cup \{\mathcal{I}\mathcal{K}\}\}$, qui est visiblement égal à $\{\mathcal{I}\mathcal{J} \cup \mathcal{I}\mathcal{K}\}$, donc, d'après (4), à $\mathcal{I} \cap \{\mathcal{J} \cup \mathcal{K}\}$.

Corollaire 3. — *Les idéaux semi-premiers d'un anneau forment un treillis distributif relativement à l'inclusion.*

En effet, $\mathcal{I} \cap \mathcal{J}$ et $\{\mathcal{I} \cup \mathcal{J}\}$ sont respectivement le plus petit multiple et le plus grand diviseur semi-premiers communs aux idéaux semi-premiers $\mathcal{I}$ et $\mathcal{J}$. La distributivité s'exprime précisément par la relation (5).

Théorème 5. — *$\mathcal{I}$, $\mathcal{J}$, $\mathcal{K}$ étant trois idéaux semi-premiers, on a*

$$(6)\qquad \{\mathcal{I} \cup \mathcal{J}\} \cap \{\mathcal{I} \cap \mathcal{K}\} = \{\mathcal{I} \cup (\mathcal{J} \cap \mathcal{K})\}$$

$$(7)\qquad \{(\mathcal{I} \cap \mathcal{J}) \cup (\mathcal{J} \cap \mathcal{K}) \cup (\mathcal{K} \cap \mathcal{I})\} = \{\mathcal{I} \cup \mathcal{J}\} \cap \{\mathcal{J} \cup \mathcal{K}\} \cap \{\mathcal{K} \cup \mathcal{I}\}.$$

Ces formules expriment la distributivité du treillis des idéaux semi-premiers ([4]).

Théorème 6. — *$\mathcal{B}$, $\mathcal{C}$, $\mathcal{D}$ étant trois parties de $\mathcal{A}$, on a*

$$(8)\qquad \{\mathcal{B} \cup \mathcal{C}\} \cap \{\mathcal{B} \cup \mathcal{D}\} = \{\mathcal{B} \cup \mathcal{C}\mathcal{D}\}.$$

([4]) *Voir* par exemple : Birkhoff, *Lattice Theory*, 2e édit., p. 133.

En effet (*voir* la démonstration du théorème 4), la formule (6) s'écrit

$$\{\mathcal{I}\cup\mathcal{J}\}\cap\{\mathcal{I}\cup\mathcal{K}\}=\{\mathcal{I}\cup\mathcal{J}\mathcal{K}\},$$

d'où

$$\{\{\mathcal{B}\}\cup\{\mathcal{C}\}\}\cap\{\{\mathcal{B}\}\cup\{\mathcal{D}\}\}=\{\{\mathcal{B}\}\cup\{\mathcal{C}\mathcal{D}\}\}$$

ou

$$\{\mathcal{B}\cup\mathcal{C}\}\cap\{\mathcal{B}\cup\mathcal{D}\}=\{\mathcal{B}\cup\mathcal{C}\mathcal{D}\}.$$

Remarque. — Raudenbush a donné directement, dans le cas des idéaux différentiels et en vue de la théorie des idéaux de polynomes, la relation $\{\mathcal{B}\cup ab\}=\{\mathcal{B}\cup a\}\cap\{\mathcal{B}\cup b\}$ où a et b sont des éléments de $\mathcal{A}$, faisant allusion à des résultats plus généraux, probablement à notre formule (8).

ALGÈBRE. — *Sur les formes quadratiques d'indice zéro.*

Note (*) de M. **Tonny Albert Springer**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

On démontre dans cette Note que l'indice d'une forme quadratique ne change pas par une extension du corps de base à un sur-corps algébrique de degré fini impair.

Soit E un espace vectoriel de dimension finie d sur le corps commutatif K, de caractéristique $\neq 2$; soit f une forme quadratique sur E. Si L est une extension de K, on dénote par E^L l'espace vectoriel sur L, déduit de E par extension à L du corps de base. Par

$$f^L(\lambda x, \mu y)=\lambda\mu f(x, y) \qquad (\lambda, \mu\in L, x, y\in E)$$

on définit une forme f^L sur E^L, qu'on appelle la forme quadratique sur E^L, déduite de f par extension à L du corps de base.

Rappelons qu'on dit que la forme f est d'indice zéro, si $f(x, x)\neq 0$ pour tout $x\neq 0$ de E.

Nous voulons démontrer la proposition suivante, conjecturée par E. Witt (1) :

Si la forme f est d'indice zéro, et si L *est une extension algébrique de* K *de degré fini impair, la forme f^L est d'indice zéro.*

La démonstration se fait en adaptant un raisonnement d'Artin-Schreier (2).

Il suffit évidemment de démontrer la proposition dans le cas où L est obtenu par adjonction d'une racine d'un polynome irréductible p de K[X], de sorte que nous pouvons supposer que $L=K[X]/(p)$. Nous raisonnerons par récurrence sur le degré (impair) n de p. La proposition est triviale pour $n=1$. Supposons-la vraie pour les degrés $< n$.

(*) Séance du 31 mars 1952.

(1) *J. de Crelle*, 176, 1937, p. 31-44, en particulier p. 35.

(2) *Abh. Math. Sem. Hamburg*, 5, 1926, p. 83-115.

Soit y un élément de E^L tel que $f^L(y, y) = 0$. Choisissons une base orthogonale (e_i) de E. Alors $y = \sum_{i=1}^{d} \lambda_i e_i (\lambda_i \in L)$, et $f^L(y, y) = 0$ s'écrit $\sum_{i=1}^{d} \lambda_i^2 \rho_i = 0$, où $\rho_i = f(e_i, e_i) \in K$. Cette relation équivaut à une congruence

$$\sum_{i=1}^{d} l_i^2 \rho_i \equiv 0 \qquad (\bmod p)$$

pour certains polynomes l_i de $K[X]$, donc aussi à une égalité

$$(1) \qquad \sum_{i=1}^{d} l_i^2 \rho_i = pq \qquad (q \in K[X]).$$

On peut supposer que les l_i sont de degré $\leq n-1$, ce qui implique que q est de degré $\leq n-2$.

Pour démontrer qu'une relation de la forme (1) n'est possible que si tous les l_i sont nuls, nous raisonnerons par l'absurde. Supposons donc que les l_i ne soient pas tous nuls. Soit h le plus grand diviseur commun des polynomes l_i, alors h^2 divise q. En remplaçant dans (1) l_i par l_i/h et q par q/h^2, on obtient une relation de la forme (1), où les polynomes correspondants aux l_i ont le plus grand diviseur commun 1. Par conséquent on peut supposer que les l_i n'ont pas de facteur commun de degré ≥ 1.

Il existe un entier k ($0 \leq k \leq n-1$) tel que

$$l_i = \alpha_k^{(i)} X^k + \alpha_{k-1}^{(i)} X^{k-1} + \ldots + \alpha_0^{(i)},$$

où les coefficients $\alpha_k^{(i)}$ ne sont pas tous nuls. Le polynome $g = \sum_{i=1}^{d} l_i^2 \rho_i$ est évidemment de degré $\leq 2k$.

x désignant l'élément $\sum_{i=1} \alpha_k^{(i)} e_i$ de E, le coefficient de X^{2k} dans g est $\sum_{i=1}^{d} (\alpha_k^{(i)})^2 \rho_i = f(x, x)$. Puisque les $\alpha_k^{(i)}$ ne sont pas tous nuls, on a $f(x, x) \neq 0$. Donc le degré de g est $2k$, ce qui entraîne que le degré de q est *impair*. Par conséquent, il existe un polynome irréductible p' de degré impair n' qui divise q. On a

$$\sum_{i=1}^{d} l_i^2 f_i \equiv 0 \qquad (\bmod p').$$

Puisque $n' < n$, l'hypothèse de récurrence montre que $l_i \equiv 0 \pmod{p'}$. Mais cela donne une contradiction parce que les l_i n'ont pas de diviseur commun de degré ≥ 1. Donc les l_i sont tous nuls, ce qui démontre la proposition.

L désignant toujours une extension de K de degré impair, la proposition démontrée ci-dessus implique les suivantes :

a. si la forme f est d'indice ν, la forme f^{L} est d'indice ν;

b. si les formes f et g ne sont pas équivalentes sur l'espace vectoriel E, *les formes f^{L} et g^{L} ne sont pas équivalentes sur l'espace vectoriel* E^{L}.

Ces propositions s'obtiennent facilement en appliquant les résultats de E. Witt (*loc. cit.*).

ALGÈBRE. — *Sur les homogroupes.*

Note de M. **Gabriel Thierrin**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Un demi-groupe H *est un homogroupe, s'il existe dans* H *un élément e idempotent et permutable avec chaque élément de* H, *tel que pour tout* $x \in \mathrm{H}$, *il existe un élément* $x' \in \mathrm{H}$ *vérifiant la relation*

$$xx' = e.$$

L'élément x' est dit un *inverse à droite* de x par rapport à e, et e est appelé l'élément *unitif* de H. Cet élément est *unique*. En effet, supposons qu'il existe deux tels éléments e_1 et e_2. Il y a deux éléments $e_1'' \in \mathrm{H}$ et $e_2' \in \mathrm{H}$ tels que

$$e_1 e_1'' = e_2 \quad \text{et} \quad e_2 e_2' = e_1$$

d'où

$$e_2 = e_1 e_1'' = e_1^2 e_1'' = e_1 e_2,$$
$$e_1 = e_2 e_2' = e_2^2 e_2' = e_2 e_1.$$

Comme $e_1 e_2 = e_2 e_1$, nous avons $e_1 = e_2$.

Théorème 1. — *L'ensemble* G *des éléments* $xe = ex$ *d'un homogroupe* H, *où* x *parcourt tous les éléments de* H, *constitue un groupe homomorphe à* H *et permis dans* H.

En effet, soient $x, y, z \in \mathrm{H}$. Nous avons

$$xe.ye = xye^2 = xye$$

L'élément e est élément neutre dans G, car

$$xe.e = x.e^2 = xe.$$

Pour chaque xe, il existe dans G un inverse à droite $x'e$, où x' est un inverse à droite de x dans H. En effet, nous avons

$$xe.x'e = xx'.e^2 = e.e^2 = e.$$

Donc G est un groupe, et ce groupe est homomorphe à H en faisant correspondre à $x \in \mathrm{H}$ l'élément $xe \in \mathrm{G}$. En effet, si $xy = z$, nous avons

$$xe.ye = xy.e = ze$$

Le groupe G est permis dans H, puisque

$$xe.y = xy.e \in G \quad \text{et} \quad y\, xe = yx.e \in G.$$

Ce groupe G, homomorphe à H, est dit le *noyau* de H, et il est unique.

Remarquons que nous avons $xe.x'e = x'e.xe = x.x'e = x'e.x = e$, c'est-à-dire que tout élément de H possède un élément inverse à la fois à droite et à gauche par rapport à e.

Théorème 2. — *Tout demi-groupe cyclique* C *fini est un homogroupe.*

Nous partons de la proposition suivante établie par D. Rees ([1]). Si C fini est engendré par l'élément a, il existe deux entiers m et n tels que $a^m = a^n (m < n)$; n étant choisi minimum dans la relation précédente, on a

$$C = \{ a, a^2, \ldots, a^m, \ldots, a^{n-1} \}$$

et l'ensemble $G = \{ a^m, \ldots, a^{n-1} \}$ est un groupe cyclique.

Soit alors a^r l'élément neutre de G, et soit a^i un élément quelconque de C. Si $a^i \in G$, il y a un élément $a^k \in G$ tel que $a^i . a^k = a^r$. Si a^i n'appartient pas à G, alors $i < m$, et il y a un élément $a^{r-i} \in C$ tel que $a^i . a^{r-i} = a^r$. Par conséquent C est un homogroupe.

Un demi-groupe D, possédant un élément e tel que, pour tout $x \in D$, on ait un $x' \in D$ vérifiant les relations $ex = xe$ et $xx' = e$, est un homogroupe si le demi-groupe cyclique E engendré par e est fini. En effet, E contient un groupe, donc un élément idempotent de la forme e^m. Si $m > 1$, nous avons

$$x . x' e^{m-1} = e^m.$$

Tout homogroupe H *tel que la relation* $xe = ye$, x *et* y *étant deux éléments quelconques de* H, *entraîne* $x = y$, *est un groupe. En effet*

$$(xe)\, e = xe^2 = xe \quad \text{d'où} \quad xe = x.$$

Théorème 3. — *Tout anneau* K, *tel que l'ensemble* $K_1 = K - \{ 0 \}$ *soit un homogroupe par rapport à la multiplication, est un corps.*

Soient e l'élément unitif de K_1, et x et y deux éléments quelconques de K_1. L'égalité $xe = ye$ entraîne $x = y$. En effet, nous avons

$$xe - ye = (x - y)\, e = 0.$$

Nous devons alors avoir $x - y = 0$, c'est-à-dire $x = y$. Car, si $x - y \neq 0$, $x - y$ appartient alors à K_1, et $(x - y) e$ appartient au noyau de K_1, c'est-à-dire encore à K_1. Donc, dans ce cas $(x - y) e$ est $\neq 0$, contre l'hypothèse. Par conséquent, K_1 est un groupe par rapport à la multiplication.

Tout homogroupe H, *tel que chacun de ses éléments n'a qu'un élément inverse à droite (à gauche), est un groupe.* En effet, soit N le noyau de H. Si $x \in H$,

---

([1]) *Proc. Cambridge Phil. Soc.*, 36, 1940, p. 388.

l'élément $xe \in \mathrm{N}$ et son inverse dans N est $(xe)^{-1}$. Les éléments xe et x sont des inverses à droite de $(xe)^{-1}$ dans H. Donc $x = xe$, et $\mathrm{H} = \mathrm{N}$.

Tout homogroupe H, *tel que, pour tout couple d'éléments* (a, b) *de* H, *il existe un complémentaire à droite (à gauche)* x, *est un groupe.*

En effet, soit d un élément quelconque de H et c un élément quelconque du noyau N de H. Il y a dans H un élément y tel que $cy = d$. Mais le noyau est permis dans H. Donc $d \in \mathrm{N}$, et $\mathrm{H} = \mathrm{N}$.

Signalons enfin quelques propositions dont les démonstrations seront publiées dans un autre Recueil.

a. Si un demi-groupe contient un groupe G homomorphe à H, tel que tout élément de H qui appartient à G est sa propre image, et si l'élément neutre e de G est tel que ex et xe appartiennent à G, quel que soit $x \in \mathrm{H}$, alors H est un homogroupe qui a le groupe G comme noyau.

b. Tout demi-groupe H, contenant un sous-demi-groupe G tel que pour chaque couple d'éléments (a, b), $a \in \mathrm{H}$, $b \in \mathrm{G}$, il existe un élément $x \in \mathrm{G}$ et un elément $y \in \mathrm{G}$ satisfaisant les relations $ax = ya = b$ est un homogroupe.

c. Pour toute équivalence régulière à droite ou à gauche dans un homogroupe H, la classe qui contient l'élément unitif est un homogroupe.

ALGÈBRE. — *Sur les groupes ordonnés*, III. Note (*) de M. **Tadashi Michiura**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Dans la présente communication faisant suite à celle du 31 mars 1952, l'auteur achève son étude de la représentation des groupes additifs ordonnés fortement archimédiens.

Lemme [1]. — *Soit* G *un groupe additif ordonné et simple; si* G *vérifie la condition suivante :*

($\star$) $na \geq 0$ *pour quelque entier positif* n, *entraîne* $a \geq 0$, *alors* G *est isomorphe à un sous-groupe du groupe additif totalement ordonné* R *des réels.*

Démonstration. — *Voir* Ky Fan [2].

Étant donné une famille $(\mathrm{G}_\iota)_{\iota \in \mathrm{I}}$ des groupes additifs ordonnés, on appelle produit pseudo-cardinal de $(\mathrm{G}_\iota)_{\iota \in \mathrm{I}}$ le groupe produit $\mathrm{G} = \prod_{\iota \in \mathrm{I}} \mathrm{G}_\iota$ [c'est-à-dire l'ensemble produit $\prod_{\iota \in \mathrm{I}} \mathrm{G}_\iota$ muni de la loi de composition $(\ldots, g_\iota, \ldots) + (\ldots, g'_\iota, \ldots) = (\ldots, g_\iota + g'_\iota, \ldots)$] avec la relation d'ordre laquelle se définit de la façon suivante :

(*) Séance du 31 mars 1952.

(1) *Voir* les Notes précédentes (*Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1403 et 234, 1952, p. 1422).

(2) *Ann. Math.*, 51, 1950, p. 426.

$(\ldots, g_\iota, \ldots) > (\ldots, o_\iota, \ldots)$ pour tout $\iota \in I$, $g_\iota > o_\iota$, où o_ι est l'élément nul de G_ι (3).

THÉORÈME 2. — *Si un groupe additif ordonné G est fortement archimédien et vérifie la condition* ($\star$) *du lemme, alors G est isomorphe à un sous-groupe du groupe additif totalement ordonné R des réels, ou au produit lexicologique* $Q \circ V$ *d'un sous-groupe Q du produit pseudo-cardinal de groupes identiques à R et un groupe additif trivialement ordonné V* (4).

Démonstration. — Si G est simple, d'après le lemme, G est isomorphe à un sous-groupe de R. Supposons maintenant que G soit non simple; comme G est fortement archimédien, tout idéal propre de G est trivialement ordonné, et l'ensemble ordonné de tous les idéaux trivialement ordonnés de G, ordonné par la relation d'inclusion, est inductif; donc, d'après le théorème de Zorn, il existe au moins un idéal trivialement ordonné et maximal de G. Désignons par Ω l'ensemble de tous les idéaux trivialement ordonnés et maximaux de G; si $T \in \Omega$, d'après le théorème 1, le groupe quotient G/T est quasi isomorphe à un sous-groupe de R. Soit τ_T l'homomorphisme de G dans R induit par cet isomorphisme de G/T dans R; si $a > o$ dans G, alors $\tau_T(a) > o$ dans R, car $a \notin T$. Considérons l'application $\tau : a \to \tau(a) = [\ldots, \tau_T(a), \ldots]_{T \in \Omega}$, τ est un groupe homomorphisme de G dans le produit pseudo-cardinal de groupes identiques à R, tel qu'elle est croissante ainsi que son application réciproque. En effet, il est immédiat que, si $a > o$, $\tau(a) = (\ldots, \tau_T(a), \ldots) > (\ldots, o, \ldots)$; réciproquement, si $a \not> o$ et $a \not< o$, d'après la condition ($\star$), le groupe cyclique $A = \{a\}$ est un idéal trivialement ordonné de G; donc, il existe un idéal $T \in \Omega$ tel que $A \subset T$; comme $\tau_T(a) = o$, $\tau(a) \not> o$ et $\tau(a) \not< o$. Soit V l'intersection de tous les idéaux de Ω, alors V est aussi un idéal trivialement ordonné de G, et G/V est isomorphe à un sous-groupe Q du produit pseudo-cardinal de groupes identiques à R. Ainsi, G est isomorphe au produit lexicologique $Q \circ V$.

ARITHMÉTIQUE. — *Sur certains problèmes d'approximation*, II. Note de MM. **Georges Poitou** et **Roger Descombes**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Nous améliorons les limitations que nous avons données récemment, et nous indiquons des valeurs exactes dans ces cas particuliers.

Nous conservons les notations d'une Note précédente (1). Nous pouvons préciser les résultats qui y sont contenus, concernant la limitation des constantes $K(s, a, b)$, qu'on peut noter $K(s)$. Notons encore $C(s) = s^2/K(s)$.

---

(3) Pour la définition de produit cardinal, *voir* Garrett Birkhoff, *loc. cit.*, p. 231. Ex. 1, *ou voir* A. H. Clifford, *Ann. Math.*, 41, 1940, p. 468.

(4) Pour la définition de produit lexicologique, *voir* Garrett Birkhoff, *Ann. Math.*, 43, 1942, p. 316, ou *voir* A. H. Clifford, *loc. cit.*, p. 468.

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 581.

Nous savons maintenant démontrer $C(s) \geqq 2,5$; mais cette constante n'est pas la plus grande possible.

Cependant, il existe des valeurs de s, en nombre infini, pour lesquelles $C(s)$ est inférieur à 3. En effet, soit $s = 2u_{2p+3}$, $a = u_{2p}$, $b = s - u_{2p+1}$, où p est un entier naturel quelconque, et où $\{u_k\}$ est la suite de Fibonacci, définie par $u_0 = 0$, $u_1 = 1$, $u_{k+1} = u_k + u_{k-1}$. ξ sera le nombre dont le développement en fraction continue a tous ses quotients incomplets égaux à 1, sauf ceux dont le rang est multiple de $4p+2$, qui sont égaux à 4. On a pour $0 \leqq j \leqq 2p$ (mod. $4p+2$) $\alpha_j = s - u_{2p+1-j}$, et pour $2p+1 \leqq j \leqq 4p+1$ (mod. $4p+2$) $\alpha_j = u_{j-2p-1}$ si j est impair, et $\alpha_j = s - u_{j-2p-1}$ si j est pair (et, bien entendu, $\beta_{j+1} = \alpha_j$). $K(\xi, s, a, b)$ est fourni par les fractions $f^{0,0}_{k(4p+2)+1}$ et est équivalent, pour p grand, à $s^2(1+4\theta)/2\theta^5$ avec $\theta = (1/2)(1+\sqrt{5})$. Donc pour p grand, $C(s)$ est au plus voisin de $(2/11)(7\theta+5) = 2,968\ldots$

Valeurs de $K(s)$ *pour* $2 \leqq s \leqq 10$. — On a $K(2) = 1$, et cette valeur n'est pas isolée dans l'ensemble des $K(\xi, 2)$ (²).

Au contraire, pour les cas $3 \leqq s \leqq 10$, la constante $K(s)$ est toujours isolée, et n'est atteinte que pour certains nombres quadratiques (dits critiques). Voici la liste des résultats, avec une période de développement des nombres critiques.

$s = 3$	$a = 1\ 3\ 1\ 6$	$K(3) = \frac{9}{\sqrt{10}}$	$C(3) = 3,16$
	$\alpha = 0\ 2\ 0\ 2$		
$s = 4$	$a = 4\ 1$	$K(4) = \frac{7}{\sqrt{2}}$	$C(4) = 3,23$
	$\alpha = 3\ 0$		
$s = 5$	$a = 4\ 1\ 1$	$K(5) = \frac{40}{\sqrt{26}}$	$C(5) = 3,18$
	$\alpha = 4\ 4\ 0$		
$s = 6$	$a = 5\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1$	$K(6) = \frac{69}{\sqrt{39}}$	$C(6) = 3,26$
	$\alpha = 4\ 5\ 5\ 0\ 5\ 1$		
$s = 7$	$a = 4\ 1\ 3\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1$	$K(7) = \frac{3265}{2\sqrt{9999}}$	$C(7) = 3,00$
	$\alpha = 5\ 0\ 5\ 6\ 6\ 0\ 6\ 1$		
$s = 8$	$a = 3\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1$	$K(8) = \frac{94}{3\sqrt{2}}$	$C(8) = 2,89$
	$\alpha = 6\ 7\ 7\ 0\ 7\ 1$		
$s = 9$	$a = 8\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1$	$K(9) = \frac{159}{\sqrt{38}}$	$C(9) = 3,14$
	$\alpha = 7\ 8\ 8\ 0\ 8\ 1$		
$s = 10$	$a = 4\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1$	$K(10) = \frac{370}{\sqrt{110}}$	$C(10) = 2,83$
	$\alpha = 8\ 9\ 9\ 0\ 9\ 1$		

(²) Ce résultat est connu. *Cf.* J. F. KOKSMA, *Diophantische Approximationen* VI, § 2, 4.

Un problème analogue est celui où les dénominateurs des fractions ne sont plus astreints à être positifs, ou encore où les dénominateurs, restant positifs, peuvent appartenir à deux classes opposées mod s. Ces deux classes sont caractérisées à chaque rang n par les couples α_n, β_n et α'_n, β'_n congrus à $-\alpha_n$ et $-\beta_n$ et compris entre o et $s-1$. On peut alors appliquer les lemmes 1 et 2 de la Note précédente. Il existe une infinité de rangs où pour les deux classes simultanément, l'un ou l'autre des deux lemmes est valable (pas nécessairement le même pour les deux classes). A un tel rang n, l'une des fractions intervenant dans les lemmes donne donc :

$$|v(v\xi - u)| < \frac{1}{2} s \min(\beta_n, \beta'_n).$$

En particulier, en désignant par $\overline{K}(s)$ la constante analogue à $K(s)$ pour ce nouveau problème, on a donc $\overline{K}(s) \leqq s^2/4$ [3].

La constante 4 est ici la meilleure possible. En effet, on a évidemment $\overline{K}(2) = K(2) = 1$. Mais il y a une raison plus profonde. En effet, les exemples donnés à la fin de la Note précédente [4] montrent que $\overline{K}(s)$ est équivalent à $s^2/4$ pour s grand. On peut cependant — et notre méthode s'y prête — améliorer la majoration précédente pour les petites valeurs de s. Ainsi, on a $\overline{K}(3) = 3/\sqrt{5}$ et $\overline{K}(4) = 2$.

D'ailleurs la valeur de $\overline{K}(4)$ est une conséquence facile de $\overline{K}(2) = 1$, et celle de $\overline{K}(3)$ résulte aisément du théorème suivant, qui précise un théorème classique d'Hurwitz :

Pour tout nombre irrationnel x, il existe une infinité de fractions p/q telles que $|q(qx-p)| < 1/\sqrt{5}$, q n'étant pas divisible par un nombre premier impair donné.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions hypergéométriques de plusieurs variables.* Note de M. **Vincent Ou Tchen-Yang**, présentée par M. Paul Montel.

On sait comment la fonction hypergéométrique d'une variable

$$F(x) = \int u^{\lambda}(u-1)^{\mu}(u-x)^{\nu}\, du$$

solution de l'équation différentielle de Gauss engendre, pour λ, μ, ν réels, les fonctions de Schwarz représentant le demi-plan supérieur sur un triangle

(3) Ce résultat est obtenu sous une forme un peu plus précise par M. J. F. Koksma (*Simon Stevin*, IV, 1950-1951, p. 199).

(4) Il faut d'ailleurs les rectifier de façon évidente si s est le double d'un nombre impair.

d'arcs de cercle : la fonction $F(x)$ étant multiforme, à deux branches linéairement indépendantes, le rapport de deux branches fondamentales est une fonction de Schwarz de x. La conservation d'une forme d'Hermite par le groupe de monodromie de $F(x)$ résulte alors du fait géométrique qu'on peut toujours trouver un cercle, réel ou imaginaire, orthogonal à trois cercles donnés.

Considérons de même la fonction hypergéométrique de deux variables

$$F_1(x, y) = \int u^{\alpha}(u-1)^{\beta}(u-x)^{\gamma}(u-y)^{\delta}\,du$$

solution du système d'équations aux dérivées partielles complètement intégrable

$$x(x-1)r + y(y-1)s = [(\alpha+\beta+2\gamma+\delta)x + \delta y - (\alpha+\gamma+\delta)]p - \gamma(\alpha+\beta+\gamma+\delta+1)z,$$
$$x(x-1)s + y(y-1)t = [\gamma x + (\alpha+\beta+\gamma+2\delta)y - (\alpha+\gamma+\delta)]q - \delta(\alpha+\beta+\gamma+\delta+1)z$$
$$(y-x)s = \delta p - \gamma q,$$

fonction multiforme à trois branches linéairement indépendantes.

z_1, z_2, z_3 étant trois branches fondamentales de $F_1(x,y)$, je les regarde comme les coordonnées homogènes d'un point P dans un espace projectif à deux dimensions complexes. Les constantes α, β, γ, δ étant supposées réelles, lorsque les variables x, y parcourent les axes réels, le point P correspondant décrit un certain nombre de *chaînes planaires* (transformées homographiques du sous-espace réel) dont quatre convenablement choisies déterminent toutes les autres. La méthode du prolongement analytique permet de déduire de ces chaînes les substitutions fondamentales du groupe de monodromie : *chacune de ces substitutions résulte de deux symétries par rapport à deux chaînes consécutives.*

Une *hypersurface hermitienne* (H) est l'ensemble des points dont les coordonnées homogènes annulent une forme d'Hermite

$$H(z_1, z_2, z_3) = \Sigma A_{ik}\bar{z}_i z_k, \qquad (A_{ki} = \bar{A}_{ik}).$$

Deux points (z_1, z_2, z_3), (z'_1, z'_2, z'_3) sont *conjugués* par rapport à (H) si l'on a $\Sigma A_{ik}\bar{z}_i z'_k = 0$, ce qui entraîne aussi $\Sigma A_{ik}\bar{z}'_i z_k = 0$; une chaîne planaire est *orthogonale* à (H) si elle contient trois points linéairement indépendants conjugués deux à deux. Je démontre alors les propriétés suivantes, purement géométriques :

1° *Un cycle de quatre chaînes planaires dont deux consécutives ont en commun une chaîne linéaire dépend de quatre paramètres réels que laisse invariants toute transformation homographique; les valeurs de ces paramètres étant données, le cycle est déterminé à une transformation homographique près.*

2° *Il existe une hypersurface hermitienne, et en général une seule, orthogonale aux quatre chaînes planaires.*

L'application à la fonction $F_1(x, y)$ donne la forme d'Hermite que conserve

le groupe de monodromie de $F_1(x, y)$, forme dont je détermine la nature elliptique ou hyperbolique. Les constantes $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ étant supposées non entières ainsi que leur somme, soient $\alpha', \beta', \gamma', \delta'$ les quatre nombres positifs et inférieurs à *un* qui diffèrent de $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ par des entiers; *la forme d'Hermite est alors elliptique si l'on a*

$$\alpha'+\beta'+\gamma'+\delta'<1 \quad \text{ou} \quad \alpha'+\beta'+\gamma'+\delta'>3,$$

hyperbolique si l'on a

$$1<\alpha'+\beta'+\gamma'+\delta'<3.$$

On a des résultats analogues pour les fonctions hypergéométriques de plus de deux variables.

DYNAMIQUE DES SYSTÈMES STELLAIRES. — *Sur l'aplatissement critique dans la séquence des galaxies.* Note de M. **Hervé Fabre**, transmise par M. Jean Chazy.

Justification théorique de l'aplatissement qui est à la fois l'aplatissement maximum des galaxies ellipsoïdales et l'aplatissement minimum des galaxies en spirales.

La classification photographique des galaxies, faite par Hubble en 1926, avait fait croire à un sens d'évolution par aplatissements croissants, d'abord dans la séquence des galaxies ellipsoïdales depuis la figure sphérique E_0 jusqu'à la figure à profil fusiforme E_7, ensuite dans la séquence des galaxies spiralées depuis la figure S_a à spires serrées jusqu'à la figure S_c à spires ouvertes. Un aplatissement limite, égal à 0,7 environ, séparait les deux séquences, et des essais avaient été tentés pour montrer comment une galaxie E, parvenue à cet aplatissement critique, pouvait dynamiquement se transformer en galaxie S. Or, les idées suscitées par Hubble ont paru, ces dernières années, sujettes à révision : des arguments tirés de la dislocation des amas ouverts et aussi de la présence, dans les spirales, de nébulosités et d'étoiles supergéantes à vie radiative courte, semblent indiquer la jeunesse des galaxies spiralées par rapport aux ellipsoïdales [1]. Le sens de l'évolution pourrait donc être de S vers E, ou plus précisément de S_c vers S_a dans la séquence S, et de E_7 vers E_0 dans la séquence E. C'est le sens contraire de celui des indices de Hubble.

Mon but est de prouver qu'en rejetant l'ancienne interprétation, il est encore possible de *définir théoriquement l'aplatissement limite entre les séquences* S *et* E. Rappelons que nous entendons par aplatissement d'une galaxie l'aplatissement de sa région stellaire; la nébulosité entourant

(1) Shapley, *Scientific Monthly*, 67, 1948, p. 251-253.

chaque galaxie n'a qu'un faible aplatissement et n'est pas prise en compte. D'autre part, nous laissons de côté, dans cette Note, les galaxies irrégulières (3 % seulement du nombre total).

1° Une galaxie ellipsoïdale qui aurait à l'origine un aplatissement supérieur à ceux de la classe E_7 ne pourrait subsister dans sa forme. En effet, l'état primitif de chaque galaxie étant assimilable à un état fluide, tout aplatissement supérieur à l'aplatissement critique de Bryan et Lindblad, qui correspond à une excentricité méridienne de 0,9529..., est un *aplatissement d'instabilité hydrodynamique* (2).

2° On voit de la même façon qu'une galaxie spiralée d'aplatissement décroissant ne pourrait se transformer en galaxie ellipsoïdale avant d'avoir atteint l'aplatissement critique de Bryan et Lindblad (à condition, bien entendu, que l'analogie hydrodynamique soit encore valable) : la galaxie ellipsoïdale qui en résulterait serait instable.

3° Une galaxie ellipsoïdale qui aurait un aplatissement initial plus faible que l'aplatissement critique conserverait indéfiniment son caractère ellipsoïdal, en devenant moins aplatie.

4° Si toutes les galaxies ont pris leur individualité sous la forme ellipsoïdale, ou sous une forme voisine plus ou moins régulière, celles d'entre elles qui étaient moins aplaties que l'ellipsoïde critique ont conservé leur caractère ellipsoïdal, tandis que les autres se sont immédiatement transformées et sont devenues les spirales qu'on observe actuellement.

5° Une galaxie spiralée dont les spires évoluent en se dissipant ou en se serrant (sens de rotation comme dans l'enroulement d'un ressort de montre) est destinée à passer dans la catégorie E après avoir atteint l'aplatissement critique. Pas plus tôt car elle serait instable (*voir* 2°). Mais elle pourrait rester spiralée jusqu'à un aplatissement inférieur et n'avoir pas besoin d'un aplatissement privilégié pour sa transformation; on devrait alors s'attendre au passage de S à E pour des aplatissements variés, plus petits que l'aplatissement critique, et il y aurait, dans la série de ces aplatissements, des S non encore transformées en E, ce qui est contraire aux observations.

C'est donc l'évolution de la figure elle-même qu'il faut mettre en doute dans la nouvelle conception : *on peut présumer que les galaxies nous apparaissent à peu près telles qu'elles étaient après la phase de formation* (peut-être violente) dont elles sont sorties comme systèmes indépendants. La phase évolutive actuelle, d'allure lente, permettrait seulement aux spirales, bien pourvues en nuages cosmiques, de dépenser de l'énergie plus intensivement que les ellipsoïdes, et cela par des processus de caractère radiatif plutôt que dynamique. Cette évolution sans changement sensible de figure

(2) CHANDRASEKHAR, *Principles of Stellar Dynamics*, Chicago University, 1942, p. 177.

est celle qui s'accommoderait le mieux des durées de l'échelle courte (10^9 à 10^{10} années).

En résumé, les deux interprétations de la séquence des galaxies sont les suivantes :

I. *Avec les idées anciennes : évolution de* E *vers* S, *et transformation de* E *en* S, *dans notre schéma, pour l'excentricité critique statistique* 0,9560... [3].

II. *Avec les idées nouvelles, peut-être pas d'évolution sensible en ce qui concerne les figures, bien que la séquence* S *semble précéder la séquence* E; *une coupure est marquée entre les deux séquences par l'excentricité critique hydrodynamique* 0,9529... *du schéma de Lindblad.*

ASTROPHYSIQUE ET RADIOASTRONOMIE. — *Observations combinées de l'éclipse totale de Soleil du* 25 *février* 1952 *à Khartoum (Soudan) et de l'éclipse partielle au radio-télescope de l'Observatoire de Meudon.* Note de MM. **Marius Laffineur, Raymond Michard, Jean-Claude Pecker,** Mme **Marguerite d'Azambuja,** MM. **Audoin Dollfus** et **Ivan Atanasijević,** présentée par M. André Danjon.

Le Bureau des Longitudes a envoyé à Khartoum (Soudan), une mission pour l'étude de l'éclipse de Soleil du 25 février 1952. Cette mission était placée sous la direction du regretté Bernard Lyot, subitement décédé sur le chemin du retour. Les observations optiques de la couronne décrites ci-après ont été préparées suivant ses directives et avec son actif concours.

1. Observations radioastronomiques. — *a. Instruments et méthode de mesure.* — Le collecteur d'ondes comprenait un réflecteur parabolique de 6 m de diamètre et de 3,6 m de distance focale, monté en équatorial. Au foyer de ce miroir, deux antennes demi-onde accordées sur 55 et 117 cm de longueur d'onde et, doublées d'antennes réflectrices, alimentaient deux récepteurs ayant une bande passante de 1,3 Mc/s. Le courant de sortie des récepteurs, proportionnel à l'énergie à l'entrée, était observé sur deux enregistreurs à plume et sur deux galvanomètres à miroir.

Pour éliminer autant que possible les effets de l'instabilité du zéro, on exécutait, toutes les 5 minutes, une rotation du réflecteur autour de l'axe horaire de façon à comparer au rayonnement solaire le rayonnement supposé constant d'une région du ciel, toujours la même, choisie à l'avance.

b. Résultats. — Deux courbes d'éclipse sur 550 et 255 Mc/s ont pu être établies; leur interprétation détaillée est en cours. D'ores et déjà, les résultats suivants peuvent en être extraits :

Au milieu de la totalité (9 h 10 m 50 s T. U.) l'intensité du rayonnement de

---

(3) H. Fabre, *Ann. Obs. Toulouse*, 16, 1941, p. 170-197. Un système stellaire sphéroïdal qui évolue en s'aplatissant devient statistiquement instable pour la valeur 0,9560... de l'excentricité méridienne.

la partie de la couronne non masquée par la Lune était égale, pour 550 Mc/s à 19,5 % ± 1 % du rayonnement total du Soleil non éclipsé et pour 255 Mc/s à 30,5 % ± 1 %. Au moment des premier et dernier contacts optiques, il y avait déjà sur 550 Mc/s une baisse de 3 % du rayonnement.

c. L'éclipse radioélectrique a également été observée à l'aide du radiotélescope de l'Institut d'Astrophysique à l'Observatoire de Meudon sur 255 Mc/s. Au moment du maximum de l'éclipse partielle radioélectrique, en retard de 13 minutes sur celui de l'éclipse optique, l'intensité restante était les 83 % de l'intensité totale du Soleil non éclipsé.

2. Observations optiques (elles ont été favorisées par un ciel pur et faiblement diffusant). — *a*. Au moyen d'une lunette de 15 cm d'ouverture, éclairée par un cœlostat et équipée d'un filtre monochromatique de Lyot et d'un séparateur de radiations ([1]) nous avons obtenu des clichés de la couronne. Le filtre isolait deux bandes spectrales de 2 Å environ centrées sur les raies d'émission coronales verte (λ 5305 Å) et rouge (λ 6374 Å), et le séparateur donnait simultanément les images correspondantes sur deux plaques Kodak OG et OE. Trois poses ont été effectuées : 10 secondes, 2 minutes, 10 secondes, fournissant au total six clichés de la couronne, trois *verts* et trois *rouges*, ainsi que des images de la chromosphère. Le diamètre du Soleil sur ces clichés, est de 31 mm; ils sont étalonnés photométriquement. Ils permettront l'étude des relations entre la couronne monochromatique d'une part, la chromosphère et la couronne blanche de l'autre. On a photographié dans les mêmes conditions un diffuseur blanc connu, afin de déterminer, en valeur absolue, la brillance des émissions coronales.

b. Dans le but d'étendre aux régions les plus éloignées du limbe les mesures spectrophotométriques de Grotrian ([2]), le spectre de la couronne externe a été photographié sur plaque Kodak OF à l'aide d'un spectrographe à ciel nocturne dont la chambre a une ouverture de $f/0,7$. Cet appareil était éclairé par un cœlostat et un objectif de 10 cm d'ouverture. La fente du spectrographe était placée suivant l'équateur du Soleil et coupait les régions s'étendant de 1,3 à 5 diamètres solaires à partir du bord Ouest. Le spectre obtenu, un peu sous-exposé, ne sera que partiellement utilisable.

c. A l'aide d'une batterie de six chambres photographiques de courtes distances focales (de 12,5 à 32 cm), nous avons pris des clichés de la couronne externe en lumière rouge et infrarouge (plaques Kodak OE, OF et IQ) en vue de son étude photométrique et polarimétrique. Une partie seulement des clichés obtenus est utilisable. Sur l'un des meilleurs on peut suivre un jet coronal intense jusqu'à une distance du bord solaire égale à six fois le diamètre de l'astre.

---

(1) *Ann. Astrophys.*, 7, 1944, p. 31.

(2) *Z. Astrophys.*, 8, 1934, p. 124.

Un autre cliché permet de mesurer la polarisation de la couronne externe dans le rouge : il apparaît que la lumière du jet déjà cité est fortement polarisée.

Les résultats de l'étude détaillée des documents réunis au cours de l'éclipse seront publiés ultérieurement.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Nouvelle remarque sur les collisions entre atomes et électrons.* Note (*) de M. S. **Kichenassamy**, présentée par M. Louis de Broglie.

On donne ici une méthode pour développer la théorie projetée dans une précédente Note ([1]) et l'on justifie en même temps la méthode utilisée dans un travail sur l'interaction entre matière et rayonnement ([2]).

Nous avons donné dans une précédente Note ([1]) les idées de base qui peuvent servir à l'élaboration d'une théorie générale des collisions entre atomes et électrons, et nous indiquons ici la méthode que l'on pourrait adopter pour développer une telle théorie.

Si $c_\sigma(t)$, $c_{\sigma'}(t)$, $c_{\sigma\lambda}(t)$ sont les amplitudes de probabilité des états initial, intermédiaire et final de l'électron σ, la théorie des perturbations donne

$$(3a)\qquad dc_\sigma(t) = \sum_{\sigma'} \frac{2\pi i}{h} \mathrm{H}_{\sigma\sigma'}\, c_{\sigma'}(t)\, e^{\frac{2\pi i}{h}(\mathrm{E}_{\sigma'}-\mathrm{E}_\sigma)t},$$

$$(3b)\qquad \frac{dc_{\sigma'}(t)}{dt} = \frac{2\pi i}{h} \left\{ \mathrm{H}_{\sigma'\sigma}\, c_\sigma(t)\, e^{\frac{2\pi i}{h}(\mathrm{E}_\sigma-\mathrm{E}_{\sigma'})t} + \sum_{\sigma\lambda} \mathrm{H}_{\sigma'\sigma\lambda}\, c_{\sigma\lambda}(t)\, e^{\frac{2\pi i}{h}(\mathrm{E}_{\sigma\lambda}-\mathrm{E}_{\sigma'})t} \right\},$$

$$(3c)\qquad \frac{dc_{\sigma\lambda}(t)}{dt} = \frac{2\pi i}{h} \mathrm{H}_{\sigma\lambda\,\sigma'}\, c_{\sigma'}(t)\, e^{\frac{2\pi i}{h}(\mathrm{E}_{\sigma'}-\mathrm{E}_\sigma)t}.$$

Pour résoudre ces équations, nous nous donnons en tenant compte des conditions initiales

$$c_\alpha(0) = 1, \qquad c_{\sigma'}(0) = c_{\sigma\lambda}(0) = 0,$$

les expressions de

$$(4a)\qquad c_\sigma(t) = e^{-\frac{\Gamma_\sigma t}{2}},$$

$$(4b)\qquad c_{\sigma'}(t) = \alpha_{\sigma'}\, e^{-\frac{\Gamma_\sigma t}{2}} \left[e^{\frac{2\pi i}{h}(\mathrm{E}_\sigma-\mathrm{E}_{\sigma'})t} - \eta_{\sigma'}(t, \mathrm{E}_\sigma^{\sigma'})\, e^{-\frac{\gamma_\sigma t}{2}} \right].$$

Les équations sont les mêmes que celles qui figurent dans notre travail sur l'interaction entre matière et rayonnement ([2]) et nous serons très bref quant à la résolution de ces équations.

La fonction $\eta_{\sigma'}(t, \mathrm{E}_\sigma^{\sigma'})$ où $\mathrm{E}_\sigma^{\sigma'}$ est l'énergie effectivement fournie pour faire passer l'électron σ à l'état σ' est une fonction intégrable, continue, décroissante

---

(*) Séance du 3 mars 1952.

([1]) *Comptes rendus* **234**, 1952, p. 1035.

([2]) *J. Phys.*, **12**, 1951, p. 863.

à partir de 1 quand t varie de zéro à t et bornée inférieurement. Si $E_{\sigma\sigma'}$ est la différence des énergies des états σ et σ', nous pouvons admettre que $\eta_{\sigma'}$ est fonction uniquement de $|E_\sigma^{\sigma'} - E_{\sigma\sigma'}|$; de plus nous la définirons non nulle que dans un intervalle d'énergie satisfaisant à $|E_\sigma^{\sigma'} - E_{\sigma\sigma'}| \leqq \Delta E_{\lim}$.

Remarque. — L'introduction de cette fonction $\eta_{\sigma'}$ qui paraissait arbitraire dans le travail mentionné plus haut ([2]) peut en quelque sorte être justifié; en effet, la présente théorie s'appuie sur des idées physiques très semblables à celles qui ont servi à élaborer une théorie des réactions nucléaires. Or celle-ci, si on la prend sous la forme qui lui a été donnée par M. Weisskopf, introduit pour tenir compte de la formation d'un noyau composé un facteur (que nous désignons par η_W) qui affecte la partie de la fonction d'onde correspondant au faisceau émergent des particules, de telle sorte que la section efficace de la réaction devient proportionnelle à $(1 - |\eta_W|^2)$. Par contre notre fonction $\eta_{\sigma'}(t, E_\sigma^{\sigma'})$ (que nous désignerons par η_k) déterminant, comme nous l'avons remarqué ailleurs, un taux de passage des états virtuels aux états réels correspond précisément à la formation du complexe, c'est-à-dire que l'on pourrait avoir $|\eta_k|^2 + |\eta_W|^2 = 1$. D'autre part, le calcul de η_W a pu être effectué dans un cas très simple en ne considérant que ce qui se passe à la surface du complexe; néanmoins nous ne pouvons espérer faire autant pour η_k puisque dans le cas qui nous intéresse ce qui se passe au fond du complexe joue un rôle essentiel, et que le rayon du complexe se trouve être mal défini.

Les équations (3) et (4) donnent alors

$$(4c)\qquad c_{\sigma\lambda}(t) = \alpha_{\sigma'} H_{\sigma'\sigma\lambda} \left\{ \frac{e^{\frac{2\pi i}{h}\left(E_{\sigma\lambda} - E_{\sigma'} + \frac{i\Gamma_\sigma}{4\pi}\right)t} - 1}{E_{\sigma\lambda} - E_{\sigma'} + ih\frac{\Gamma_\sigma}{4\pi}} - \eta_{\sigma'} \frac{e^{\frac{2\pi i}{h}\left[E_{\sigma\lambda} - E_\sigma + \frac{i(\Gamma_\sigma + \gamma_\sigma)t}{4\pi}\right]} - 1}{E_{\sigma\lambda} - E_\sigma + ih\frac{\Gamma_\sigma + \gamma_\sigma}{4\pi}} \right\}.$$

Détermination de $\alpha_{\sigma'}$ et $(\Gamma_\sigma + \gamma_\sigma)$. — Moyennant les définitions et les hypothèses que nous avons adoptées dans notre travail ([2]), nous pouvons effectuer cette détermination sans difficulté.

Nous supposerons d'abord que tous les électrons reviennent à leur état initial, ce que nous exprimerons par $(\sigma\lambda) = (\sigma o)$. On a alors

$$(5a)\qquad L_\sigma + \gamma_\sigma = \omega_{\sigma'\sigma 0}$$

[probabilité de transition par unité de temps de l'état (σ') à l'état (σo)].

$$(5b)\qquad \alpha_{\sigma'} = \frac{H_{\sigma'\sigma}}{E_\sigma - E_{\sigma'} - ih\frac{\gamma_\sigma}{4\pi}}.$$

Si maintenant nous tenons compte du fait que l'électron peut se trouver en fin d'interaction dans un état du spectre discret ou du spectre continu on aurait, au lieu de (5a),

$$\Gamma_\sigma + \gamma_\sigma = \sum_{i=0}^{n} \omega_{\sigma'\sigma i}.$$

Détermination de Γ_σ. — Comme nous n'avons supposé qu'un seul état intermédiaire pour chacun des électrons nous pouvons ici encore aboutir à

$$\Gamma_\sigma = \eta_{\sigma'} \omega_{\sigma\sigma'},$$

cela signifie que $\eta_{\sigma'} \omega_{\sigma\sigma'}$ contribue à réaliser des états excités réels qui sont responsables des phénomènes où il y a eu modification profonde de l'état de l'électron σ, tandis que $(1 - \eta_\sigma)\omega_{\sigma\sigma'}$ rend compte des phénomènes où l'électron σ n'a pas été « réellement » touché. Par exemple si tous les électrons n'ont pas été « réellement » touchés on assisterait au phénomène du scattering élastique.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *La physique de l'Univers électromagnétique* (1). Note (*) de M. **Bernard Jouvet**, présentée par M. Louis de Broglie.

Signification physique des changements de coordonnées de l'Univers électromagnétique (1) conduisant à un principe fondamental de relativité électromagnétique. Conséquences expérimentales.

Les fondements classiques de l'Électromagnétisme reposent sur la notion de force électromagnétique exercée sur un corps chargé. A partir de cette notion, on dégage les concepts de champ. Les développements de cette science ont établi les notions plus abstraites de potentiels électromagnétiques. La théorie quantique a permis de montrer que ces potentiels jouent réellement un rôle fondamental dans l'Électromagnétisme (expression de l'interaction entre champ e.m. et champ de matière, relations fondamentales de commutation, etc.). Parallèlement à cette simplification des bases théoriques de l'e.m., les lois et les concepts de la force de Lorentz, sont l'objet de difficultés essentielles en rapport avec le problème de la charge et des champs intenses.

Nous voulons montrer que, mis à part les phénomènes purement dynamiques, les mesures précises des grandeurs électriques macroscopiques peuvent toujours se faire sans utiliser la forme de la force de Lorentz. On sait que toute mesure précise des grandeurs e.m. (charge, courant, résistance, etc.) peut toujours se ramener à une comparaison à l'une de deux grandeurs principales convenablement choisies (V et I, ou I et R). Une seule grandeur suffit si l'on connaît le rapport c (vitesse de la lumière). Le choix d'un phénomène électrodynamique (loi de Coulomb) relie les grandeurs électriques aux grandeurs dynamiques d'une façon absolue, sans nécessiter la comparaison des étalons entre eux. Cependant les mesures sont encore cohérentes si l'on sait comparer entre eux des étalons même non absolus. Une étude systématique

(*) Séance du 31 mars 1952.

(1) B. Jouvet, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 819.

des méthodes de mesure montre que toutes les grandeurs e.m. peuvent toujours se mesurer par une différence de potentiel. Enfin, par les méthodes de zéro, on sait comparer les différences de potentiel avec une force électromotrice prise pour étalon, sans utiliser la forme de la force de Lorentz; celle-ci n'intervient pas non plus dans les conducteurs utilisés pour ces mesures, car les charges y sont au repos.

La mesure des potentiels et des champs dans le vide exige une étude particulière : faisant abstraction pour l'instant de l'invariance de jauge, et laissant de coté l'aspect quantique des mesures, la mesure du potentiel d'un champ statique peut se faire par exemple en amenant le potentiel d'une sphère conductrice S au potentiel V du point ou est son centre, de sorte que la force exercée sur elle est nulle; l'action des champs magnétiques sur de petits éléments conducteurs en mouvement déterminé, permet de trouver, à un vecteur constant près, la valeur du potentiel-vecteur par des mesures de différence de potentiels; les champs sont des grandeurs dérivées.

On peut finalement considérer que ces mesures consistent à se donner :

1° Une f. é. m. (par exemple d'une pile) prise pour étalon, qui permet de déterminer les unités de potentiel-vecteur et les échelles de mesure des potentiels;

2° Un corps conducteur de capacité infinie (la terre) au potentiel scalaire supposé constant et nul, par rapport auquel on mesure les potentiels : on détermine ainsi une origine des échelles de potentiels.

Cela revient à se donner la base d'un espace métrique à quatre dimensions, l'espace des potentiels. En général, à chaque point X de l'univers, correspond une base de cet espace dans laquelle un point A représente le champ au point X. L'ensemble des bases associées à chaque point X forme un « repère e. m. ». Faire un changement de jauge revient à choisir un nouveau repère d'un groupe particulier; cela importe peu si l'on prend soin de conserver le même repère au cours de toutes les mesures.

Envisageons alors le cas d'un champ électrostatique classique E; on peut le repérer par son potentiel $V_0(x)$ rapporté au potentiel de la Terre : Cette mesure consiste essentiellement à faire correspondre à chaque point x de l'espace un élément (ξ) d'une réalisation S de la gamme des potentiels possibles (série de piles étalonnées dont un pôle est à la terre), tel que $V_0(x) = V_0(\xi)$. Dans le repère propre au champ E, R_E, défini par l'étalon électrique et par les potentiels $V_0(\xi)$ pris comme potentiels origines aux points x, le champ E est nul : $V_E(x) = V_0(x) - V_0(\xi) = 0$. Le fait important de ce processus de mesures est qu'un champ $(E + E')$ mesuré dans R_E est égal à E' (Pr. de superposition).

Dans l'Univers électromagnétique nous devons considérer, d'après les formules (C. D.) ([1]), que la présence d'un champ peut modifier la mesure des

longueurs et des temps. Appelons repère d'U. E. de vide, R_0, le repère formé d'une part par les unités d'espace et de temps dans le vide de champ, avec une origine donnée, et d'autre part par les unités de potentiel et le potentiel de terre pris pour origine des potentiels. Soit alors H_0 un champ uniforme et constant dans un domaine, et mesuré dans R_0. Soit R_H le repère d'U. E. propre à H, constitué par les étalons L_H et T_H dans ce champ, et par la réalisation $V_0(\xi) = V_0(X_0)$, définissant l'origine du repère électrique, et pour l'unité de potentiel U_H [une pile étalon placée dans ce champ, mais dont un pôle est relié pour une mesure en X_H, au potentiel $V_0(\xi)$]. Soit alors H'_0 un autre champ mesuré dans R_0; composons alors les deux champs H_0 et H'_0 ce qui donne un champ $(H_0 \oplus H'_0)$. Les équations de l'U. E. indiquent que le champ H'_H défini par $(H_0 \oplus H'_0)$, mesuré dans R_H, est identique à H'_0 : $V'_H(X^0) = V'_0(X_0)$. Donc, dans l'espace déformé, dans sa métrique et par conséquent dans ses mesures, par la présence de H, le champ H' est comme s'il était seul dans le vide (principe de relativité électromagnétique). En particulier une onde lumineuse, considérée dans R_H, se propage avec la vitesse c, mais considérée dans R_0, la propagation est différente. Connaissant par les équations (C. D.), la loi qui permet de passer des mesures faites dans R_H aux mesures dans R_0, on peut alors montrer qu'un faisceau lumineux se propageant perpendiculairement et dans un champ électrique E, ou magnétique H, sur une longueur L_0, prend, par rapport à un faisceau synchrone soustrait au champ un retard de temps $dT = L_0 E^2/cb^2$ ou $L_0 H^2/cb^2$ en première approximation.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la représentation des équations d'ondes des corpuscules de spin* o *ou* $\hbar$. Note de M. **Gérard Petiau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Introduction de deux projecteurs permettant de ramener les matrices introduites par M. Louis de Broglie en théorie du photon, soit à la représentation irréductible correspondant aux corpuscules de spin $\hbar$ (photons ou mésons vectoriels) soit à la représentation irréductible correspondant aux corpuscules de spin o (photons ou mésons pseudoscalaires).

La théorie du photon de M. Louis de Broglie (1) et la théorie générale du corpuscule de spin total maximum $\hbar$ introduisent pour les corpuscules de ce type une équation d'ondes de la forme

$$[p_\mu \Gamma^\mu + i m_0 c]\Phi = 0 \tag{1}$$

(1) *Une nouvelle conception de la lumière*, Paris, 1934. *Une nouvelle théorie de la lumière*, Hermann, Paris, 1940.

dans laquelle les matrices Γ^{μ} satisfont à la relation [2]

(2) $$\Gamma_{\mu}\Gamma_{\nu}\Gamma_{\rho}+\Gamma_{\rho}\Gamma_{\nu}\Gamma_{\mu}=\delta_{\mu\nu}\Gamma_{\rho}+\delta_{\rho\nu}\Gamma_{\mu} \qquad (\mu, \nu, \rho = 1, 2, 3, 4)$$

et admettent notamment la représentation de rang 16 :

(3) $$(\Gamma_{\mu})_{i_1 l_1,\, i_2 l_2}=\frac{1}{2}\left[(\gamma_{\mu}^{(1)})_{i_1 l_1}\delta_{i_2 l_2}+\delta_{i_1 l_1}(\gamma_{\mu}^{(2)})_{i_2 l_2}\right] \qquad (i_1, i_2, l_1, l_2 = 1, 2, 3, 4)$$

construite au moyen de deux systèmes indépendants de quatre matrices de Dirac anticommutantes $\gamma_{\mu}^{(r)}\gamma_{\nu}^{(r)}+\gamma_{\nu}^{(r)}\gamma_{\mu}^{(r)}=\delta_{\mu\nu}^{(r)}$, $\gamma_{\mu}^{(r)}\gamma_{\nu}^{(s)}=\gamma_{\nu}^{(s)}\gamma_{\mu}^{(r)}$ $(r, s, = 1, 2)$.

La représentation (3) des matrices Γ_{μ} est réductible de telle sorte que le système (1) avec ces Γ_{μ} se présente comme la réunion de trois systèmes linéaires irréductibles, l'un de rang 10 appelé système maxwellien en théorie du photon et système vectoriel en théorie du méson suivant la valeur attribuée à m_0, le second de rang 5 appelé système du photon non maxwellien ou système du photon pseudoscalaire et un troisième non évolutif exprimant qu'un invariant est nul. Cette réductibilité des matrices (3) empêche l'utilisation de cette représentation particulièrement commode des Γ_{μ} dans l'étude des processus comportant des interactions entre mésons soit vectoriels, soit pseudoscalaires et conduit à utiliser le système (2) complété par des relations caractérisant les représentations irréductibles [3]. Les calculs relatifs aux probabilités de réalisation de processus associés à des collisions entre corpuscules de spin o ou $\hbar$ sont alors très complexes.

Nous nous proposons ici de montrer que l'emploi de deux matrices de projection convenables isolant les représentations associées aux corpuscules soit vectoriels, soit pseudoscalaires permet d'utiliser la représentation (3) des matrices Γ_{μ} dans les calculs relatifs aux corpuscules de l'un ou l'autre type.

Les 16 fonctions d'ondes $\Phi_{i_1 i_2}$, solutions de (1) avec les Γ_{μ} de la représentation (3) peuvent être remplacées [4] par des combinaisons linéaires Φ^{A} telles que $\Phi_{i_1 i_2}=\Sigma_{A}\Phi^{A}(\gamma^{A}R^{-1})_{i_1 i_2}$, où les γ^{A} sont les 16 matrices hermitiennes déduites par combinaisons des matrices γ^{μ} ($\gamma^{A}=\gamma^{0}$ ou 1, γ^{μ}, $i\gamma^{[\mu\nu]}$, $i\gamma^{[\mu\nu\rho]}$, $\gamma^{[\mu\nu\rho\sigma]}$) et où R est une matrice unitaire et hermitienne telle que $R^{+}=-R=R^{*}$, $R\gamma^{\mu}R^{-1}=-\gamma_{\mu}^{+}$.

On montre alors que la représentation vectorielle ou maxwellienne est caractérisée par les 10 fonctions d'ondes tensorielles Φ^{μ}, $\Phi^{[\mu\nu]}$ correspondant aux matrices γ^{A_1} telles que $(\gamma^{A_1}R^{-1})^{+}=(\gamma^{A_1}R^{-1})$ et que la représentation non maxwellienne ou pseudoscalaire est caractérisée par les cinq fonctions $\Phi^{[\mu\nu\rho]}$, $\Phi^{[\mu\nu\rho\sigma]}$ correspondant aux matrices γ^{A_2} telles que $(\gamma^{A_2}R^{-1})^{+}=-(\gamma^{A_2}R^{-1})$. La troisième représentation donne seulement $\Phi^{0}=0$.

---

(2) G. PETIAU, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 111; *Thèse*, Paris, 1936 et *Mém. Acad. Roy. Sc. Belgique*, 16, 1936.

(3) G. PETIAU, *Revue Scientifique*, 83, 1945, p. 67-74.

(4) G. PETIAU, *J. Phys.*, 10, 1939, p. 487 et *Disquisitiones Math. Phys.*, 6, 1947, p. 235.

Nous introduirons les projecteurs

$$(4)\qquad (\eta^+)_{l_1 l_1, l_2 l_2} = \frac{1}{2}(\delta_{l_1 l_1}\delta_{l_2 l_2} + \delta_{l_1 l_2}\delta_{l_2 l_1}), \qquad (\eta^-)_{l_1 l_1, l_2 l_2} = \frac{1}{2}(\delta_{l_1 l_1}\delta_{l_2 l_2} - \delta_{l_1 l_2}\delta_{l_2 l_1})$$

qui nous donnent

$$(5)\qquad \begin{cases} (\eta^+)_{l_1 l_1, l_2 l_2}\Phi_{l_1 l_2} = \frac{1}{2}\Sigma_A \Phi^A[(\gamma^A R^{-1})_{l_1 l_2} + (\gamma^A R^{-1})_{l_2 l_1}] = \Sigma_{A_1}\Phi^{A_1}(\gamma^{A_1}R^{-1})_{l_1 l_2}, \\ (\eta^-)_{l_1 l_1, l_2 l_2}\Phi_{l_1 l_2} = \frac{1}{2}\Sigma_A \Phi^A[(\gamma^A R^{-1})_{l_1 l_2} - (\gamma^A R^{-1})_{l_2 l_1}] = \Sigma_{A_2}\Phi^{A_2}(\gamma^{A_2}R^{-1})_{l_1 l_2}. \end{cases}$$

Ces projecteurs $\eta^\pm$ ont les propriétés remarquables suivantes : 1°

$$(6)\qquad (\eta^\pm)^2 = \eta^\pm.$$

2° Désignant par $\Gamma_{a,b}$ la matrice la plus générale du système des Γ_μ soit

$$\Gamma_{a,b} = \frac{1}{2}[(\gamma_a)_{l_1 m_1}(\gamma_b)_{l_2 m_2} + (\gamma_b)_{l_1 m_1}(\gamma_a)_{l_2 m_2}],$$

on a

$$(7)\qquad \eta^\pm \Gamma_{a,b} = \Gamma_{a,b}\eta^\pm.$$

Par suite, l'équation d'ondes du corpuscule de spin $\hbar$, photon maxwellien ou méson vectoriel s'écrira

$$(8)\qquad [p_\mu \beta^\mu + i m_0 c]\,\Phi_{l_1 l_2} = 0,$$

avec

$$(9)\qquad [\beta^\mu]_{l_1 l_2, l_1 l_2} = [\Gamma^\mu \eta^+]_{l_1 l_2, l_1 l_2} = \frac{1}{4}[(\gamma^\mu)_{l_1 l_1}\delta_{l_2 l_2} + \delta_{l_1 l_1}(\gamma^\mu)_{l_2 l_2} + (\gamma^\mu)_{l_1 l_2}\delta_{l_2 l_1} + \delta_{l_1 l_2}(\gamma^\mu)_{l_2 l_1}].$$

De même, l'équation d'ondes du corpuscule de spin o, photon non maxwellien ou méson pseudoscalaire s'écrira sous la forme (8) avec

$$(10)\qquad (\beta^\mu)_{l_1 l_2, l_1 l_2} = [\Gamma^\mu \eta^-]_{l_1 l_2, l_1 l_2} = \frac{1}{4}[(\gamma^\mu)_{l_1 l_1}\delta_{l_2 l_2} + \delta_{l_1 l_1}(\gamma^\mu)_{l_2 l_2} - (\gamma^\mu)_{l_1 l_2}\delta_{l_2 l_1} - \delta_{l_1 l_2}(\gamma^\mu)_{l_2 l_1}].$$

Les relations (6) et (7) nous montrent alors que toute combinaison des matrices β^μ peut se ramener à la même combinaison des Γ^μ de la représentation (3) multipliée par la matrice η^+ ou η^- :

$$(11)\qquad \beta_\mu \beta_\nu \ldots \beta_\lambda = \Gamma_\mu \Gamma_\nu \ldots \Gamma_\lambda \eta^\pm.$$

Cette représentation permet notamment de ramener à un calcul simple l'évaluation des traces intervenant dans le calcul des processus de collisions.

En effet, toute matrice combinaison de Γ_μ se ramène à une somme de matrices $\Gamma_{a,b}$, et l'on voit immédiatement que

$$(12)\qquad \begin{aligned} \mathrm{Tr.}(\beta_\mu \beta_\nu \ldots \beta_\lambda) &= \mathrm{Tr.}(\Gamma_\mu \Gamma_\nu \ldots \Gamma_\lambda \eta^\pm) \\ &= \Sigma_{a,b}\mathrm{Tr.}\left[\frac{1}{2}[(\gamma_a)_{l_1 l_1}(\gamma_b)_{l_2 m_2} + (\gamma_b)_{l_1 l_1}(\gamma_a)_{l_2 l_2}][\eta^\pm]_{l_1 m_1, l_2 m_2}\right] \\ &= \Sigma_{a,b}\frac{1}{2}\big[[\mathrm{Tr.}(\gamma_a)][\mathrm{Tr.}(\gamma_b)] \pm [\mathrm{Tr.}(\gamma_a \gamma_b)]\big]. \end{aligned}$$

Dans un même calcul, on obtiendra facilement les expressions correspondant aux sections efficaces de collision pour un processus relatif soit à des mésons de spin $\hbar$ (signe $+$), soit à des mésons de spin zéro (signe $-$).

CHALEUR. — *Contribution à l'étude graphique des régimes thermiques variables.* Note de M. **Jean Jacq**, présentée par M. Georges Darrieus.

Une nouvelle méthode graphique exposée dans deux Notes [1] précédentes permet de prévoir les variations de températures dans une enceinte limitée par des parois d'un même type, puis de deux types différents et soumise à une source de chaleur donnée; cette Note démontre qu'il est aisé d'étendre la méthode au cas d'une enceinte limitée par un nombre quelconque de parois.

Soient $S_1, S_2, \ldots, S_n$ les surfaces des différentes parois opaques constituant l'enceinte (parois extérieures et intérieures); $T_{pi_1}(t), T_{pi_2}(t), \ldots, T_{pi_n}(t)$ leurs températures faciales internes; $h_{i_1}(t), h_{i_2}(t), \ldots, h_{i_n}(t)$ leurs coefficients d'échanges calorifiques superficiels; S_{V_T} et $K_V(t)$ la surface totale des vitrages et leur coefficient de transmission global; $C_a V_{a_T}(t)$ la capacité calorifique totale de l'air renouvelé; S_{R_T} et $K_R(t)$ la surface totale des corps chauffants (radiateurs par exemple) et leur coefficient d'échange superficiel; $T_i(t)$ la température intérieure de l'air dans l'enceinte; $\tau'_R(t)$ une température fictive caractérisant la source calorique et généralisant celles que nous avons considérées par une et deux parois

$$\tau'_R(t) = \frac{T_R K_R S_{R_T} + T_e(K_V S_{V_T} + c_a V_{a_T})}{K_R S_{R_T} + K_V S_{V_T} + c_a V_{a_T}}. \tag{1}$$

Nous avons pu démontrer que cette température fictive $\tau'_R(t)$ offre à chaque instant une valeur commune pour toute l'enceinte, et qu'en particulier, on peut définir un facteur global unique de transmission superficielle entre l'air et les parois :

$$H_T(t) = K_R(t)\, S_{R_T} + K_V(t)\, S_{V_T} + c_a V_a(t) \tag{2}$$

qui se répartit entre les différentes parois opaques, proportionnellement à leur gradient propre de température, $(\partial T/\partial \xi)\,\xi = 0$ à l'instant considéré (le gradient, où $\xi = x/\lambda S$ introduit les surfaces S de chaque paroi).

La température réelle $T_i(t)$ de l'air qui résulte de l'influence de la source chauffante est évidemment une troisième grandeur, unique pour toute l'enceinte.

Nous avons pu démontrer qu'elle est liée à $\tau'_R(t)$ par la relation

$$T_i(t) = \frac{H_T(t)\,\tau'_R(t) + \Sigma_1^n S h T_p(t)}{H_T(t) + \Sigma_1^n S h(t)}, \tag{3}$$

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1292 et 2292.

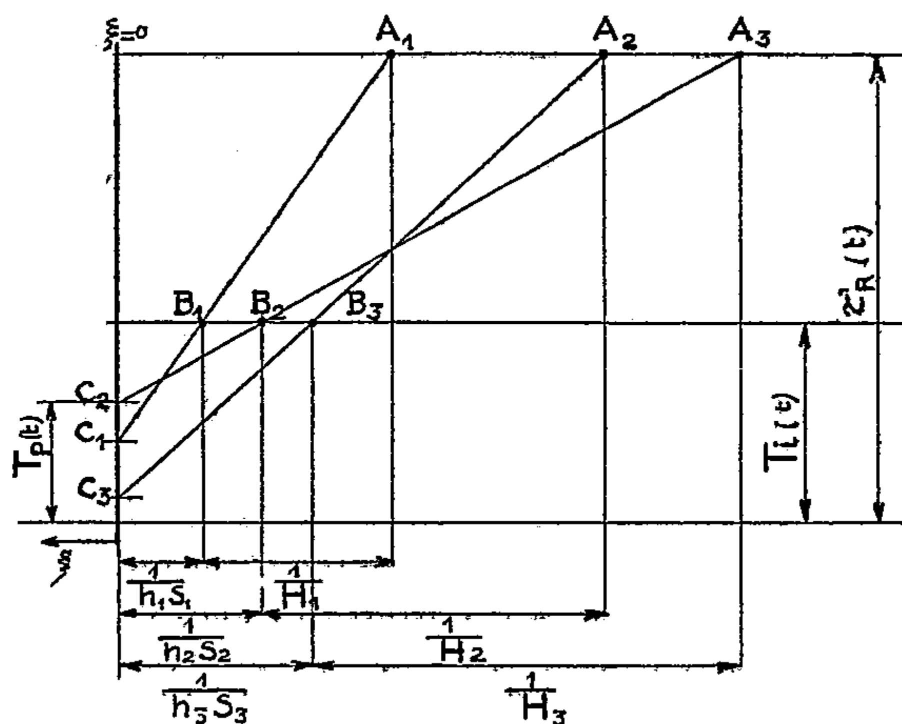
qui permet de la calculer ou de la déterminer avec un abaque auxiliaire. La connaissance à chaque instant de $\tau'_R(t)$, de $H_T(t)$ et de $T_i(t)$ permet d'expliciter le flux global dissipé dans l'enceinte

$$\lambda S \Sigma_1^n \left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)_{x=0} = \Sigma_1^n \left(\frac{\partial T}{\partial \xi}\right)_{\xi=0} = \frac{\tau'_R(t) - T_i(t)}{\frac{1}{H_T(t)}}.$$

La répartition de ce flux global entre les diverses parois, à un instant donné, s'obtiendra en construisant graphiquement leur gradient propre $\left(\frac{\partial T}{\partial \xi}\right)_{\xi=0}$: ce seront les pentes des droites obtenues, en joignant les points représentatifs des températures faciales internes des parois, $T_{p_i}(t-\Delta t)$, à ceux qui figurent la température de l'air, placés sur les plans d'abscisses $\frac{1}{Sh(t)}$ (*fig.*). Prolongées, ces droites couperont l'horizontale d'ordonnée $\tau'_R(t)$, en des pôles A situés à l'instant considéré sur les axes auxiliaires d'abscisses $\frac{1}{H(t)} + \frac{1}{Sh(t)}$ telles que :

$$\Sigma_1^n H(t) = H_T(t).$$

D'où la construction graphique. — A chaque instant $t-\Delta t$, on connaît la répartition des températures faciales pour toutes les parois de l'enceinte T_{p_1}, T_{p_2}, ..., T_{p_n}. On peut donc se fixer les valeurs pour chaque paroi, des coefficients d'échange superficiels h_{i_1}, h_{i_2}, ..., h_{i_n}. De plus $\tau'_R(t)$, $H_T(t)$ et les surfaces de chaque type de paroi étant donnés, (1) permet de calculer $T_i(t)$ à l'instant t.



Dans l'épure de chaque paroi, on place cette grandeur $T_i(t)$ sur le plan d'abscisses $(1/Sh)(t-\Delta t)$. Prolongées, les droites C_1B_1, C_2B_2, ..., C_nB_n couperont la ligne $\tau'_R(t)$ au temps t en des pôles A_1, A_2, ..., A_n, d'où l'on partira pour déterminer à l'instant t les nouvelles températures de parois T_{p_1}, T_{p_2}, ..., T_{p_n}, par la méthode de Binder et Schmidt généralisée par M. Nisolle Une fois connues ces nouvelles températures de paroi, on précisera s'il y a lieu,

les nouvelles valeurs de ShT_p à l'instant ultérieur t, résultant des nouvelles valeurs de T_p et de T_i. $\tau'_R(t+\Delta t)$ étant d'autre part calculé, on en déduit par (3) la température $T_i(t+\Delta t)$ de l'air à l'instant suivant.

Cette construction graphique se ramène en somme à deux directives essentielles :

1° Utiliser à chaque instant les données propres aux parois et aux sources chauffantes, afin de déterminer la température commune $T_i(t)$ de l'air.

2° Envisager chaque paroi isolément et étudier son comportement thermocinétique en fonction du flux qui lui est imparti. Pratiquement, les constructions se simplifient, en raison de la stabilisation progressive des flux.

Dans le cas d'une enceinte contenant des poutres, meubles, stocks, etc., il suffit de considérer que leurs parois sont baignées sur leur pourtour par l'air intérieur à l'enceinte, ainsi que l'a observé M. M. Véron. Lorsque l'enceinte contient des masses solides très divisées prenant à peu près uniformément la température instantanée de l'air, on peut comme dans la deuxième Note assimiler $\Sigma m C_m/\Delta t$ à Sh et $T_m(t)$ à la température T_i de l'air à l'instant antérieur.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur les points de transition des cristaux d'oxyacétate de beryllium.* Note (*) de M. **Jean Jaffray**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Deux Notes précédentes ont déjà étudié la transition présentée vers 40° C par les cristaux d'oxyacétate de beryllium : $Be_4O(CH_3COO)_6$ [1]. Cette substance a été de nouveau examinée dans un domaine de températures plus étendu et avec des méthodes plus sensibles.

1. On a d'abord utilisé un montage d'analyse thermique différentielle dérivé de celui qui a été indiqué par Perrier et Wolfers [2] et qui a donné ici toute satisfaction. En plus de la transition de 40° C, on en a trouvé deux autres, vers 75 et 125° C, aussi nettes que la première. Ces trois transitions ont le même caractère, ce qui semble indiquer qu'il s'agit dans tous les cas d'une anomalie de chaleur spécifique, sans chaleur latente.

A une température comprise entre 150 et 160° C, nous avons retrouvé la transformation polymorphique, déjà signalée par Watanabé et Saito [3] et qui met en jeu une forte chaleur latente.

Enfin, nous avons des indications, qui semblent indiscutables, d'une transition vers + 10° C mais beaucoup plus faible que les précédentes et qui

(*) Séance du 31 mars 1952.

(1) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 106 et **226**, 1948, p. 397.

(2) *Soc. Fr. Phys. Rés. Com.*, n° **149**, 1921, p. 5.

(3) *Nat.*, **163**, 1949, p. 225.

n'apparaît sur les courbes d'analyse thermique que pour des valeurs de la vitesse d'échauffement comprises entre les deux limites assez rapprochées.

2. L'étude de la dilatation des cristaux d'oxyacétate de beryllium a été faite sur des bâtonnets obtenus à la température ordinaire par compression de cristaux pulvérisés. Ces bâtonnets ont été, ou bien chauffés dans un dilatomètre à tige où ils plongeaient dans le mercure ou l'huile de paraffine; ou bien opposés à un barreau de chlorure de potassium dans le dilatomètre différentiel à enregistrement photographique de Chevenard.

On a trouvé, comme à 40° C, que les transitions de 75 et 125° C ne comportent pas de variations brusques de volume mais montrent un maximum accentué du coefficient de dilatation thermique.

La transformation polymorphique de 150° C se fait, par températures croissantes, avec une forte augmentation de volume.

Il y a aussi des indications d'une anomalie de dilatation vers 10° C, mais elle est proche de la limite de sensibilité des méthodes utilisées.

Les résultats relatifs aux transitions de 40, 75 et 125° C sont conformes à ceux qui ont été indiqués par Seki, Momotani et Chihara ([4]) sauf en ce qui concerne une autre anomalie de dilatation signalée par ces derniers à 32° C. A notre avis, cette anomalie n'existe pas mais, aux environs de cette température, le volume des cristaux commence à croître rapidement avant la transition de 40° C. D'ailleurs, il n'y a absolument aucun accident thermique aux environs de 32° C.

3. — L'oxyacétate de beryllium est une substance très peu conductrice de l'électricité. Nous n'avons pu mesurer sa conductivité qu'au-dessus de 120° C. Il ne peut donc être question de mettre en évidence les trois transitions de ce sel par des anomalies de conductivité électrique comme nous l'avons fait pour le nitrite et le nitrate de sodium par exemple ([5]). Mais la transformation polymorphique de 150° C apparaît très nettement sur la courbe $\text{Log}\,\sigma = f(1/\Theta)$, ($\sigma$, conductivité; Θ, température absolue) qui présente une légère discontinuité à la température de transformation et un changement de pente très net.

L'étude de la constante diélectrique aux différentes températures est en cours.

THERMODYNAMIQUE. — *A propos de la théorie thermodynamique générale de l'équation d'état.* Note (*) de M. **René Bergeon**, présentée par M. Eugène Darmois.

Dans un article récent ([1]) Foulkes établit la forme la plus générale des

([4]) *Nat.*, 163, 1949, p. 226.

([5]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 525.

(*) Séance du 24 mars 1952.

([1]) *Physica*, 17, 1951, p. 943-952.

équations d'état calorifique

(1) $$E = npv + g(p)$$

et thermique

(2) $$v = \frac{T}{p}\varphi\left(\frac{p}{T^{n+1}}\right) + h(p),$$

(g, h et φ sont des fonctions arbitraires de leur argument et n une constante), en se basant sur des relations purement thermodynamiques exprimant les conditions d'équilibre : énergie interne E minimum et entropie S maximum. Utilisant les multiplicateurs de Lagrange, il écrit les conditions d'extremum

(3) $$\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_S + \lambda_1\left(\frac{\partial E}{\partial T}\right)_S = 0,$$

(4) $$\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_E + \mu_1 T\lambda_1\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_E = 0.$$

De ces relations, on ne peut tirer rien de plus que

(5) $$\lambda_1 = \frac{1}{p} \quad \text{et} \quad \mu_1 = -1.$$

Puis il écrit, de la même façon

(6) $$\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_S + \lambda\left(\frac{\partial E}{\partial T}\right)_S = 0,$$

(7) $$\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_E + \mu T\lambda\left(\frac{\partial E}{\partial T}\right)_E = 0$$

relations analogues à (3) et (4). La température y figure toujours comme variable indépendante, mais c'est p cette fois qui sert de fonction devant varier simultanément avec E et S. Invoquant alors la généralité du raisonnement et l'analogie entre les deux systèmes (3-4) et (6-7), l'auteur fait de μ une constante comme l'était μ_1. Partant de cette hypothèse, on peut alors résoudre les équations aux dérivées partielles obtenues, aboutissant ainsi aux équations d'état (1) et (2), où la constante n est liée simplement à μ.

La forme d'équation d'état (2) conduit à un second coefficient du viriel de la forme

$$B(T) = bT^{-n} + b'$$

(b et b' sont des constantes) qui n'est conciliable avec les données expérimentales que dans une étendue très limitée de températures : ainsi aux températures élevées, un tel B(T) tendrait vers une valeur limite b', alors qu'en réalité, on sait que B(T) passe par un maximum.

Si maintenant l'on calcule λ et μ à l'aide des relations (6) et (7), on trouve que

(9) $$\lambda = \frac{C_p}{C_v}\frac{1}{p}\left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_T$$

et, en posant $1/(\mu+1) = n+1$,

$$n+1 = \frac{C_p}{p}\left(\frac{\partial T}{\partial v}\right)_p$$

J'ai calculé les valeurs de n pour un domaine étendu de densités et de températures dans le cas de l'azote, d'après les déterminations de Michels et de ses collaborateurs ([2]). Ces valeurs, consignées dans le tableau ci-dessous, montrent que n ne pourrait à la rigueur être admis constant que dans le cas des gaz peu

T°C. ρ (amagats)....	0.	40.	120.	400.	760.
—150..............	2,501	2,27	11,50	11,38	2,55
0...................	2,502	2,41	3,59	3,15	2,21
+150..............	2,526	2,41	2,41	2,59	1,83

imparfaits. Les plus gros écarts se manifestent au voisinage du point critique ($t_c = -147$ °C et $\rho_c = 249$ amagats) comme on devait s'y attendre.

S'il ne convient pas de prendre $\mu =$ const., c'est parce que la variable volume spécifique joue un rôle privilégié vis-à-vis de l'énergie interne lorsqu'on la considère comme potentiel thermodynamique; aussi ce qui était vrai pour le système (3-4) ne l'est plus pour (6-7); on a vu en effet qu'en remplaçant v par p, passant ainsi du premier système au second, les quantités λ et μ font intervenir des grandeurs d'état calorifiques (C_p et C_v). On aurait $\mu =$ const. si, tout en remplaçant v par p, on avait en même temps remplacé E par l'enthalpie H qui joue vis-à-vis de p un rôle analogue à celui que joue E vis-à-vis de v (dans ce cas $\lambda_2 = -1/v$; $\mu_2 = -1$).

La circonstance $\mu_1 =$ const. n'était donc que fortuite et il ne semble pas que la thermodynamique puisse à elle seule imposer à l'équation d'état des relations restrictives telles que (1) et (2).

OPTIQUE. — *Expériences et remarques sur la photophorèse.* Note (*) de M. **Ouang Te-Tchao**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une théorie récente, Pierre Tauzin a démontré que la photophorèse est un effet radiométrique ([1]). D'après lui, la photophorèse positive observée pour les particules fortement absorbantes est liée au fait que la face frappée par la lumière est la plus chaude. La photophorèse négative se produit avec les particules faiblement absorbantes. C'est le côté opposé à la lumière qui devient le plus chaud; par un mécanisme d'interférences, il se produit une sorte de « balayage » vers ce côté d'une grande partie de

---

([2]) A. Michels, R. J. Lunbeck et G. J. Wolkers, *Physica*, 17, 1951, p. 801-816.

(*) Séance du 31 mars 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 493.

l'amplitude diffusée par les divers points de la particule. Enfin, la théorie prévoit l'attraction, par la lumière, de plaques homogènes minces d'épaisseur convenable, fonction de leur absorption, phénomène signalé par moi-même ([2]).

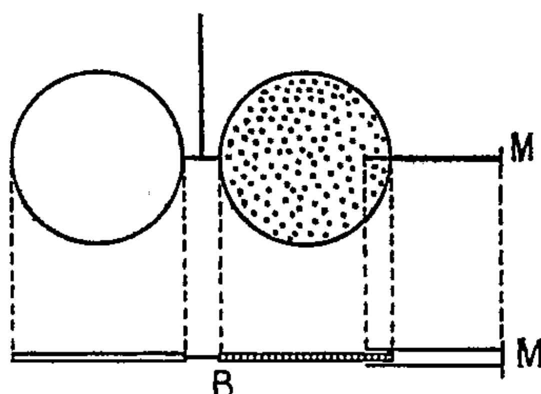
Étant donné que la question de l'origine de la force de photophorèse est encore controversée, il est essentiel de confronter cette théorie avec l'expérience. A cet effet, nous nous proposons de la vérifier en utilisant un appareil différentiel à pendule de torsion dont le détail est décrit dans une Note précédente ([2]).

Rappelons brièvement le dispositif de ce pendule. Il est composé d'une paire de palettes disposées symétriquement par rapport à l'axe de rotation. Chaque palette est constituée par deux disques identiques de mica, superposés l'un à l'autre. L'une des deux palettes est recouverte d'une couche de fumée constituant ainsi un sandwich mica-particules, tandis que l'autre est utilisée comme témoin. Dans le but de réduire les effets parasites au minimum, nous avons suspendu le pendule dans une enceinte où règne un vide poussé.

Des expériences antérieures effectuées par nous ont montré que, sous un vide de l'ordre de 5.10^{-6} mm de mercure, la palette en sandwich a toujours été attirée par la lumière.

S'agit-il encore d'un effet radiométrique comme prévoit la théorie ? Dans l'affirmative, il doit exister une différence de température entre les deux faces de la palette. Comme cette palette a dévié dans le sens opposé au faisceau lumineux, c'est que la face arrière est nécessairement la plus chaude.

Pour déceler la différence de température entre les deux faces, nous avons réalisé un dispositif sensible semblable à un dilatomètre de Chévenard en miniature.



Deux tiges de silice, de 28 μ de diamètre, 6,5 mm de longueur, sont collées sur les bords des deux faces de la palette et dans le prolongement de l'axe horizontal, comme le montre schématiquement la figure 1. A l'extré-

([2]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1518.

mité de ces deux tiges est fixé un petit miroir M qui est perpendiculaire à leur plan. Ce miroir, de 0,5 mm^2, est obtenu par l'évaporation d'Al sous vide, sur une lamelle de microscope. Le spot, donné par une lampe survoltée, est projeté sur une échelle à 1 m de distance. Les deux disques de mica étant fixés en B ne peuvent être dilatés librement que suivant le sens BM. Si les dilatations transmises aux deux tiges ne sont pas égales, le petit miroir M dévie.

Le pendule étant maintenu immobile dans l'enceinte, nous avons éclairé la palette dans les mêmes conditions que lors des expériences antérieures. *La déviation du spot montre nettement que la face avant est plus chaude que la face arrière.*

Les actions subies par la palette pourraient-elles être d'origine électrostatique ? La palette en mica étant un bon isolant et la métallisation étant exclue sous peine de modifier complètement la nature de l'expérience, il est nécessaire d'étudier la déviation du spot en fonction de la charge électrique apportée sur la palette. A cet effet, nous avons remplacé le support de suspension en métal par un support isolant en plexiglass. Le pendule, rendu conducteur par pulvérisation cathodique, est chargé par influence en étant relié à l'une des armatures d'un condensateur étalon, de 30 u. e. s., dont l'autre armature est reliée à un potentiomètre. Pour des charges croissantes jusqu'à la valeur de 0,5 u. e. s., le spot est resté parfaitement immobile.

D'après ces expériences, il semble que la force de photophorèse négative soit de nature différente de celle des forces radiométriques ou électrostatiques. La théorie proposée par Pierre Tauzin, interprétant la photophorèse négative par un mécanisme d'interférences, ne semble pas applicable dans notre cas. Si la lumière diffusée se trouve en majeure partie vers la face de sortie, cette face sera plus chaude. Or, l'expérience confirme le contraire.

OPTIQUE INSTRUMENTALE. — *Étude expérimentale de la variation de la limite de résolution en fonction de la cohérence de la lumière.* Note (*) de M. **Albert Arnulf**, Mlles **Odette Dupuy** et **Françoise Flamant**, présentée par M. Jean Cabannes.

Un travail théorique récent de Hopkins (1) a fourni l'expression de la variation de la limite de résolution du microscope, lorsqu'on fait varier la cohérence de l'éclairage. Nous nous sommes proposé d'étudier les conditions dans

(*) Séance du 24 mars 1952.

(1) *The Scientific Journal of the Royal College of Science*, 20; *Proc. Roy. Soc.*, A. 208, 1951, by H. H. Hopkins Ph. D.

lesquelles ses résultats sont valables, ou cessent d'être valables lorsque l'intervention des défauts optiques de l'œil devient prédominante.

Méthode utilisée et dispositif expérimental. — La limite de résolution est donnée par la formule classique,

$$T = \frac{K\lambda}{2n \sin u}, \tag{1}$$

K étant un facteur numérique dont Hopkins donne les valeurs en fonction de la cohérence, λ la longueur d'onde, $\sin u$ l'ouverture numérique.

Nous avons montré d'autre part ([2]) que, s étant la limite de résolution de l'œil, ω le diamètre de sa pupille d'entrée, égal au diamètre de l'anneau oculaire de l'instrument (optiquement parfait), la limite T est donnée par :

$$T = \frac{s\omega}{2n \sin u}. \tag{2}$$

Identifiant (1) et (2) on a immédiatement

$$K = \frac{s\omega}{\lambda}. \tag{3}$$

L'expression (3) nous permet donc la détermination expérimentale de K à partir de mesures effectuées par l'œil plus ou moins diaphragmé, sans instrument.

Le dispositif expérimental a été décrit précédemment ([3]). Le degré de cohérence est défini par le rapport S de la largeur de l'image géométrique de la source dans le plan de la pupille d'entrée de l'œil à la largeur de cette pupille.

S est lié au facteur de cohérence γ de Hopkins par la courbe du tableau ci-dessous :

S......	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,4	1,8
γ......	1	0,84	0,50	0,175	−0,035	−0,165	−0,185	−0,160

Résultats. — Nous avons montré ([3]), que l'aspect du phénomène de diffraction varie beaucoup avec l'inclinaison de l'éclairage. Il en est de même pour la limite de résolution que nous avons mesurée dans deux cas extrêmes.

1° Éclairage centré : le milieu de la frange centrale du système d'Young dû aux deux points passe par le centre de la pupille. Les mesures sont effectuées

---

([2]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 52; *La vision dans les instruments*, édit. *Rev. Optique*, 1937.

([3]) A. ARNULF, M[lles] O. DUPUY et F. FLAMANT, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1273.

à éclairement rétinien constant. On retrouve la courbe d'Hopkins, décalée d'une quantité constante.

2° Éclairage excentré : le milieu de la première frange sombre d'Young passe par le centre de la pupille.

Pour les cohérences faibles, $S > 1$, les limites sont identiques aux précédentes. Lorsque S décroît au-dessous de 1, la valeur de K décroît très rapidement, en même temps que l'image s'assombrit de plus en plus.

3° La limite de résolution varie d'une manière périodique entre ces deux valeurs extrêmes, lorsque l'inclinaison de l'éclairage varie d'une manière continue. La valeur de cette limite n'a pas de sens, si cette inclinaison n'est pas dcfinie avec précision.

4° Déjà pour un diamètre pupillaire de 1 mm, la courbe de K en éclairage centré est très différente de celle de Hopkins. Sensiblement constante pour $S > 0,5$, elle se relève brusquement quand S décroît au-dessous de cette valeur. En éclairage non centré la variation de la limite est analogue à celle obtenue pour les très petites pupilles.

5° Pour les pupilles naturelles (2 et 4 mm), la valeur de K est sensiblement constante en éclairage centré. En éclairage décentré il en est de même, sauf une chute rapide et peu importante lorsque $S < 0,2$.

6° Pour l'éclairage excentré, les fortes cohérences et les petites pupilles, il est tout à fait impossible de conserver constante l'intensité des images, qui devient extrêmement faible. Les valeurs indiquées sont en conséquence des limites supérieures de K.

Le tableau suivant permettra de comparer les valeurs expérimentales du coefficient K/2 en fonction du degré de cohérence S pour quatre diamètres pupillaires, en lumière centrée et excentrée, aux valeurs théoriques de Hopkins en lumière centrée.

	S.	0.	0,2.	0,4.	0,6.	0,8.	1,0.	1,4.	1,8.
Hopkins (centré)		0,82	0,80	0,75	0,70	0,65	0,61	0,57	0,605
$\omega = 0,16$ mm	centré	0,64	0,62	0,575	0,515	0,465	0,43	0,39	0,39
	excentré	0,10	0,10	0,115	0,14	0,17	0,32	0,39	0,39
$\omega = 1,0$ mm	centré	0,66	0,56	0,50	0,495	0,51	0,52	0,52	0,52
	excentré	0,13	0,13	0,15	0,31	0,50	0,52	0,52	0,52
$\omega = 2,0$ mm	centré	0,86	0,82	0,815	0,83	0,84	0,84	0,84	0,84
	excentré	0,82	0,83	0,88	0,865	0,85	0,84	0,84	0,84
$\omega = 4,0$ mm	centré	2,0	(valeur sensiblement constante pour toutes les valeurs de S)						
	excentré	1,7	1,94	2,0	ensuite valeur sensiblement constante				

MAGNÉTOOPTIQUE. — *Variation thermique du pouvoir rotatoire magnétique des mélanges d'azote et d'oxygène liquides.* Note (*) de M. **François Gaume**, présentée par M. Jean Cabannes.

On observe des écarts importants par rapport à la loi d'additivité. Le pouvoir rotatoire magnétique spécifique calculé de l'oxygène dilué est plus important et varie plus vite en fonction de la température que celui de l'oxygène pur, en accord avec les résultats relatifs à la susceptibilité magnétique et à l'effet Cotton-Mouton de l'oxygène.

Ces mesures font suite à celles que nous avons effectuées récemment à Bellevue sur l'effet Faraday de l'oxygène liquide [1] et de l'azote liquide [2]. La constante de Verdet, le pouvoir rotatoire magnétique spécifique et même la rotativité de l'oxygène liquide (substance paramagnétique) diminuent notablement lorsque la température augmente, alors que la rotativité reste à peu près indépendante de la température et de la densité pour une substance diamagnétique. D'autre part, plusieurs auteurs avaient montré que la biréfringence magnétique spécifique [3], [4] et la susceptibilité magnétique [5], [6] calculées de l'oxygène liquide augmentent, à température constante, lorsque l'oxygène est dilué dans un gaz liquéfié inerte et diamagnétique comme l'azote. Diverses interprétations de ces résultats avaient été proposées. Il paraissait donc intéressant, par comparaison, de mesurer la variation thermique de l'effet Faraday des mélanges d'azote et d'oxygène.

Le montage utilisé est le même que pour les mesures déjà mentionnées [1], [2]. Les mélanges de titres connus sont préparés à partir d'azote et d'oxygène chimiquement purs. La température dans le cryostat est connue à moins de 0,1° près, en utilisant un thermomètre à tension de vapeur d'azote pur.

Les résultats obtenus montrent des écarts très nets par rapport à la loi d'additivité :

1° Les rotations observées sont notablement plus grandes que les valeurs calculées à partir des pouvoirs rotatoires magnétiques spécifiques de l'azote et de l'oxygène, en appliquant la loi d'additivité.

2° Le pouvoir rotatoire magnétique spécifique calculé de l'oxygène dilué dans l'azote augmente lorsque le titre en oxygène diminue. Malgré l'augmentation de l'erreur relative possible sur cette quantité lorsque le titre tend vers

---

(*) Séance du 31 mars 1952.

[1] *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2304.

[2] *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1445.

[3] P. Laîné, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1218 et 1594.

[4] P. Laîné, *Act. Sc. Industr.*, n° 324, Hermann et Cie, Paris, 1936.

[5] Albert Perrier et Kamerlingh Onnes, *Comm. Leiden*, n° 139 *d*, 1914.

[6] Lewis, *J. Amer. Chem. Soc.*, 46, 1924, p. 2027.

zéro, il paraît possible de déterminer par extrapolation sa valeur approximative pour une dilution infinie.

3° La variation thermique du pouvoir rotatoire magnétique spécifique calculé de l'oxygène dilué dans l'azote devient plus rapide lorsque le titre en oxygène du mélange diminue.

Le tableau ci-dessous donne seulement quelques exemples, pris parmi les résultats obtenus pour divers mélanges et pour diverses températures exprimées en degrés K. Les densités sont calculées d'après les mesures de Mathias et Kamerlingh Onnes pour l'oxygène ([7]) et de Mathias, Kamerlingh Onnes et Crommelin ([8]) pour l'azote, en admettant, comme première approximation, que les mélanges d'azote et d'oxygène s'effectuent sans variation de volume. L'erreur possible est de l'ordre de deux ou trois unités du dernier chiffre significatif pour les valeurs de la constante de Verdet, mais la précision est sans doute moins bonne pour les autres quantités, en raison de l'hypothèse admise et des autres mesures qui interviennent.

Titre en oxygène du mélange (%).	Température (°K).	Constante de Verdet Λ du mélange (mn/gauss.cm).	Pouvoir rotatoire magnétique spécifique du mélange $[\Lambda] = \frac{\Lambda}{d}$.	Pouvoir rotatoire magnétique spécifique de l'oxygène dans le mélange.	Densité de l'oxygène dans le mélange.
100 (oxygène pur)	64	$10^{-2}.0,941$	$10^{-2}.0,741$	$10^{-2}.0,741$	1,268
	82	0,826	0,696	0,696	1,188
57,9	64	0,764	0,721	0,835	0,614
	82	0,667	0,683	0,768	0,566
40,9	64	0,682	0,686	0,863	0,407
	82	0,601	0,660	0,794	0,373
20,5	64	0,586	0,634	0,909	0,190
	82	0,522	0,618	0,820	0,173
16,5	64	0,566	0,620	0,909	0,151
7,9	64	0,524	0,591	0,92	0,070
	82	0,474	0,586	0,82	0,064
Valeurs limites correspondant à un titre infiniment faible en oxygène :					
0	64	0,487	0,563	0,93	0
	82	0,445	0,566	0,83	0

Cette augmentation du pouvoir rotatoire magnétique spécifique lorsque la densité de l'oxygène diminue à température constante (c'est-à-dire lorsque le champ moléculaire diminue) correspond tout à fait à ce qu'on observe dans des conditions analogues pour la biréfringence magnétique et pour la susceptibilité magnétique de l'oxygène.

([7]) *Comm. Leiden*, n° **117**, 1911.

([8]) *Comm. Leiden*, n° **145***c*, 1914.

PHYSIQUE MACROMOLÉCULAIRE. — *Sur l'action d'ondes transversales de fréquence ultra-sonique dans les solutions de hauts polymères rigides.* Note (*) de M. **Roger Cerf**, présentée par M. Gustave Ribaud.

J'ai montré récemment que l'on pouvait expliquer avec tous ses détails le comportement d'une solution de macromolécules flexibles dans un écoulement laminaire périodique de haute fréquence (mesures de viscosité à haute fréquence) en assimilant ces molécules à des sphères élastiques ([1]). Je me propose de calculer le comportement de solutions de particules rigides et de montrer tout l'intérêt qu'il y aurait à effectuer des mesures sur de telles solutions.

Les particules sont assimilées à des ellipsoïdes de révolution rigides, d'allongement p, entourés de solvant continu. Le calcul est une extension de celui qui fournit la viscosité intrinsèque statique $[\eta]_0$ (à fréquence nulle) d'une solution d'ellipsoïdes ([2]). La quantité $[\eta]$ se présente comme la somme d'un terme macroscopique (rotation des ellipsoïdes dans le champ hydrodynamique) et d'un terme Brownien (diffusion anisotrope des axes de révolution des ellipsoïdes). En champ périodique le deuxième terme présente un déphasage, et la viscosité de la solution à la fréquence ω est par conséquent une quantité complexe.

I. *Solutions monodispersées d'ellipsoïdes.* — La viscosité complexe de la solution étant mise sous la forme $\eta^* = \eta/(1+i\omega\tau)$, on a, η_0 étant la viscosité du solvant :

$$(1)\quad \begin{cases} [\eta]_{\text{réel}} = \dfrac{(\eta_{sp})_{\text{réel}}}{c} = \dfrac{\eta-\eta_0}{c\eta_0} = A + \dfrac{B}{1+\omega^2\theta^2}, \\ [\tau] = \dfrac{\tau}{c} = \dfrac{B\theta}{1+\omega^2\theta^2}. \end{cases}$$

A et B sont respectivement les composantes macroscopique et brownienne de la viscosité intrinsèque statique; c est la concentration en volume de la solution; $\theta = 1/6\,D$, D étant la constante de diffusion de rotation de l'ellipsoïde. Les expressions de A et B, qui sont connues pour p quelconque, sont particulièrement simples pour des ellipsoïdes de grand allongement ($p > 10$). On a dans ce cas :

$$(2)\quad \begin{cases} A = 1{,}6 + \dfrac{p^2}{15}\,\dfrac{1}{\operatorname{Log} 2p - \frac{3}{2}}, \\ B = \dfrac{p^2}{5}\,\dfrac{1}{\operatorname{Log} 2p - \frac{1}{2}}. \end{cases}$$

(*) Séance du 31 mars 1952.

([1]) R. Cerf, *Comptes rendus*, **223**, 1951, p. 1099; *J. Chem. Phys.*, à paraître.

([2]) W. Kuhn et H. Kuhn, *Helv. Chim. Acta*, 38, 1945, p. 97.

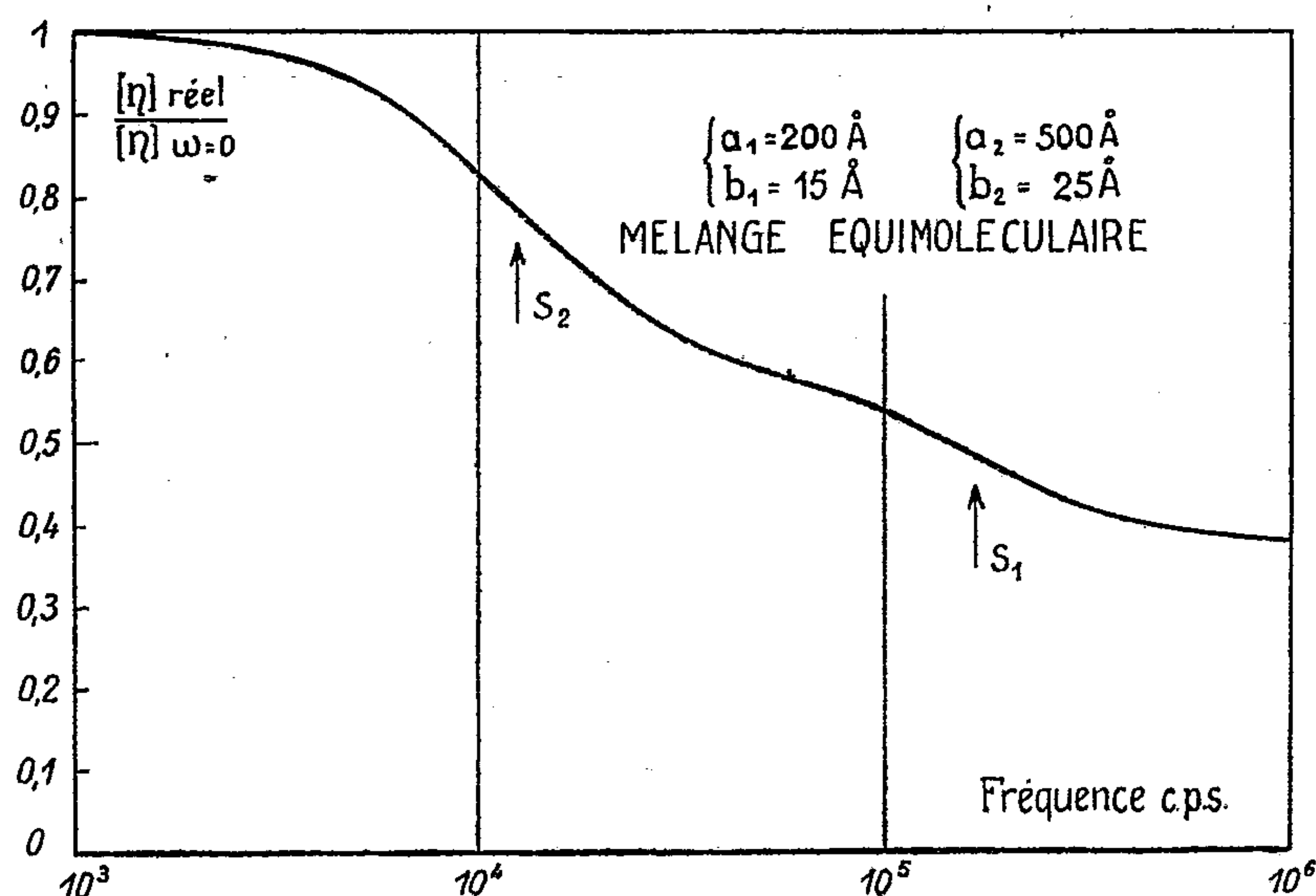
La viscosité intrinsèque réelle décroît de la valeur statique A + B pour $\omega = 0$ à la valeur A (terme macroscopique) pour ω infini.

La connaissance de la viscosité intrinsèque à fréquence zéro et à fréquence infinie fournit l'allongement p de la particule. La pente de la tangente d'inflexion de la courbe $\eta(\omega)$ fournit alors la constante de diffusion de rotation, donc le volume de la particule. Toutefois la technique du cristal de torsion, qui permet la mesure de la viscosité d'un liquide dans un écoulement périodique, n'est utilisable actuellement que dans le domaine de fréquence allant de 10^4 à 2.10^5 c/s. *L'utilisation simultanée des courbes* $\eta(\omega)$ *et* $\tau(\omega)$ *(pentes des tangentes d'inflexion) permet néanmoins la détermination de tous les éléments géométriques d'une grande variété de particules rigides.* Lorsque $\eta_0 = 0,01$, cela est possible pour des particules dont la longueur est comprise entre 150 et 500 Å.

2. *Solutions polydispersées.* — Pour un mélange de η composantes simples de concentrations partielles c_i, on a

$$(3)\qquad \left\{\begin{aligned} [\eta]_{\text{réel}} &= \sum_{i=1}^{n} c_i [\eta_i]_{\text{réel}}, \\ [\tau] &= \sum_{i=1}^{n} c_i [\tau_i]. \end{aligned}\right.$$

L'identification d'une composante simple dans un mélange est particulièrement aisée dans ce type de mesures, du fait que les courbes élémentaires $\eta(\omega)$ et $\tau(\omega)$



présentent une longue partie rectiligne (tangente d'inflexion), que les courbes élémentaires sont souvent nettement séparées et enfin que les formules (3) représentent de simples additions. La figure ci-dessus montre la courbe

théorique $\eta(\omega)$ pour un mélange équimoléculaire de deux composantes (les longueurs a et les largeurs b des particules sont portées sur la figure). Les pentes des sections S_1 et S_2 de la courbe sont en relation simple avec les constantes de diffusion de rotation des composantes 1 et 2.

Ayant mesuré la viscosité intrinsèque à fréquence zéro d'un mélange de deux composantes 1 et 2, il suffit de connaître les pentes des sections S_1 et S_2 des courbes $\eta(\omega)$ et $\tau(\omega)$ du mélange pour pouvoir déterminer toutes les caractéristiques géométriques des composantes 1 et 2 ainsi que leurs concentrations respectives. Il n'existe à l'heure actuelle aucune autre technique en Physique macromoléculaire qui permette une telle analyse de mélanges.

RAYONS COSMIQUES. — *Sur la variation galactique des rayons cosmiques.* Note (*) de Mme **Alice Daudin** et M. **Jean Daudin**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Avec G. Rochet et G. Carmouze nous avons continué depuis trois ans à enregistrer les gerbes d'Auger sur 5 m (2 bancs de 2 300 cm^2) et sur 80 m (un troisième identique). La moitié des gerbes fait un angle inférieur à 18° avec la verticale; l'appareil vise donc pratiquement au zénith. En 1951 nous avons pu observer pendant 262 jours répartis sur toute l'année malgré les conditions du Pic et la radioactivité hivernale et obtenir 10^6 coïncidences sur 80 m.

La dérive de l'heure sidérale amortit sur une année les variations atmosphériques et les corrections mineures (tension des compteurs, pendule) que nous avons pourtant étudiées et qui ne dépassent pas $5^0/_{000}$. 3 heures par jour sont perdues pour les contrôles, les pannes : aux heures manquantes ont été attribuées la valeur moyenne de la journée ce qui affaiblit toute variation.

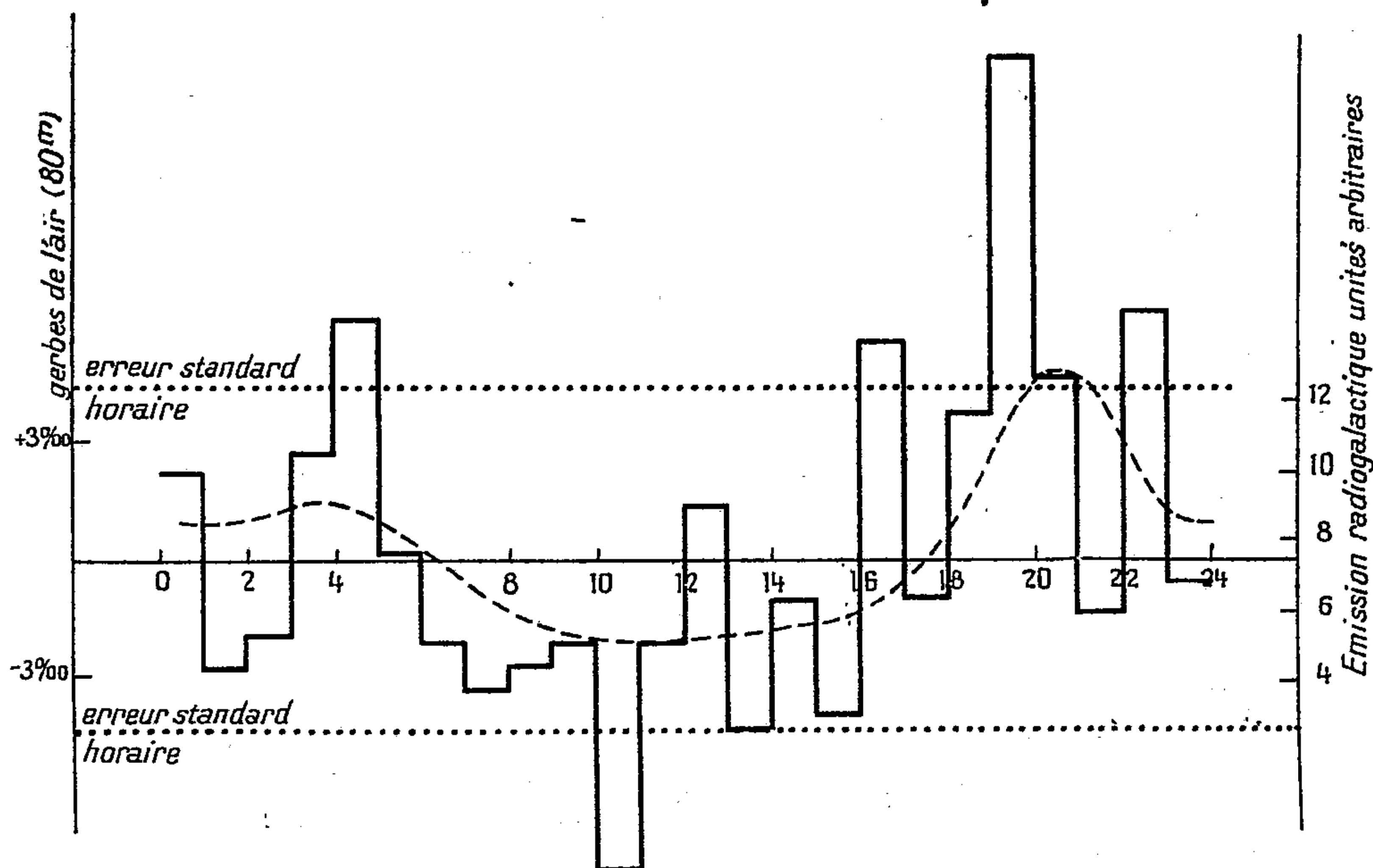
Durant le jour solaire, les gerbes d'Auger sont en opposition de phase parfaite avec la pression. Un coefficient barométrique normal de —10 % : cm de Hg rend compte des amplitudes à une approximation assez bonne $1^0/_{00}$, le facteur atmosphérique essentiel est donc la pression. Les ondes diurne et semi-diurne sont de 2 à 3 $^0/_{00}$.

Si l'on groupe les valeurs horaires suivant le temps sidéral, l'onde sur 5 m n'est pas significative, mais sur 80 m l'analyse de Fourier donne $3{,}9 \pm 13^0/_{00}$ avec maximum à 22 h (où le Cygne passe au zénith). La figure 1 permet de comparer avec la variation des bruits galactiques dans un demi-angle au zénith de 20° (Denisse) (1). La variation barométrique diurne n'est pas entièrement compensée en heures sidérales : il subsiste un résidu

(*) Séance du 24 mars 1952.

(1) Un enregistrement réalisé à Marcoussis, de M. Blum, donne les mêmes résultats.

de 0,07 mm avec minimum à 0 h 30. Si cette variation barométrique pseudosidérale est bien le principal effet atmosphérique, elle ne rend compte que de 0,7 ‰ contre 3,9 ‰ observés.



Variation des gerbes de l'air (80 m) suivant le temps sidéral. Courbe : variation du rayonnement radiogalactique suivant le temps sidéral.

Discussion. — Les gerbes d'Auger (80 m) semblent varier en temps sidéral plus qu'en temps solaire. Les autres auteurs ont étudié généralement le rayonnement global très sensible à bien d'autres facteurs « solaires » que la pression : leurs variations sidérales sont généralement (sauf chez Dupérier) très inférieures aux variations atmosphériques dont elles pourraient être un résidu.

Dolbear et Elliot trouvent le maximum vers 5 h (le Crabe) mais pour des appareils visant dans le plan équatorial terreste ([2]). Pour Cheltenham à une latitude voisine de celle du Pic, l'onde sidérale a également son maximum à 21 h. Cocconi a récemment prouvé que la variation sidérale des rayons de 10^{12} eV était inférieure à 3 % ([3]). Nos résultats ne sont en désaccord qu'avec ceux de Sekido et alias ([4]) (contredits par Cocconi) et avec ceux de Dupérier ([5]) pour l'amplitude mais non pour la phase.

([2]) Dolbear et Elliott, *Progress in Cosmic Rays*, Manchester, 1951.

([3]) Cocconi, *Phys. Rev.*, 83, 1951, p. 1193.

([4]) Sekido et alias, *Phys. Rev.*, 83, 1951, p. 658.

([5]) *Nature*, 156, 1946, p. 196.

Conclusion. — Les gerbes de 80 m dont l'énergie actuelle est supérieure de 5.10^{12} eV ont des primaires de $\sim 10^{15}$ eV dont l'anisotropie galactique est inférieure à 1 %. Mais si l'amplitude est inférieure à celle observée par nous en été 1948 ([6]), il reste, bien que l'onde de Fourier de $3{,}2 \pm 1{,}3$ ‰ soit légèrement inférieure à trois fois l'erreur probable (critérium classique), que la similitude assez détaillée avec l'onde des bruits galactiques suggère une variation sidérale pour les primaires les plus énergiques dont l'origine serait donc galactique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Dispositif expérimental permettant d'étudier la décharge d'anions électrolytiques par des ions gazeux.* Note (*) de MM. **Charles Eyraud** et **Pierre Gilly**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Depuis longtemps, les électrochimistes ont songé à remplacer, dans l'électrolyse de solutions aqueuses, l'une ou l'autre des deux électrodes métalliques par un gaz ionisé.

Cette substitution a permis récemment à M. P. Jolibois et ses collaborateurs ([1]), de jeter un jour nouveau sur le processus de décharge des ions solvatés. La même méthode s'est, jusqu'à présent, heurtée à de grosses difficultés dans ses efforts pour élucider les mécanismes d'oxydation se produisant aux électrodes gazeuses fonctionnant en anodes.

Le dispositif expérimental faisant l'objet de la présente Note permet de surmonter les difficultés rencontrées par nos prédécesseurs. La cellule électrolytique est reproduite sur la figure 1 et le circuit électrique schématisé par la figure 2. Une paroi de verre fritté sépare le compartiment cathodique C, dans lequel plonge une électrode en platine E, du compartiment anodique C'. Entre une plaque P et une grille G jouant le rôle de cathode, un générateur de courant continu à haute tension entretient une décharge de faible intensité (8 mA environ). Une partie seulement des ions positifs créés par cette décharge atteint, par diffusion depuis la région cathodique, la surface de l'électrolyte. Le courant des ions gazeux positifs qui viennent ainsi se décharger à l'interface gaz-liquide, et des électrons qui peuvent s'en échapper, est réglé par la valeur de la résistance *r* placée en série avec l'appareil indicateur du courant d'électrolyse fixé à environ 1 mA.

([6]) Auger, Daudin et Denisse, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1116 et *J. Phys. Rad.*, 10, 1949, p. 394.

(*) Séance du 31 mars 1952.

([1]) Jolibois, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1469; *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1938, p. 1245; *Helv. Chem. Acta.*, 23, 1940, p. 405; Jolibois et De Beco, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1496.

La chute de potentiel aux bornes de la résistance r étant, dans ce cas, sensiblement égale à la chute cathodique normale localisée maintenant à la grille G, le champ électrique au-dessus du liquide reste faible. Par cet artifice, on réalise une interface liquide-gaz équipotentielle, alors que

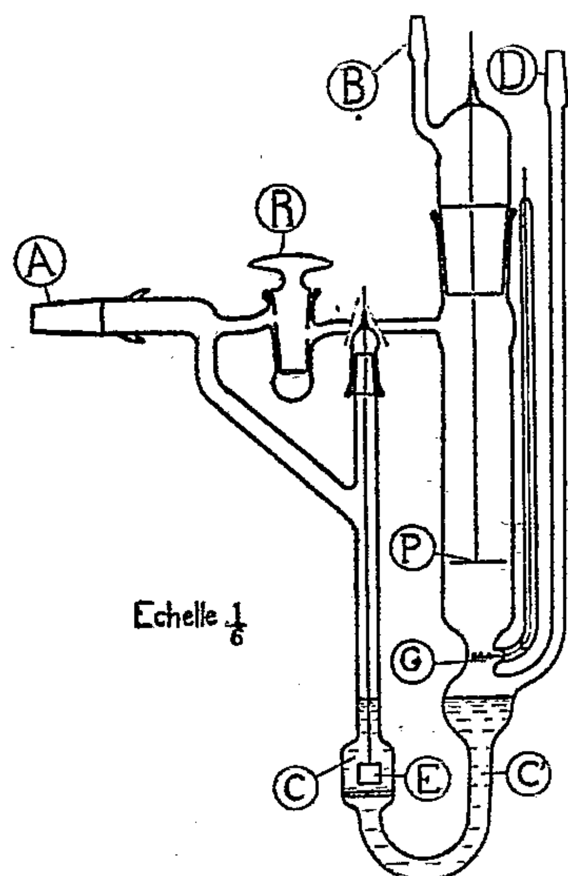


Fig. 1.

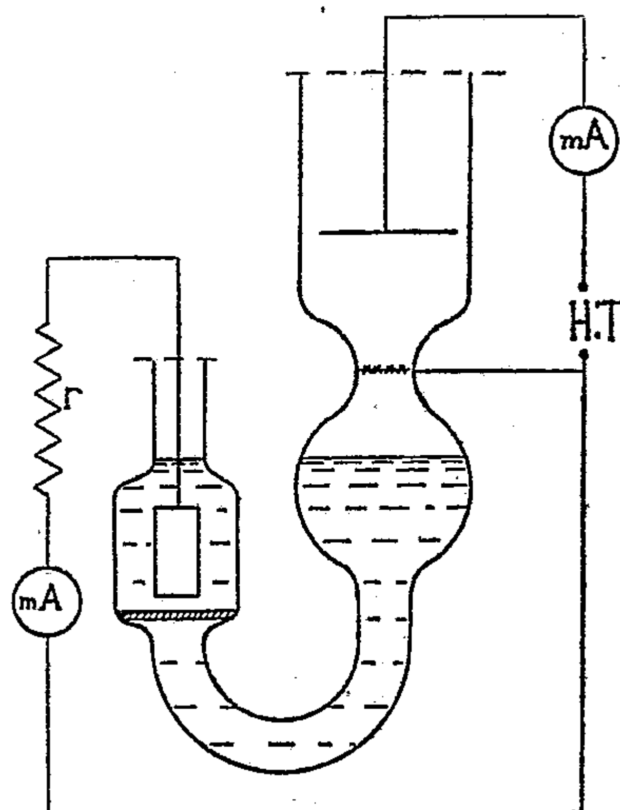


Fig. 2.

lorsque l'on utilise directement l'électrolyte comme cathode d'un arc ou d'une étincelle, l'interface n'est plus équipotentielle, ce qui pourrait entraîner les inconvénients suivants : En raison de la forte densité de courant, associée au champ local très intense dans une tache cathodique contiguë à l'électrolyte, le liquide émet des électrons et reçoit des ions positifs dans cette région alors que, dans une zone voisine, il peut recevoir des électrons. La phase gazeuse jouerait ainsi à la fois le rôle de cathode et d'anode suivant la région considérée de l'interface gaz-liquide et le courant mesuré dans le circuit extérieur ne représenterait plus alors qu'une fraction du courant d'électrolyse.

Par les précautions que nous avons prises la surface du liquide est certainement équipotentielle et, d'autre part, l'échauffement de la masse du liquide et surtout de sa surface est absolument négligeable. Il est, en outre, possible de connaître la part qui revient à la phase liquide et à la phase gazeuse dans l'élaboration des produits trouvés à l'analyse. Il suffit, en effet, de réaliser deux essais successifs dans les mêmes conditions en supprimant, dans un cas, le courant d'électrolyse. La phase gazeuse contiguë à l'électrolyte n'étant jamais, dans notre dispositif, une zone à haute réactivité chimique comme c'est le cas pour une région de chute cathodique, sa participation à des phénomènes chimiques est certainement

négligeable. Un courant de gaz pur circulant de B en D sous pression réduite (0,7 mm environ) balaie le tube à décharge et la surface du liquide à un débit de quelques centaines de litres à l'heure, éliminant ainsi, de façon continue, les produits gazeux formés. Le compartiment cathodique C est réuni en A à une réserve de vide qui évite, lorsque le robinet R est fermé, tout effet important sur le niveau du liquide dans les deux branches du siphon quand l'hydrogène se dégage.

Nos premiers essais ont porté, comme ceux de Haber (²) et Klemenc (³), sur une solution d'acide sulfurique. Nous avons choisi le mélange eutectique à 38 % d'acide, qui permet de refroidir l'enceinte réactionnelle par immersion dans un cryostat à — 68 ± 0,5° C. La pression partielle de la vapeur d'eau est alors pratiquement négligeable.

Ce dispositif expérimental permet, après fonctionnement de 1 à 2 h, de doser la quantité d'oxygène peroxydique formé et, éventuellement, d'autres produits de réaction.

CHIMIE PHYSIQUE MACROMOLÉCULAIRE. — *Sur le polyamide formé par polycondensation de l'acide octodécane diol-*9.10 *dioïque et de l'hexane diamine-*1.6. Note (*) de MM. **Kanji G. Ashar** et **Georges Champetier**, présentée par M. Louis Hackspill.

La variation de la viscosité intrinsèque du polyamide formé par polycondensation de l'acide octodécane diol-9.10 dioïque (acide phloïonique et de l'hexane diamine-1.6, en fonction de la durée de la polycondensation à 200°, met en évidence l'existence d'une réaction secondaire due à la formation de ponts entre les chaînes du polyamide. Le changement d'allure de la courbe permet de déceler le début de la formation de ces liaisons intermacromoléculaires.

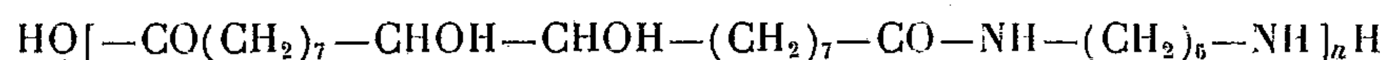
Par chauffage prolongé, certains polyamides hydroxylés se comportent comme des substances thermodurcissables (¹). La présente Note a pour objet d'étudier la polycondensation de l'acide octodécane diol-9.10 dioïque (acide phloïonique) et de l'hexane diamine-1.6 qui est susceptible de donner lieu au même phénomène.

Le sel d'ammonium de l'acide phloïonique et de l'hexane diamine-1,6 (F 189-191°) a été obtenu en mélangeant, à chaud, des quantités équimoléculaires de ces deux corps dissous dans le méthanol. La polycondensation est ensuite réalisée sous la pression atmosphérique et en atmosphère d'azote en chauffant tout d'abord ce sel à 213-216° C pour le fondre rapidement, puis

(²) Haber et Klemenc, *Z. Elektrochem.*, 20, 1914, p. 485.
(³) Klemenc et Kantor, *Z. Physik. Chem.*, (B), 27, 1934, p. 359.

(*) Séance du 31 mars 1952.
(¹) G. Beauvalet, *Ann. chim.*, 5, 1950, p. 513.

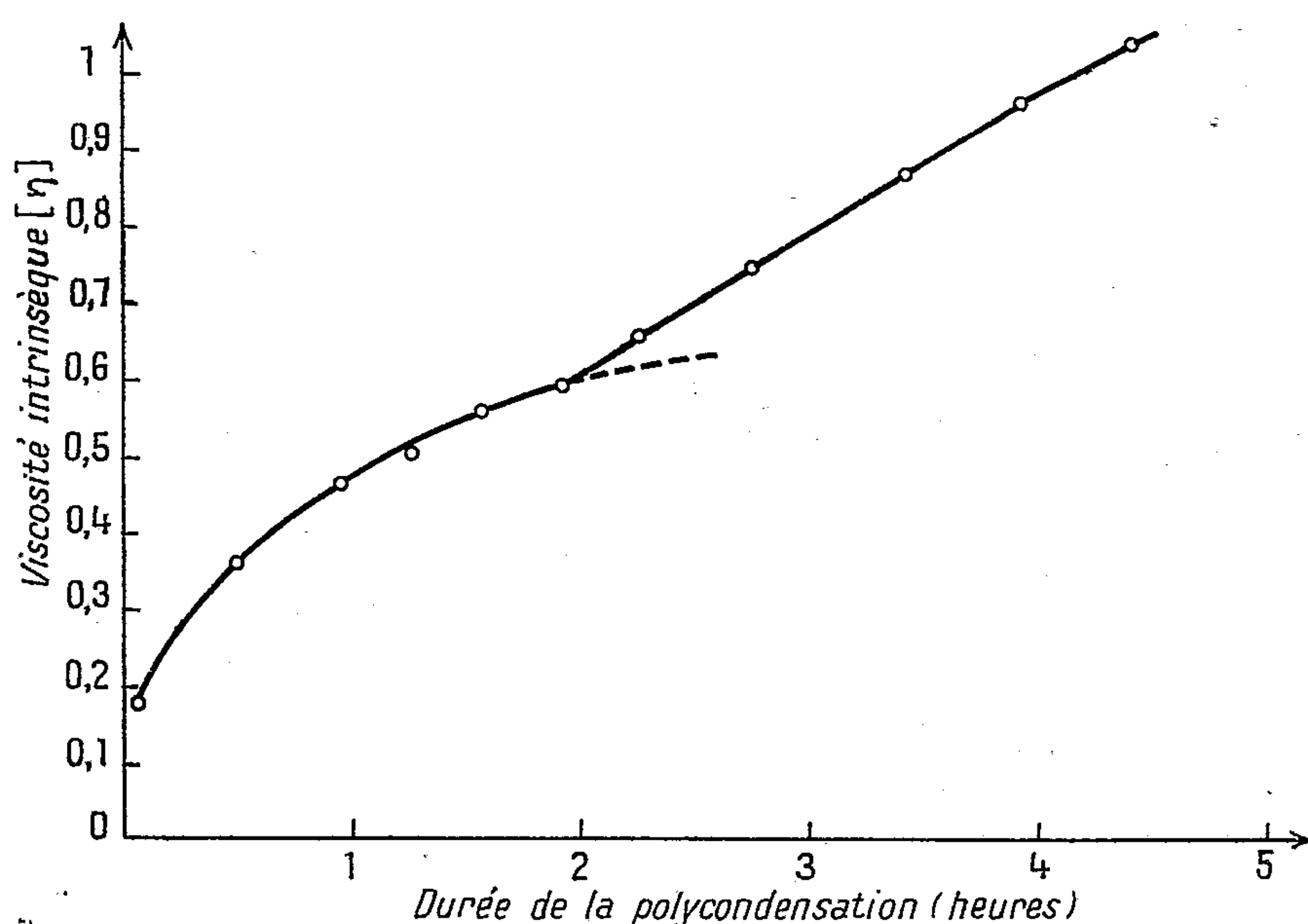
en maintenant la température à 200° ± 2° C en agitant mécaniquement tant que la fluidité du produit formé le permet. La réaction de polycondensation s'amorce dès le début de la fusion et s'accompagne d'un dégagement d'eau qui diminue progressivement au cours du temps. La viscosité du milieu réactionnel s'accroît rapidement par suite de la formation des macromolécules du polyamide du type



$$HO[-CO(CH_2)_7-CHOH-CHOH-(CH_2)_7-CO-NH-(CH_2)_6-NH]_nH$$

et le produit commence à se prendre en masse après 3 h de chauffage.

Des prélèvements, dont on a déterminé le point de fusion et mesuré la viscosité intrinsèque, ont été effectués à divers intervalles de temps au cours de la réaction.



Le point de fusion, après s'être abaissé de 189 à 162° pendant le temps nécessaire à la fusion de la masse, se relève ensuite lentement et prend peu à peu le caractère d'un point de ramollissement, qui se situe aux environs de 172-174° après 5 h de polycondensation, puis la masse devient progressivement infusible en une vingtaine d'heures.

Les mesures de viscosité intrinsèque ont été effectuées à la température de 29°, 79 ± 0,01, sur le polyamide dissous dans le métacrésol. L'augmentation de la viscosité intrinsèque, corrélative à l'accroissement de la masse moléculaire, est d'abord rapide, puis se ralentit progressivement durant les deux premières heures de polycondensation. A ce moment, la courbe représentant la variation de la viscosité en fonction du temps se relève nettement, au lieu de tendre vers une limite comme cela a lieu avec les polyamides normaux.

L'augmentation de viscosité intrinsèque se poursuit à une allure régulière jusqu'à l'apparition d'un « point de gel ».

Ce changement d'allure de la courbe conduit à admettre l'existence d'une réaction secondaire qui n'existe pas avec les polyamides normaux et que l'on peut attribuer à la formation de ponts intermoléculaires provoquant un accroissement rapide de la masse moléculaire du polyamide et son thermodurcissement.

Si l'on considère, d'autre part, que le point de fusion d'un polyamide formé par polycondensation d'un ω-diacide en C_{18} et de l'hexane diamine-1,6 devrait se situer aux environs de 177°, d'après l'indice de liaison hydrogène de ce corps ([2]), et que le point de fusion du polyamide dihydroxylé préparé avec l'acide phloïonique et la même diamine devrait être de l'ordre de 200° en tenant compte des interactions hydrogène supplémentaires dues aux hydroxyles ([1]), on peut conclure que la formation d'un produit thermodurcissable est vraisemblablement due à une réaction secondaire mettant en jeu les hydroxyles présents sur les chaînes polyamidiques formées dans le premier stade de la polycondensation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de la dinitro 2.4 phénylhydrazine sur les alcools tertiaires α-acétyléniques*. Note (*) de MM. **René Heilmann** et **René Glénat**, présentée par M. Marcel Délépine.

Au cours d'une précédente étude sur des alcools tertiaires α-acétyléniques vrais ([1]), nous avions constaté que ceux-ci étaient susceptibles de réagir sur la D. H. (dinitro-2.4 phénylhydrazine) en donnant des composés cristallisés que nous nous sommes proposé d'identifier.

Certes, la D. H. agissant sur des carbinols β-γ-acétyléniques dérivant d'aldéhydes et de cétones aromatiques, fournit les D. N. P. H. (dinitro-2.4 phénylhydrazones) des cétones non saturées provenant du « réarrangement » de l'alcool traité (Meyer-Schuster, Rupe) mais, dans le cas des carbinols du même type purement aliphatiques, rien de semblable ne paraît avoir été constaté, même à chaud ([2]).

Tout récemment, Braude et Forbes ([3]) ont étudié l'action du réactif de Brady sur les alcools primaires ou secondaires contenant soit une ou plusieurs liaisons éthyléniques, soit un radical phényle conjugués avec la fonction alcool. Les composés obtenus, avec de faibles rendements, sont les D. N. P. H. des aldéhydes ou cétones provenant d'une oxydation des alcools traités, oxydation qui peut être comparée à la formation des osazones à partir des α-cétols.

([2]) G. Champetier et R. Aélion, *Bull. Soc. Chim.*, 15, 1948, p. 683.

(*) Séance du 24 mars 1952.

([1]) R. Heilmann, R. Glénat, G. de Gaudemaris, *Bull. Soc. Chim.* (sous presse).

([2]) Henbest, Jones, Walls, *J. Chem. Soc.*, 1949, p. 2696.

([3]) *J. Chem. Soc.*, 1951, p. 1762.

Les alcools tertiaires α-acétyléniques vrais dont nous avons étudié le comportement, ont été préparés à partir de cétones saturées aliphatiques ou cyclaniques ([4]). L'on peut envisager l'action de la D. H. sur ces alcools comme une réaction de « déshydratation-hydratation » due à l'acide sulfurique présent dans le réactif usuellement employé. Après plusieurs essais sur le méthyl-éthyl-éthynyl-carbinol, essais où seule variait la quantité d'acide, nous avons été amenés à utiliser un réactif ainsi préparé : 2 g de D. H. étant dissous dans 20 cm^3 d'acide sulfurique, on ajoute 25 cm^3 d'eau en refroidissant puis 50 cm^3 d'éthanol.

Les dialcoyl-éthynyl-carbinols en question (0,02 mol environ) ont été traités (1 h 30 à 6 h) par ce réactif. Les rendements observés sont inversement proportionnels à l'importance des radicaux alcoyles.

Les dérivés cristallisés obtenus (numérotés en chiffres romains) ont été identifiés, comme étant les D. N. P. H. des cétones α-β-éthyléniques correspondant à la transposition envisagée, par comparaison (points de fusion des mélanges, étude spectrophotométrique) avec les mêmes dérivés A, B, C, D, etc.) des cétones authentiques préparées spécialement à cet effet ([4]).

Le même réactif a été utilisé dans les deux cas et dans des conditions identiques; les recristallisations ont été effectuées dans un mélange acétate d'éthyle méthanol (1/1) sauf indications contraires.

Un spectrophotomètre Beckman, modèle D. U. a été utilisé pour mesurer l'absorption (longueur d'onde maximum : λ mμ et extinction moléculaire : $\varepsilon.10^{-2}$) des dérivés en solution à 5.10^{-3} g:l. dans l'éthanol pur.

MÉTHYL-ÉTHYL-ÉTHYNYL-CARBINOL : $CH_3CH_2C(OH)(CH_3){-}C{\equiv}CH.(C_6H_{10}O)$. — Dérivé (I) : Rdt 70 % ; fins cristaux rouges F 194° (cor. 198°,5); λ_{max} 377 mμ; $\varepsilon.10^{-2}$: 260.

Méthyl-3 pentène-3 one-2 : $CH_3CH=C(CH_3){-}CO{-}CH_3.(C_6H_{10}O)$. — D. N. P. H. (A) : même apparence que (I) F 194° (cor. 198°,5); λ_{max} 377 mμ; $\varepsilon.10^{-2}$: 260. *Mélange de* (I) *et* (A) : F 194°.

DIÉTHYL-ÉTHYNYL-CARBINOL : $(C_2H_5)_2C(OH){-}C{\equiv}CH.(C_7H_{12}O)$. — Dérivé (II) : Rdt 50 % ; longues aiguilles soyeuses jaune orangé F 154° (cor. 157°); λ_{max} 377 mμ; $\varepsilon.10^{-2}$: 260.

Éthyl-3 pentène-3 one-2 : $CH_3{-}CH{=}C(C_2H_5){-}CO{-}CH_3.(C_7H_{12}O)$. — Stéréoisomère régénéré de la semicarbazone fondant à 201° ([5]) D.N.P.H. (B) : d'aspect identique à (II) F 154° (cor. 157°); λ_{max} 377 mμ; $\varepsilon.10^{-2}$: 265. *Mélange de* (II) *et* (B) : F 154°.

MÉTHYL-ISOBUTYL-ÉTHYNYL-CARBINOL : $(CH_3)_2CHCH_2C(OH)(CH_3){-}C{\equiv}CH$.

([4]) Des détails expérimentaux complémentaires seront donnés dans un article ultérieur (*Bull. Soc. Chim.*).

([5]) LOCQUIN et HEILMANN, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 105. HEILMANN, *Thèse*, Lyon, 1928.

($C_8H_{14}O$). — Dérivé (III) : Rdt 50 % ; cristaux feutrés rouge brique F 158° (cor. 161°); λ_{max} 377 mμ; ε.10⁻² : 270.

Diméthyl-3-5 hexène-3 one-2 : $(CH_3)_2CHCH=C(CH_3)-CO-CH_3.(C_8H_{14}O)$. — D. N. P. H. (C) : même aspect que (III) F 158° (cor. 161°); λ_{max} 377 mμ; ε.10⁻² : 265. *Mélange de* (III) *et* (C) : F 158°.

Éthynyl-1 cyclohexanol : $C_5H_{10}>C(OH)C\equiv CH.(C_8H_{12}O)$. — Dérivé (IV) : Rdt 30 % ; longues aiguilles jaune orangé recristallisées dans l'acétate d'éthyle F 199° (cor. 204°); λ_{max} 377 mμ; ε.10⁻² : 260.

Δ-1 acétylcyclohexène : $C_5H_9>C-CO-CH_3.(C_8H_{12}O)$. — D. N. P. H. (D) d'aspect semblable à (IV) F 199° (cor. 204°); λ_{max} 377 mμ; ε.10⁻² : 260. *Mélange de* (IV) *et* (D) : F 193° (selon Braude et Jones [6] : F 207°; λ_{max} 377 mμ; ε.10⁻² : 240).

Méthyl n-héxyl-éthyl-carbinol : $CH_3(CH_2)_5C(OH)(CH_3)-C\equiv CH.(C_{10}H_{18}O)$. — Dérivé (V) : Rdt 20 % ; longues aiguilles jaune orangé recristallisées dans l'éthanol pur F 94°; λ_{max} 377 mμ; ε.10⁻² : 270.

Méthyl-3 nonène-3 one-2 : $CH_3(CH_2)_4CH=C(CH_3)-CO-CH_3.(C_{10}H_{18}O)$ [4]. — Cétone non décrite dans la bibliographie à notre connaissance. n_D^{20} 1,4582; d_4^{20} 0,855; R. M. calculé 47,9; trouvé 48,7; semicarbazone F 149° (non cor.) D. N. P. H. (E) d'apparence identique à (V) F. 94°; λ_{max} 377 mμ; ε.10⁻² : 270. *Mélange de* (V) *et* (E) : F 94°.

En conclusion, la réaction à la D. H. pourrait être un moyen commode d'identification des alcools étudiés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Déshydrogénation de quelques composés indoliques polycycliques*. Note de M. **Jean Le Men**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les alcaloïdes suivants (formule I) ont été soumis à la déshydrogénation au moyen du charbon palladié :

Yohimbine (ou québrachine)	: F 234°; $[\alpha]_D = +$ 54°	(alcool)
α-Yohimbine (ou corynanthidine)	: F 244°; $[\alpha]_D = -$ 28°	(alcool)
ψ-Yohimbine	: F 293°; $[\alpha]_D = +$ 27°	(pyridine)
Alloyohimbine	: F 104°; $[\alpha]_D = -$ 80°	(pyridine)
Corynanthine	: F 232°; $[\alpha]_D = -$ 125°	(alcool)

Toutes ces substances ont donné lieu à la formation de yobyrine ($C_{19}H_{16}N_2$) (VI).

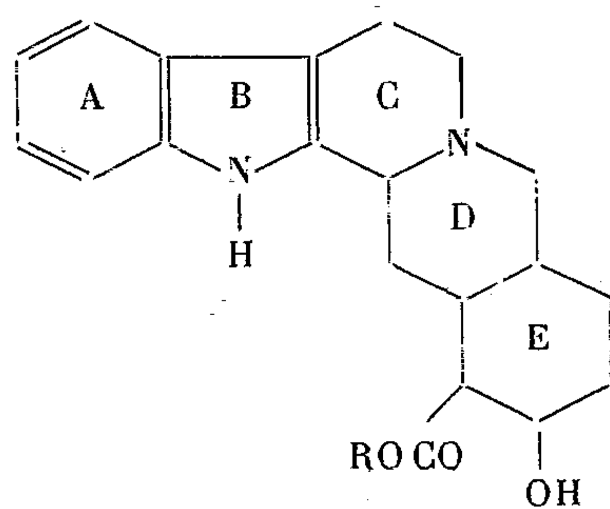
Pour les quatre premiers alcaloïdes, le rendement est voisin de 50 % et aucun autre produit défini n'a pu être identifié dans le mélange réactionnel.

Dans le cas de la corynanthine, par contre, il a été possible d'isoler, à côté de la yobirine (rendement 20 %), un autre composé d'abord séparé sous forme

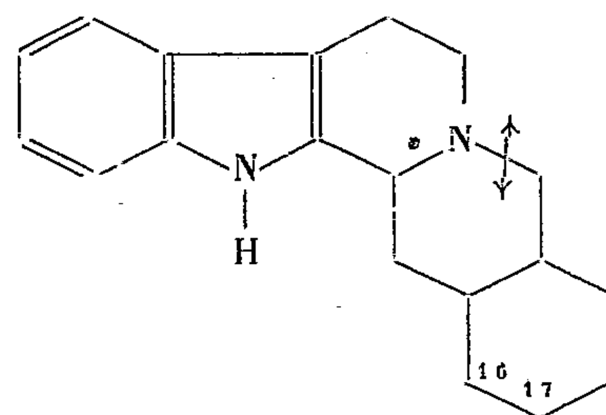
---

(6) Braude et Jones, *J. Chem. Soc.*, 1945, p. 498.

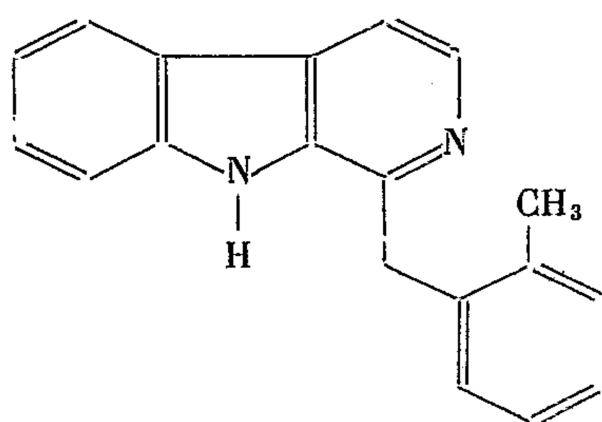
de picrate F 235°, de formule $C_{26}H_{21}O_7N_5$; (tr. : C 60,8 %; H 4,3 %; N 13,7 %; calc. : C 60,58 %; H 4,11 %; N 13,59 %) dont la base correspondante a été cristallisée dans l'éther de pétrole F 98°; $C_{20}H_{18}N_2$ (tr. : C 84,2 %; H 6,2 %; N 10,0 %; calc. : C 83,88 %; H 6,34 %; N 9,78 %) et le chlorhydrate dans l'alcool F 205°; $C_{20}H_{18}N_2HCl$ (tr. : C 74,1 %; H 6,1 %; Cl 10,7 %; calc : C 74,40 %; H 5,93 %; Cl 10,98 %.



(I) R = CH_3, (II) R = H, (III) R = C_2H_5



(IV), (V) Δ_{16-17}



(VI)

Cette base nouvelle, pour laquelle nous proposons le nom de *Homoyobyrine*, omporte un seul atome de carbone de moins que la corynanthine de départ. Elle apparaît, du point de vue formule brute, comme un homologue supérieur de la yobyrine. La fluorescence bleue intense de ses solutions, la couleur jaune pâle de son chlorhydrate et son spectre ultraviolet, pratiquement superposable à celui de la yobyrine, semblent indiquer qu'il s'agit bien d'un dérivé de l'harmane.

Homoyobyrine.

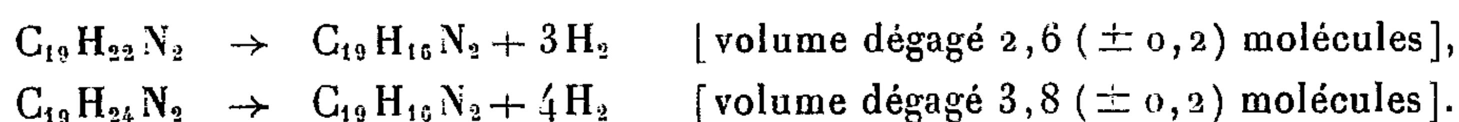
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
λ mμ....	224	238	275	290	303	346	352	360
log......	4,36	4,52	3,88	4,18	2,77	3,72	3,67	3,75

Yobyrine.

	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
λ mμ....	221	236	271	290	302	338	346	351
log ε.....	4,33	4,55	3,74	4,26	2,95	3,70	3,65	3,70

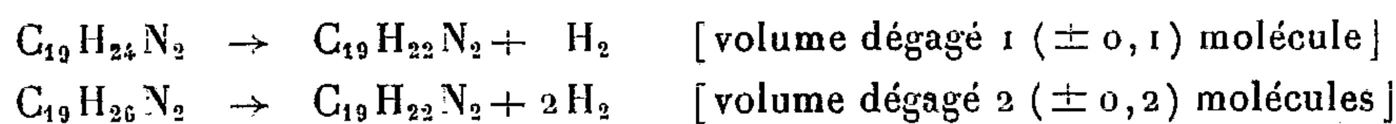
La déshydrogénation catalytique par le charbon palladié des acides yohimbique et corynanthique, formule (II) et de leurs esters éthyliques, formule (III); la yohimbéthyline et la corynanthéthyline ([1]), a conduit dans tous les cas à la seule yobyrine (VI) avec des rendements voisins de 50 %. Les dérivés de la corynanthine ne se sont pas, cette fois, singularisés de leurs isomères yohimbiques.

Par déshydrogénation catalytique l'apocorynanthol (V) et le désoxycorynanthol (ou yohimbane) (IV) ([1]) ont engendré quantitativement la yobyrine (VI) suivant les équations respectives.

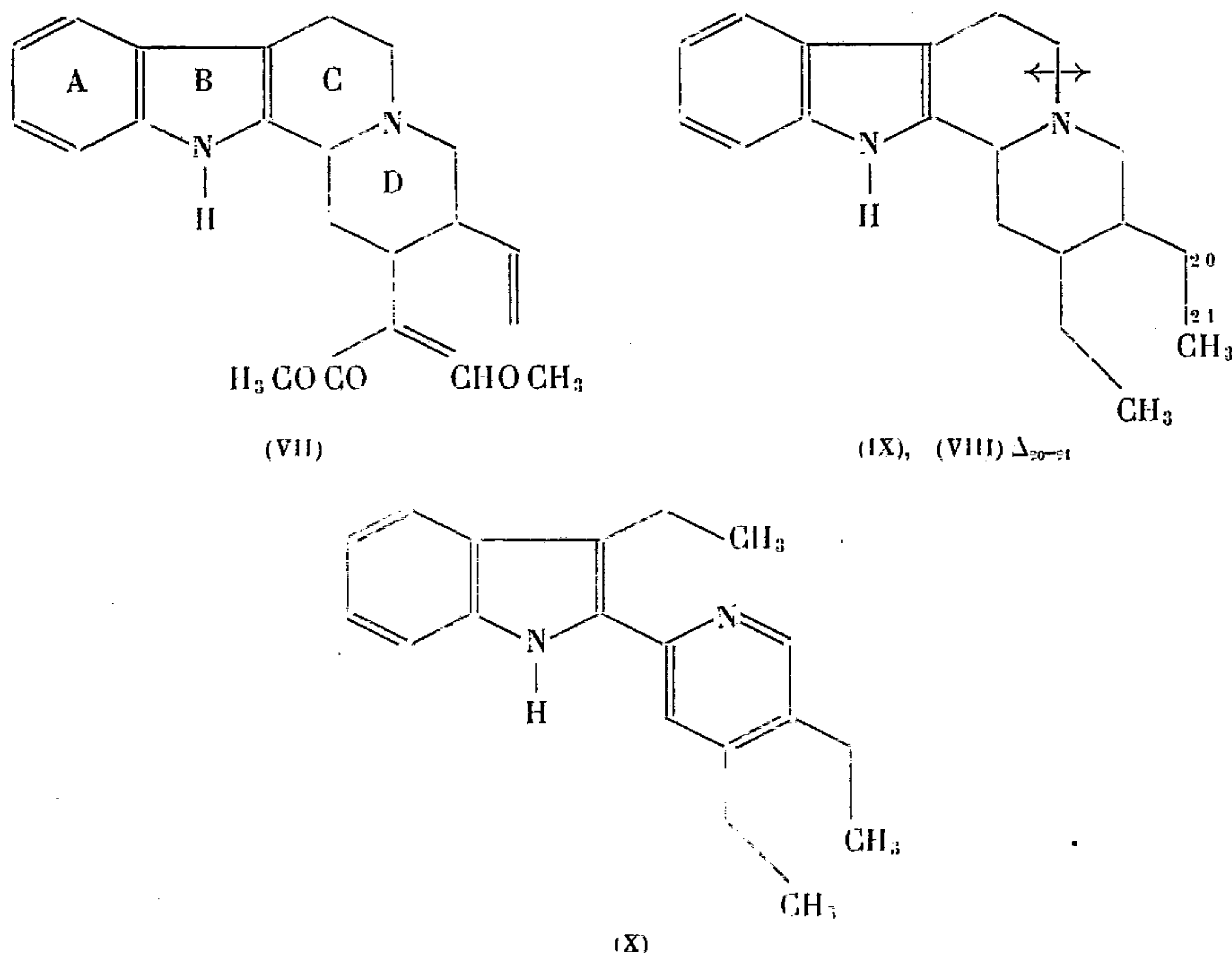


$C_{19}H_{22}N_2 \rightarrow C_{19}H_{16}N_2 + 3H_2$ [volume dégagé 2,6 (± 0,2) molécules],
$C_{19}H_{24}N_2 \rightarrow C_{19}H_{16}N_2 + 4H_2$ [volume dégagé 3,8 (± 0,2) molécules].

En marge de ces alcaloïdes et produits dérivés, comportant tous le squelette pentacyclique de la yohimbine, nous avons déshydrogéné également le corynanthéane (VIII) et le dihydrocorynanthéane (IX), obtenus à partir de la corynanthéine (VII) ([2]). Ces deux produits ont conduit quantitativement à l'alstyrine (X) suivant les équations respectives.



$C_{19}H_{24}N_2 \rightarrow C_{19}H_{22}N_2 + H_2$ [volume dégagé 1 (± 0,1) molécule]
$C_{19}H_{26}N_2 \rightarrow C_{19}H_{22}N_2 + 2H_2$ [volume dégagé 2 (± 0,2) molécules]



([1]) M.-M. Janot et R. Goutarel, *Bull. Soc. chim.*, 16, 1949, p. 509-515.
([2]) M.-M. Janot et R. Goutarel, *Bull. Soc. chim.*, 18, 1951, p. 588-602.

Il apparaît donc nettement sur les exemples envisagés que, dans le cas des dérivés hydrogénés de l'indolo-cyclohexano-pyridocoline, c'est le cycle D qui s'ouvre, alors que c'est le cycle C qui subit une rupture dans le cas des dérivés hydrogénés de l'indolo-dialcoyl-pyridocoline.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la dihydrocorynanthéine.* Note de MM. **Maurice-Marie Janot** et **Robert Goutarel**, présentée par M. Marcel Delépine.

La corynanthéine (I) peut être considérée [1], [2] comme un alcaloïde tétracyclique caractérisé par la présence, d'une part, d'un groupe ester méthylique α-éthylénique conjugué au groupe éther méthylique d'un aldéhyde sous sa forme énolique et, d'autre part, d'une chaîne vinyle. La présence de la chaîne vinyle avait été démontrée non par l'hydrogénation de la corynanthéine elle-même, mais par la fixation d'une molécule d'hydrogène sur deux de ses dérivés : le corynanthéal et le corynanthéane.

Karrer et Enslin [3] ont brièvement relaté qu'ils avaient essayé d'hydrogéner la corynanthéine en milieu alcoolique, mais que le volume de gaz fixé n'atteignait pas une molécule.

Nous avons pu réaliser la transformation de la corynanthéine en dihydrocorynanthéine (II) par hydrogénation catalytique en présence de palladium-carbonate de baryum.

A titre d'exemple : 653 mg de corynanthéine (forme β; F 169-171°) en solution dans 20 cm³ de méthanol sont hydrogénés en présence de 500 mg de catalyseur au palladium réduit sur CO_3Ba. En 10 mn l'absorption de H_2 est terminée (trouvé 39 cm³; calculé pour 1 H_2 : 39,7 cm³). On filtre et ajoute un égal volume d'eau, la dihydrocorynanthéine cristallise rapidement en paillettes blanches qui, pour analyse, sont recristallisées dans le méthanol dilué.

A 70° le produit se ramollit, se ressolidifie à 95° pour fondre à 103-104° (corrigé) $[\alpha]_D^{18°} + 30°$ (méthanol, $c = 0{,}93$).

La dihydrocorynanthéine, contrairement à la corynanthéine, ne donne pas de forme anhydre lorsqu'on essaie de la faire cristalliser dans l'alcool dilué à chaud (60-70°).

Trouvé % : produit séché à l'air : C 68,3; H 7,6; N 7,4; perte de poids à 70° 4,8 %. Calculé % pour $C_{22}H_{28}O_3N_2$, H_2O : C 68,3; H 7,3; N 7,2; perte de poids 4,66 %.

Trouvé % : produit séché à 90° sous 0,01 mm (fondu) : C 71,7-71,8;

(1) M.-M. Janot, R. Goutarel et V. Prelog, *Helv. Chim. Acta*, **34**, 1951, p. 1207-1210.

(2) M.-M. Janot et R. Goutarel, *Bull. Soc. Chim.*, [5], **18**, 1951, p. 588-602.

(3) *Helv. Chim. Acta*, **32**, 1949, p. 1390-1402.

H 7,4-7,6; N 7,6; "H" 0,25 à froid 0,35 à chaud. OCH_3 : 14,3 %. Calculé % pour $C_{22}H_{28}O_3N_2$: C 71,7; H 7,7; N 7,6; "H" 0,27; 2 OCH_3 16,8.

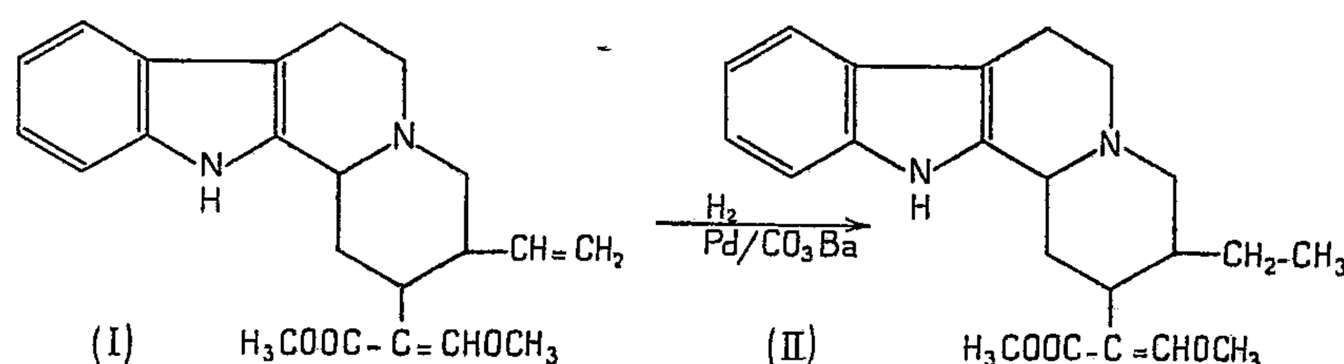
Oxydation selon Kuhn-Roth. — Trouvé CH_3 3,76 %; calculé 4,08 %.

Chlorhydrate de dihydrocorynanthéine. — Il est préparé par addition de la quantité théorique de ClH sur la dihydrocorynanthéine en milieu méthanol-éther. F 211-213°, $[\alpha]_D + 43°$ (méthanol, $c = 1$).

Trouvé % : produit séché à 150° sous 0,005 mm : C 65,25; H 7,31; N 7,15. Calculé % pour $C_{22}H_{28}O_3N_2$, HCl : C 65,25; H 7,22; N 6,92.

La dihydrocorynanthéine conduit par saponification alcaline à un acide dihydrocorynanthéique, F 180°, $[\alpha]_D^{19} - 42°$ ($c = 0,95$ pyridine) qui, par traitement à l'acide chlorhydrique dilué, aboutit au dihydrocorynanthéal identique à celui préparé par hydrogénation directe du corynanthéal. Ce dihydrocorynanthéal réduit par la méthode de Wolff-Kishner donne le dihydrocorynanthéane identique à celui préparé antérieurement (1), (2).

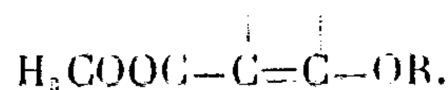
L'oxydation de la dihydrocorynanthéine selon Kuhn-Roth révèle la présence de 1 CH_3, alors que la même oxydation conduit à un résultat nul sur la corynanthéine, ce qui démontre que le radical CH_3 vient de l'hydrogénation de la chaîne vinyle.



Le fait que le pouvoir rotatoire de (II) est pratiquement identique à celui de (I) (+ 30° ± 2°) montre que l'hydrogénation ne crée pas ni n'affecte dans la molécule un centre asymétrique, ce qui est aussi en faveur de la transformation d'un groupe vinyle et non d'une double liaison juxtanucléaire.

L'examen du spectre ultraviolet qui est semblable à celui de la corynanthéine, montre que ni le chromophore indolique λ 227 mμ, $\log\varepsilon = 4,64$; λ 280 mμ, $\log\varepsilon = 3,89$, ni celui absorbant à 250 mμ n'ont été modifiés, c'est-à-dire que seule la chaîne vinylée a été hydrogénée.

Le spectre infrarouge confirme ces résultats et montre notamment les deux bandes vers 6 μ caractéristiques de l'enchaînement



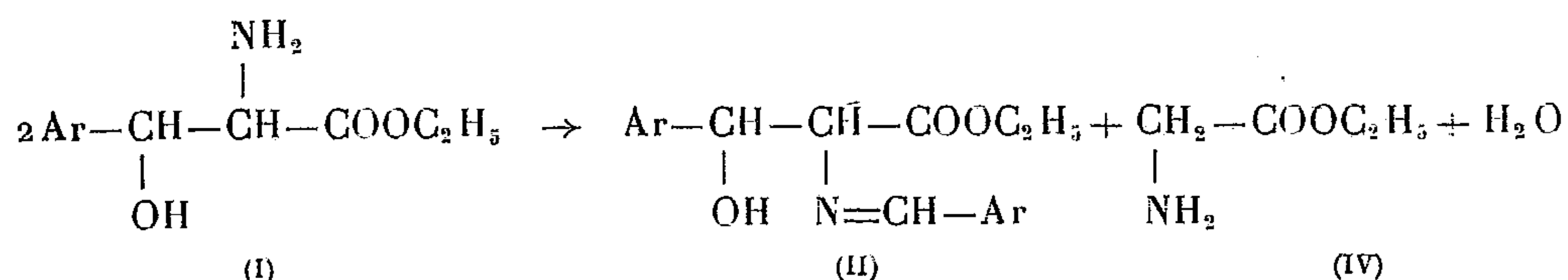
Conclusion. — L'hydrogénation catalytique *directe* de la corynanthéine en présence de palladium, conduit à la dihydrocorynanthéine $C_{22}H_{28}O_3N_2$, H_2O, F 103-104°; $[\alpha]_D^{18} + 30°$ (méthanol), ce qui confirme la présence d'une chaîne vinyle dans la corynanthéine et sa structure tétracyclique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation et transformation réciproque de dérivés* érythro *et* thréo *de la* β-p-*nitrophénylsérine*. I. *Mécanisme de formation du dérivé* érythro. Note de Mme **Irène Elphimoff-Felkin**, MM. **Hugh Felkin** et **Zoltan Welvart**, présentée par M. Marcel Delépine.

La formation de l'*érythro* N-(*p*-nitrobenzylidène) β-*p*-nitrophénylsérinate d'éthyle, à partir de l'aldéhyde *p*-nitrobenzoïque et du glycocollate d'éthyle d'une part, et à partir des deux β-*p*-nitrophénylsérinates d'éthyle diastéréoisomères d'autre part, se fait par un mécanisme analogue à celui de la réaction de Knœvenagel.

Il est connu que la condensation de l'aldéhyde *p*-nitrobenzoïque (III) avec le glycocollate d'éthyle (IV) [1], [2], [3] conduit à la formation d'une base de Schiff (II). L'un de nous a montré récemment que celle-ci possède la configuration stérique *érythro* [4].

Nous avons constaté que cette base de Schiff *érythro* se forme également lorsqu'on traite par l'alcool chaud l'amino-ester *thréo* (I), suivant la réaction globale [5], [6] :



Cette transformation aisée d'un composé *thréo* en composé *érythro* comporte nécessairement la rupture d'une liaison C—C de la molécule d'amino-ester (I) avec formation d'une molécule d'aldéhyde *p*-nitrobenzoïque et d'une molécule de glycocollate d'éthyle, la condensation de ces deux composés conduisant ensuite à la base de Schiff (II).

Nous avons étudié le mécanisme de cette condensation et nous avons établi l'exactitude de la supposition [3] suivant laquelle la réaction se fait par l'intermédiaire du N-(*p*-nitrobenzylidène) glycocollate d'éthyle (VI) qui réagit

---

(1) C. E. Dalgliesh, *J. Chem. Soc.*, 1949, p. 90.

(2) E. D. Bergmann, M. Genas et H. Bendas, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 361.

(3) E. D. Bergmann, H. Bendas et W. Taub, *J. Chem. Soc.*, 1951, p. 2673.

(4) M. Kopp, H. Larramona et Z. Welvart, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 527. (Dans cette Note les deux dernières lignes du schéma réactionnel sont inversées). Ce travail a été confirmé par G. W. Moersch, M. C. Rebstock, A. C. Moore et D. P. Hylander, *J. Amer. Chem. Soc.*, **74**, 1952, p. 565. La conclusion (3) suivant laquelle ce composé posséderait la configuration *thréo* est erronée.

(5) Dans toutes les formules, Ar = p-NO_2—C_6H_4—.

(6) L'amino-ester *érythro* conduit également dans ces conditions à la base de Schiff (II).

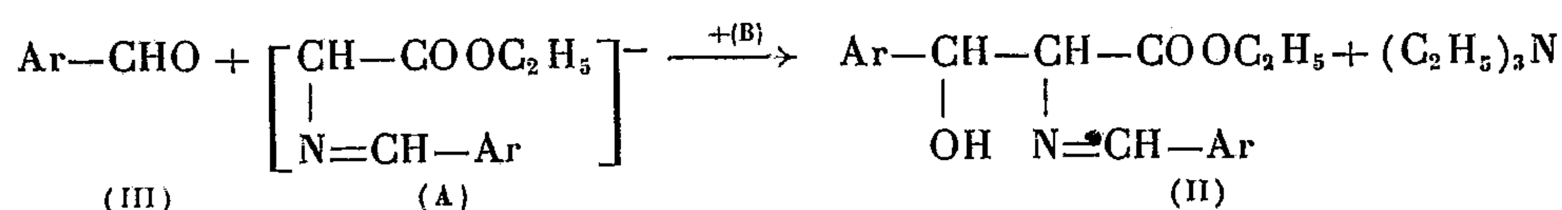
ensuite avec une deuxième molécule d'aldéhyde pour former la base de Schiff (II) :

$$\underset{(III)}{Ar{-}CHO} + \underset{(IV)}{\underset{NH_2}{\overset{|}{CH_2{-}COOC_2H_5}}} \rightarrow \underset{(V)}{\underset{NH{-}CHOH{-}Ar}{\overset{|}{CH_2{-}COOC_2H_5}}}$$

$$\xrightarrow{-H_2O} \underset{(VI)}{\underset{N{=}CH{-}Ar}{\overset{|}{CH_2{-}COOC_2H_5}}} \xrightarrow{ArCHO} \underset{(II)}{Ar{-}\underset{OH}{CH}{-}\underset{N{=}CH{-}Ar}{CH}{-}COOC_2H_5}$$

Le N-(α-hydroxy *p*-nitrobenzyl) glycocollate d'éthyle (V), qui se forme intantanément lorsqu'on mélange l'aldéhyde (III) et le glycocollate (IV), est très instable et se transforme spontanément à l'air, par perte d'une molécule d'eau, en N-(*p*-nitrobenzylidène) glycocollate d'éthyle (VI). Celui-ci est identique au composé qui a été obtenu par action de (III) sur (IV) dans l'éther (1) (7) et qui n'est donc en réalité ni le diastéréoisomère *thréo* (7), ni un isomère (oxazolidine) (3) de la base de Schiff *érythro* (II). La transformation du composé (VI) en base de Schiff (II) par réaction avec une deuxième molécule d'aldéhyde (III) est du même type que la réaction de Knœvenagel; comme celle-ci cette transformation nécessite, contrairement à ce qui a été admis (3), la présence d'un catalyseur alcalin dont le rôle est de susciter la formation de l'anion (A). C'est ainsi que dans l'éther le composé (VI) n'a pas d'action immédiate sur l'aldéhyde (III); l'adjonction de triéthylamine déclenche la réaction qui conduit rapidement à la base de Schiff (II) :

$$\underset{(VI)}{\underset{N{=}CH{-}Ar}{\overset{|}{CH_2{-}COOC_2H_5}}} + (C_2H_5)_3N \rightarrow \underset{(A)}{\left[\underset{N{=}CH{-}Ar}{\overset{|}{CH{-}COOC_2H_5}}\right]^-} + \underset{(B)}{(C_2H_5)_3\overset{+}{N}H}$$



$$\underset{(III)}{Ar{-}CHO} + \underset{(A)}{\left[\underset{N{=}CH{-}Ar}{\overset{|}{CH{-}COOC_2H_5}}\right]^-} \xrightarrow{+(B)} \underset{(II)}{Ar{-}\underset{OH}{CH}{-}\underset{N{=}CH{-}Ar}{CH}{-}COOC_2H_5} + (C_2H_5)_3N$$

Il est connu que les anions du type (A) sont fortement colorés (8), ce qui explique la coloration verte qui apparaît transitoirement lors de la préparation de (II), en milieu alcoolique (2) (3), à partir de (III) et de (IV). Dans ce cas, le rôle de catalyseur est joué par une partie du glycocollate employé. La transformation inattendue du composé (VI) en base de Schiff (II) par la seule

(7) D. Billet et C. Marnay, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 961.

(8) P. Karrer et R. Keller, *Helv. Chim. Acta*, 26, 1943, p. 50; P. Karrer et C. Christoffel, *Helv. Chim. Acta*, 27, 1944, p. 622.

action de l'alcool légèrement hydraté ([1]), ([7]), ([9]) montre que les réactions (III + IV $\rightleftharpoons$ V $\rightleftharpoons$ VI) sont réversibles, et que dans ces conditions le composé (VI) se trouve toujours en présence d'une base (IV), susceptible de le transformer en anion (A), et d'un composé (III) ou (V) avec lequel l'anion (A) réagit pour former la base de Schiff (II).

Partie expérimentale. — Un mélange équimoléculaire de (III) et de (IV) est trituré pendant quelques instants; il se prend en masse. Le *N-(α-hydroxy* p-*nitrobenzyl) glycocollate d'éthyle* (V), cristallisé dans l'éther, fond à 64-65°. Calculé pour $C_{11}H_{14}O_5N_2$, PM 254; trouvé PM 255 ($HClO_4$ dans CH_3COOH). Le *N-(*p-*nitrobenzylidène) glycocollate d'éthyle* est obtenu en faisant agir 1,1 mol de (III) sur 1,0 mol de (IV) dans l'éther (48 h). Après cristallisation dans l'alcool absolu et dans l'éther, il fond à 87°. Calculé pour $C_{11}H_{12}O_4N_2$, PM 236; trouvé, PM 239 ($HClO_4$ dans CH_3COOH), PM 240 (cryoscopie dans C_6H_6). L'action de HCl alcoolique à froid sur ces composés conduit à l'aldéhyde (III) et au chlorhydrate de (IV) (F 145°).

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Dépôts superficiels et relief du sol au Dahomey septentrional.* Note (*) de M. **Jean Dresch**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

La pénéplaine dahomeyenne est en voie d'exhumation sous une couverture de grès argileux protégés par une carapace et comparables aux grès de Gaya, postéocènes. Les inselberge sont des reliefs fossiles et le réseau hydrographique actuel est surimposé.

Le Dahomey central et septentrional est une immense pénéplaine cristalline qui s'élève d'environ 150 m au pied de la cuesta tertiaire au Sud, à plus de 400 aux environs de Djougou pour s'incliner vers le Niger. Des inselberge la dominent brutalement, rochers et pitons isolés ou groupés en longues crêtes allongées; le seul relief résiduel de quelque ampleur est la « chaîne » de quartzites de l'Atacora.

A l'exception de la série crétacée-tertiaire du Sud (série de la Lama et terre de barre), des grès de Kandi, ou, localement, de Gaya, au Nord-Est, considérés par B. Pougnet, les uns comme représentant le Continental intercalaire pré-turonien. les autres comme post-éocènes. les seules formations de couverture sont des arènes ou des argiles peu épaisses.

Les inselberge, dispersés sur la pénéplaine, sont le plus souvent dénudés. Parfois les pentes sont partiellement recouvertes sur 1,50 à 2 m d'argile rubéfiée, mêlée à des cailloutis provenant de la desquamation et de la

([9]) Pour des raisons évidentes, la transformation n'a pas lieu dans l'alcool absolu.

(*) Séance du 24 mars 1952.

décomposition sur place. La formation et la conservation de ces dépôts de pente est favorisée par la couverture végétale (collines de Savalou). Ils reposent sur la roche saine, souvent sans zone de passage. L'Atacora est un plateau complexe, caractérisé au Sud par trois surfaces d'aplanissement. La plus haute ne porte aucun relief résiduel et s'abaisse doucement de plus de 600 au Sud-Ouest et au-dessus de Kouandé, à moins de 500 au-dessus de Firou à l'Est et de Batia à l'Ouest. Elle n'est pas conservée plus au Nord. Les deux autres sont emboîtées, la plus basse n'étant qu'un prolongement de la pénéplaine dahomeyenne le long de la Pendjari et de ses affluents. Chacune a été fossilisée sous une couverture détritique de grès très fins, blancs recouverts de grès plus grossiers rubéfiés et protégés en surface par une carapace ferrugineuse, généralement désagrégée en blocs ou gravillons. Elle ne semble jamais dépasser 10 m d'épaisseur. Sous la couverture, la roche en place n'est altérée que là où affleurent des schistes entre les bancs de quartzites. Les coupes, surtout le long des rivières, montrent souvent une cuirasse conglomératique au contact des grès et de la roche en place.

Quand on s'écarte de l'Atacora, dans la plaine, la roche apparaît souvent altérée. Dans la mesure où sa décomposition donne de l'argile, une zonation s'observe, variable selon les conditions locales. Mais souvent aussi les formations superficielles reposent sur la roche saine. Au Nord d'une ligne approximative Bassila-Parakou, la pénéplaine dahomeyenne est accidentée par des buttes dont la surface horizontale domine en corniche un talus. Leur composition est la suivante : à la base, une argile blanche à gros grains de quartz ou parfois une cuirasse; au-dessus une argile rubéfiée contenant des cristaux divers selon les lieux, notamment de muscovite, et toujours de quartz, très nombreux, luisants et émoussés une carapace superficielle enfin, toujours très chargée de cailloux de quartz, également luisants et émoussés au point d'avoir l'aspect d'un vrai poudingue d'origine fluviatile. La série ne dépasse pas 30 m d'épaisseur, la carapace a de 1 à 3 m, exceptionnellement 8 à 10 m (Kandi). Ces buttes sont fréquentes surtout dans la région de Djougou comme l'avait signalé déjà H. Hubert, centre de dispersion des eaux vers le Niger, l'Oti, l'Ouémé.

Ces observations paraissent autoriser les conclusions suivantes : La grande pénéplaine dahomeyenne résulte de l'exhumation d'une pénéplaine crétacée complexe fossilisée par les grès de Kandi au Nord la formation de la Lama au Sud. Elle portait déjà des inselberge (prolongements septentrionaux de la crête de quartzistes de Bimbéréké dans les grès de Kandi, inselberge dans la terre de barre). Mais la pénéplaine dahomeyenne actuelle est la pénéplaine crétacée retouchée. Les grès de Kandi, comme la couverture du Bas Dahomey, sont en effet affectés par de larges ondulations qui ont dû provoquer la dénudation du socle et la formation d'une nouvelle

surface. Elle a été à son tour fossilisée par une formation d'épandage, étalée sous un climat sec qui a enseveli entièrement ou partiellement les inselberge. Les témoins de cette formation sont en contrebas de l'escarpement des grès de Kandi mais les surmontent vers le Niger. On peut, semble-t-il, la rapprocher des grès argileux de Gaya, de faciès et d'épaisseur comparables, et couverts eux aussi par une carapace ferrugineuse. Elle serait donc postéocène et la pénéplaine retouchée serait comparable à la pénéplaine miocène ou mi-tertiaire. Protégée par la carapace moins épaisse ou absente au Sud où les deux saisons sèches sont plus courtes elle est conservée surtout dans une zone de surélévation résultant probablement de mouvements qui ont déterminé l'orientation de l'écoulement actuel.

Elle est en effet partout en cours de dissection. Celle-ci commence par la désagrégation de la carapace, fait général en Afrique occidentale où les carapaces se désagrègent d'autant plus vite que la végétation est plus dégradée. Les grès et argiles sont vite entrainés. La décomposition chimique peut alors attaquer le socle dénudé, des concrétions ferrugineuses pouvant apparaître très rapidement dans les argiles sans que se soit formée ou se forme actuellement une nouvelle carapace superficielle.

Les inselberge sont antérieurs soit aux grès de Kandi ou aux séries du Bas Dahomey, soit à la couverture détritique qui a fossilisé une deuxième fois la pénéplaine. La base de l'inselberg de Tebou par exemple au Nord de Djougou, est en cours de dégagement. Il est entouré par une sorte de dépression périphérique, comme la plupart des massifs résiduels de la Haute Volta. Aussi n'existe-t-il aucune relation entre les inselberge et le réseau hydrographique actuel surimposé. La gorge de la Mekrou qui traverse les quartzites de l'Atacora là où la surface moyenne seule (crétacée?) est conservée est particulièrement remarquable. Mais les autres rivières, tout en établissant de préférence leurs cours sur les roches les plus rapidement décomposées (migmatites de l'Alibory et de l'Ouémé) passent des granites aux gneiss de composition variable pourtant alignés sensiblement Nord-Sud comme les rivières elles-mêmes.

GÉOPHYSIQUE — *Influence de l'heure locale dans les perturbations ionosphériques.* Note (*) de Mlle **Jeanne-Marie Ardillon**, présentée par M. Pierre Lejay.

On sait qu'au cours d'un orage ionosphérique, les fréquences critiques à la verticale de la couche F_2 subissent de grandes variations et, assez généralement dans nos régions de latitude moyenne, une baisse importante.

(*) Séance du 24 mars 1952.

Nous avons été conduite à étudier la variation de l'amplitude des perturbations *en fonction de l'heure locale.*

Nous avons d'abord recherché systématiquement les heures de début des chutes de fréquence critique à la verticale à Poitiers et à Washington sur une période de deux ans (1949-1950). Ces chutes se produisent toujours, à Poitiers entre 18 et 24 h et autour de 6 h, et à Washington en très grande majorité entre 22 et 6 h. *Aucune chute ne se produit de jour* (*fig.* 1).

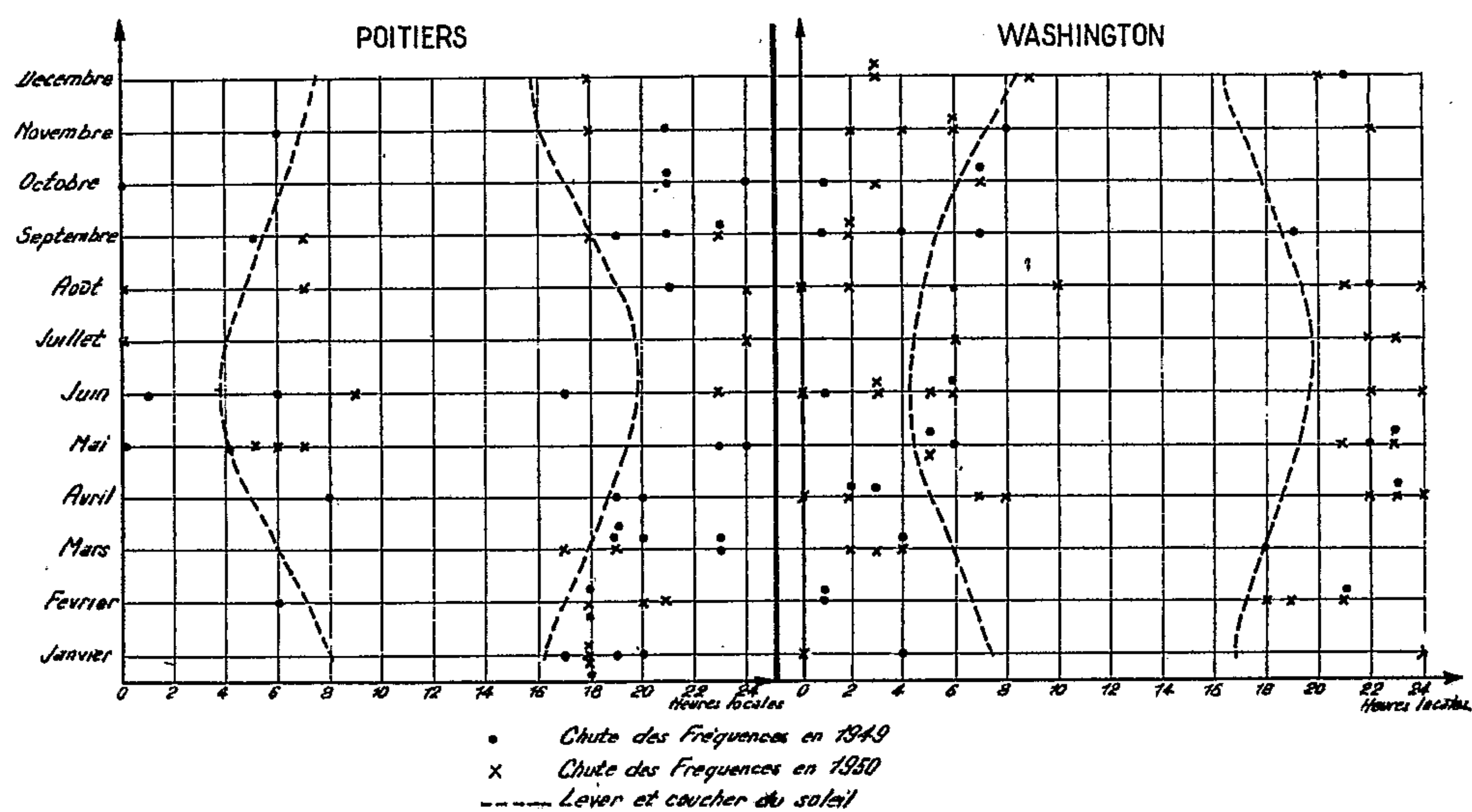


Fig. 1.

Ce résultat est à rapprocher de la constatation faite, en particulier par J. Rothé, des *brusques* variations magnétiques se produisant « presque toujours » vers 6 h et 20 h (1).

Nous avons ensuite comparé la variation diurne des fréquences critiques à la verticale de la couche F2 des jours calmes à celle des jours perturbés. Nous avons calculé, à cet effet, pour chaque heure du jour, la moyenne des fréquences critiques des cinq jours les plus calmes du mois et celle des jours les plus agités, puis la différence de ces moyennes. Il a été tenu compte, dans le choix des jours, du caractère magnétique C et du caractère ionosphérique publié dans le bulletin du C. R. P. L. (Ionospheric Data) Le même travail a été fait sur les hauteurs virtuelles.

On constate :

a. Une variation diurne de l'amplitude de la perturbation ionosphérique. — Deux minima à 6 et à 18 h encadrent un maximum très net dans la journée (*fig.* 2 A et B). Ces minima ne sont pas explicables par la faible valeur

(1) J. Rothé, *Année polaire internationale* 1932-1933, I, p. 42.

absolue de la fréquence critique à ces heures car, s'il est vrai qu'à 6 h les fréquences critiques sont en général très basses, il n'en est pas de même à 18 h. D'autre part, les mêmes minima se retrouvent sur les courbes des variations relatives $\Delta f/f$.

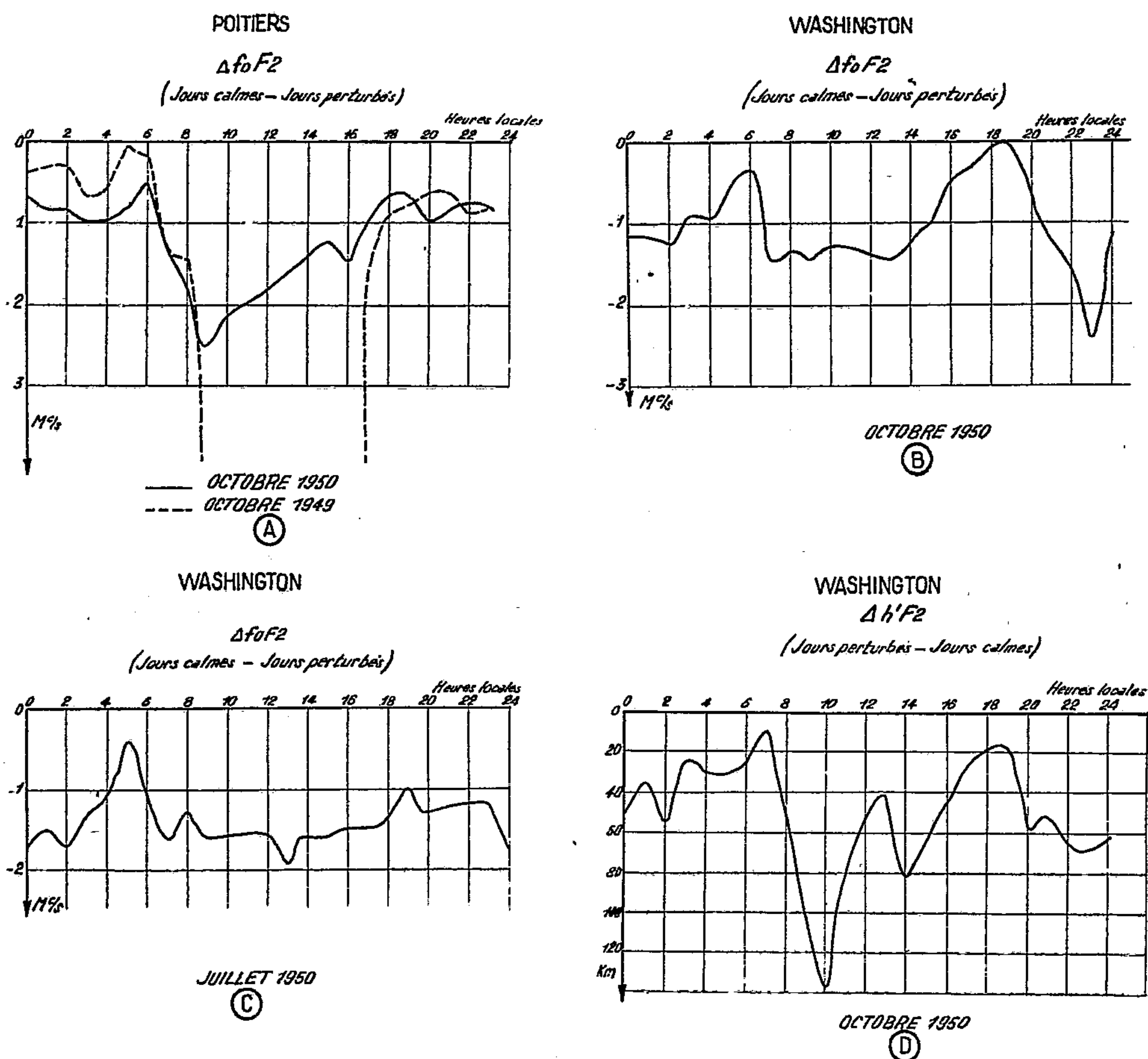


Fig. 2.

La courbe des variations diurnes des différences de hauteur a la même allure que la courbe des variations diurnes des différences de fréquence critique ([2]). Elle est, comme on pouvait s'y attendre, inversée, les hauteurs augmentant quand les fréquences s'abaissent (*fig.* 2 D).

b. La variation diurne de l'amplitude de la perturbation subit une influence saisonnière. — La variation diurne de l'amplitude de la perturbation est

([2]) Ces résultats confirment et précisent les résultats obtenus par D. F. Martyn qui a utilisé un procédé analogue. (*Compte rendu de la réunion de l'U. R. S. I.*, Bruxelles, 1950, *Magnetic storms and Auroræ Solar particles at the earth*, p. 49).

plus accentuée aux époques d'équinoxe que dans les autres mois; par exemple : Washington octobre 1950 et juillet 1950 (*fig.* 2 C).

Remarquons que la méthode utilisée pour établir les résultats *a* et *b* a donné des résultats parallèles dans l'étude des variations du magnétisme terrestre ([3]).

MÉTÉOROLOGIE. — *Recherches sur les précipitations atmosphériques à l'échelle du globe.* Note de M. **Hubert Garrigue**, présentée par M. Charles Maurain.

Il semble que la pluviosité, vue à l'échelle du globe, varie d'une année à l'autre.

I. Nous avons montré que la pollution radioactive de l'air d'origine « atomique » à moyenne altitude, en France, diminuait, en moyenne, de 1946 à 1951 ([1]). Ce fait a été attribué à l'augmentation de la pluviosité dans la région où l'on effectue les mesures. Les derniers vols expérimentaux et essais au sol, (21 janvier, 10, 11 et 18 mars 1952; 2500 à 5300 m d'altitude : avion-laboratoire du S. A. L. S.; 1500 m : sommet du Puy-de-Dôme), montre encore une diminution de cette pollution.

II. Il nous a paru utile de rechercher quelque indication sur la pluviosité vue à l'échelle du globe, au moyen des données climatiques dont il est possible de disposer aujourd'hui ([2]).

Ces données sont encore très restreintes; pour diverses stations, on connaît le coefficient quintile, mensuel. Le chiffre 0 correspond à l'absence de précipitation; 6, à une précipitation plus abondante qu'au cours d'aucune année de la période de 30 ans pour le mois considéré; 1, à 20% ou moins, d'années, dans cette période, où la hauteur de précipitation est inférieure à la hauteur mesurée; 2, à 20 à 40 % et ainsi de suite jusqu'à 5, correspondant à 80 à 100 %.

Ce coefficient permet d'apprécier ce que serait le quintile mensuel pour la région entière : on peut admettre qu'il est de l'ordre de grandeur de la moyenne des quintiles mensuels des stations de cette région. Ensuite, on peut admettre également que la moyenne des quintiles mensuels ainsi déterminés, pour toutes les régions dont on a les données, fournit un ordre de grandeur du quintile mensuel du globe. Enfin, la moyenne de ces valeurs mensuelles, pour un an, renseigne sur l'ordre de grandeur de ce que serait le quintile annuel pour l'ensemble du globe.

III. Il faut remarquer que, pour une région et une époque de haute pluviosité, un quintile mensuel régional, supérieur ou inférieur à 3, devrait figurer, dans la somme globale mensuelle, multiplié, en général, par un facteur légèrement supérieur, ou inférieur, à 1; et inversement pour une région et une époque de basse pluviosité. Nous

---

([3]) Chapman et Bartels, *Géomagnétism*, Chap. IX.

([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 860.

([2]) *Monthly climatic data for the world*, Weather Bureau, U. S. A., années 1949 et 1950.

n'en avons pas tenu compte dans le tableau, mais nous avons porté les signes + ou —, sur les valeurs des quintiles mensuels régionaux, selon qu'il faut les augmenter ou les diminuer légèrement pour connaître dans quel sens peuvent être modifiées les moyennes mensuelles globales, afin qu'elles soient plus représentatives du quintile mensuel global.

Régions.	Janv.	Fév.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	A.
1	3,67	3,37	3,15	2,60	3,25	2,99	3,36	3,07	3,12	3,34	2,60	3,10	3,13
2	–	2,50	3,50	–	3,05	3,30	2,19	2,55	3,50	2,53	2,78	2,50	2,84
3	2,42	1,51	2,45	2,66	3,72	2,41	2,12	2,49	2,95	3,00	4,20	3,30	2,77
4	2,73	3,37	2,80	3,31	3,44	3,02	3,10	3,10	3,60	3,60	3,13	3,16	3,20
5	3,10	4,45	2,82	2,61	3,40	3,65	2,44	2,95	3,00	2,80	3,70	3,91	3,23
6	2,65	4,18	3,10	2,26	3,21	2,64	2,75	2,78	3,37	4,24	3,76	2,55	3,12
7	3,00	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3,23	3,11
8	$2\overset{-}{,}10$	$2\overset{-}{,}33$	$2\overset{-}{,}45$	$2\overset{-}{,}45$	$2\overset{-}{,}23$	$2\overset{-}{,}45$	$2\overset{-}{,}78$	$2\overset{-}{,}67$	3,11	3,56	3,28	$2\overset{-}{,}80$	2,69
Moyenne mensuelle globale	2,81	3,10	2,89	2,65	3,18	2,92	2,68	2,80	3,23	3,30	3,36	3,07	

Moyenne globale annuelle, année 1949 : 3,000.

Régions.	Janv.	Fév.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	A.
1	–	3,27	3,12	2,89	2,67	2,92	–	3,44	2,79	2,82	$3\overset{+}{,}60$	3,02	3,05
2	–	2,43	3,47	3,78	3,16	$3\overset{+}{,}00$	–	2,86	2,87	3,04	$3\overset{+}{,}07$	$2\overset{-}{,}50$	3,01
3	–	3,30	2,31	4,11	2,80	2,50	–	3,00	$3\overset{+}{,}60$	2,72	$3\overset{+}{,}59$	$3\overset{+}{,}52$	3,14
4	–	3,73	3,53	2,78	3,00	2,54	–	$3\overset{+}{,}02$	$3\overset{+}{,}42$	$3\overset{+}{,}10$	3,37	3,11	3,16
5	–	3,90	2,90	1,85	3,35	$4\overset{+}{,}00$	–	$2\overset{-}{,}90$	$3\overset{+}{,}45$	$2\overset{-}{,}80$	$4\overset{+}{,}84$	$4\overset{+}{,}15$	3,41
6	–	3,95	3,16	3,00	3,52	3,58	–	3,17	2,83	$4\overset{+}{,}04$	$3\overset{+}{,}69$	3,06	3,40
7	–	2,08	–	3,70	3,47	–	–	$3\overset{-}{,}00$	$2\overset{+}{,}70$	–	$3\overset{+}{,}31$	$4\overset{+}{,}46$	3,25
8	–	3,00	4,20		$3\overset{+}{,}00$	$3\overset{+}{,}20$	–	$3\overset{+}{,}00$	$4\overset{+}{,}00$	$2\overset{-}{,}30$	$2\overset{-}{,}20$	$2\overset{-}{,}56$	3,05
Moyenne mensuelle globale	–	3,21	3,24	3,16	3,12	3,10	–	3,05	3,21	2,97	3,46	3,30	

Moyenne globale annuelle, année 1950 : 3,182.

Quintiles mensuels, pour les régions 1 (Amérique du Nord), 2 (Amérique du Sud), 3 (Europe), 4 (Indes), 5 (Japon), 6 (Australie), 7 (Union du Sud africain), 8 (groupe des Iles Philippines).

IV. 1° Les moyennes annuelles des quintiles par région (colonne A) restent voisines de 3. Il en est de même des moyennes mensuelles globales.

2° La moyenne globale annuelle augmente de 1949 à 1950. L'effet « numérique » des hautes et basses pluviosités, signalé au paragraphe III, tend à accentuer cette particularité.

3° La région des Philippines, 8, qui peut être considérée comme témoin de ce qui se passe au large d'un océan, montre une augmentation de la moyenne annuelle (colonne A) de 1949 à 1950 (correspondant à une hauteur moyenne d'eau en 1949 de 2 m; en 1950, de 2,40 m). Cette augmentation suit celle de la moyenne globale annuelle et la confirme ainsi.

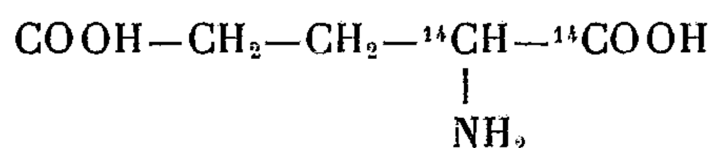
4° Cette dernière augmentation n'est pas élevée. Mais elle doit être responsable, au moins pour une part, de la diminution de pollution radioactive de l'atmosphère. L'autre part doit être attribuée à l'augmentation de pluviosité propre à la région du lieu des observations. Il faut remarquer d'ailleurs que le

lavage de la moyenne atmosphère dépend beaucoup plus de la durée des précipitations, de leur étendue, que de la quantité totale d'eau tombée. La diminution de pollution de l'atmosphère restant caractéristique jusqu'à ce jour, il reste à savoir si la pluviosité à l'échelle du globe ou de la région, ou des deux à la fois, continue d'augmenter.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Pigments des chloroplastes et photosynthèse* (1). Note de M. **Eugène Roux** et Mlle **Christiane Husson**, présentée par M. Albert Demolon.

Cette Note a pour but de montrer le rôle de l'acide glutamique dans la synthèse *in vivo* de la chlorophylle et d'apporter la preuve de la constance de la synthèse et de la destruction de cette dernière chez une plante verte exposée à la lumière. Afin de vérifier une ancienne hypothèse concernant l'origine des noyaux pyrroliques de la molécule de chlorophylle, les expériences suivantes ont été faites.

Deux lots de jeunes plants de Maïs ont été cultivés sur une solution nutritive d'un type courant contenant de l'acide glutamique marqué : M/100



$$COOH-CH_2-CH_2-{}^{14}CH(NH_2)-{}^{14}COOH$$

et ont été placés l'un à la lumière, l'autre à l'obscurité : des prélèvements de 6 g de feuilles ont été faits après 6, 24 et 48 h; les feuilles ont été broyées à 0° au turmix, les chloroplastes isolés suivant la technique de Granick (2), lavés deux fois dans une solution M/5 de saccharose, puis traités par l'acétone afin d'en extraire les différents pigments; ceux-ci, une fois repris par l'éther de pétrole, furent séparés par chromatographie. Les mesures de radioactivité furent faites à l'aide du compteur de Geiger successivement sur les liquides d'extraction totale, sur les chloroplastes débarrassés des pigments et sur les différents pigments.

		Activité totale.	Protoplasme.	Chloroplastes.	Chlorophylle.	Xanthophylle (*).	Carotène.
Lumière.	6 h....	125	100	10	15	0	0
	24......	620	504	50	66	0	0
	48......	930	650	180	100	0	0
Obscurité.	6 h....	20	20	0	0	0	0
	24......	75	73	0,2	0	0	0
	48......	90	87	3	1-2	0	0

(*) Dans un cas nous avons obtenu une radioactivité importante dans la xanthophylle, mais il est probable que ce résultat est dû à une erreur.

(1) Ce travail n'a été possible que grâce à M. Guéron, Directeur au Commissariat de l'Énergie atomique et à M. Pichat, qui nous a fourni un acide glutamique d'activité spécifique suffisante.

(2) *Amer. J. Bot.*, 25, 1938, p. 558-561.

Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessus en coups par minute, déduction faite du mouvement propre.

Après 48 h, pour les plantes exposées à la lumière, 30 % de l'activité totale présente dans la feuille se retrouve dans les chloroplastes, dont 11 % dans la chlorophylle. Les plantes placées à l'obscurité ont absorbé 10 fois moins d'acide glutamique et une fraction infime de celui-ci se retrouve dans les chloroplastes, la xanthophylle et le chlorophylle. Ces résultats expérimentaux montrent que :

1° Les chloroplastes constituent, dans la cellule, un lieu d'accumulation pour l'acide glutamique (ou certains de ses produits de transformation) qui, dans le protoplasme, subit sous l'action de la lumière les modifications l'amenant à l'état de chlorophylle.

2° La chlorophylle n'est pas *in vivo* une substance stable puisque la quantité totale de pigments restant inchangée durant tout le cours de l'expérience, il apparaît une quantité croissante de pigments radioactifs au fur et à mesure que la quantité totale d'acide glutamique marqué absorbé par la plante augmente. Cette synthèse et destruction des pigments se font bien comme l'un de nous le prévoyait dans une précédente [Note (3)], sous l'action de la lumière puisque pour des plantes placées à l'obscurité la radioactivité de la chlorophylle est pratiquement nulle.

3° Enfin, le fait que les plantes exposées à la lumière aient absorbé 10 fois plus d'acide glutamique que celles placées à l'obscurité, montre clairement que l'activité photosynthétique d'une plante est liée à son métabolisme général aussi bien azoté que glucidique. Autrement dit, la réaction fondamentale de la photosynthèse (celle qui fait naître, puis entretient dans la cellule chlorophyllienne exposée à la lumière, son constant besoin en CO_2) semble bien être l'incessante synthèse et la destruction simultanée des molécules de chlorophylle.

En favorisant ce perpétuel renouvellement des pigments, la lumière, entre autres facteurs, oriente, dans un sens bien déterminé, toute une suite de réactions d'équilibre dont la première conditionne la fixation initiale de CO_2 et qui conduisent ensuite, en passant par un certain nombre d'autres produits dont l'acide glutamique, à la formation de chlorophylle, pour aboutir enfin à la libération de l'oxygène, probablement liée à la destruction de la molécule de chlorophylle.

---

(3) E. Roux, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1865.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *La spermatogenèse chez quelques Ptéridophytes.* Note de Mme **Jacqueline Vazart**, présentée par M. Raoul Combes.

Les Fougères étudiées édifient 32 androcytes par anthéridie, ou davantage si elles sont apogames. Ces cellules sont remarquables par leur petite taille et leurs caractères embryonnaires. Les mitoses spermatogènes sont simultanées. Des centrosomes ont été observés au cours de la dernière chez *Scolopendrium* et *Equisetum* dont, par ailleurs, les anthéridies contiennent un nombre variable de gamètes ♂.

Au cours de recherches morphologiques et cytologiques sur la différenciation des organes reproducteurs et des gamètes chez les Ptéridophytes, nous avons observé, entre autres, la formation des anthérozoïdes chez : *Equisetum arvense*, *Pteris Ouwardi*, *Pteris longifolia*, *Scolopendrium vulgare*, *Asplenium Trichomanes* et *Adiantum* sp.

On peut distinguer deux phases dans l'édification des éléments ♂ : celle pendant laquelle se forment, à partir de l'initiale de l'anthéridie, les cellules qui se transformeront en anthérozoïdes et les processus mêmes de cette transformation. Nous ne considérons ici que la première de ces deux séries de phénomènes.

Les noyaux du prothalle des espèces que nous avons examinées présentent tous un aspect analogue : leur diamètre varie de 6 à 8 μ, ils sont arrondis ou ovoïdes et contiennent un nucléoplasme achromatique sillonné de filaments réguliers, colorables en rose par le réactif de Feulgen; le réseau chromatinien qu'ils dessinent est peu dense et demeure très lisible. Les nucléoles, sphériques et de petite taille, sont au nombre de deux chez *Scolopendrium*, *Asplenium* et *Adiantum*, on en compte de 5 à 7 chez *Equisetum*. Ceux des *Pteris* ont une physionomie très particulière : de forme irrégulière, la substance nucléolaire, plus ou moins dispersée, montre une hétérogénéité marquée qui se révèle être constante par l'emploi de colorants polyvalents, tel le liquide de Mann-Orange, ou même avec l'hématoxyline et le violet de Gentiane.

C'est une cellule quelconque de la surface inférieure du prothalle qui donne naissance à l'anthéridie des Filicales. On la reconnaît tout d'abord grâce à une sorte de dédifférenciation qui lui restitue des caractères juvéniles : en effet, son noyau devient volumineux : 500 μ^3 en moyenne chez *P. longifolia*, que nous prendrons comme exemple, au lieu de 250 pour celui des cellules végétatives; par là-même, la structure euréticulée devient très apparente car la chromatine se détache nettement sur le fond nucléaire clarifié et transparent; en même temps la quantité de cytoplasme augmente; il devient plus homogène et plus dense. Bientôt, pendant le cours même de cette évolution, une première mitose, généralement oblique par rapport à la lame prothallienne, isole, d'une part, le pied de la future

anthéridie, semblable aux autres cellules somatiques et, de l'autre, une cellule volumineuse dont l'aspect embryonnaire va toujours s'accentuant. La seconde division intervient peu après. Elle est perpendiculaire à la surface du prothalle et la membrane qui se forme, sur le plan équatorial, sépare, du côté externe, une cellule en dôme à protoplasme raréfié et à noyau légèrement contracté, mère de l'enveloppe anthéridiale et, du côté interne, une cellule, en forme de toupie, emplie d'un cytoplasme dense au centre duquel le noyau atteindra bientôt son volume maximum : soit 700 μ^3, correspondant à un diamètre de 11 μ. Cette cellule est la souche de la lignée sexuelle ♂.

La cellule-mère des anthérozoïdes entreprend alors une série de divisions simultanées. Chez l'*Equisetum* leur nombre est variable et, dès la troisième, l'anthéridie se trouve divisée en 2 ou 3 secteurs qui, désormais, évolueront indépendamment l'un de l'autre, le synchronisme des mitoses n'étant respecté qu'à l'intérieur de chacun. Par contre, chez les Filicales, il n'y a qu'un unique secteur où, dans le cas général, 5 caryocinèses successives individualisent 32 androcytes. Cependant, chez les espèces apogames (*P. Ouwardi* et *longifolia*, *Adiantum* sp.) on observe fréquemment une sixième mitose spermatogène, parfois une septième et très exceptionnellement une huitième.

Les deux premières divisions spermatogènes s'effectuent parallèlement à la surface du prothalle et conduisent à l'édification d'un groupe aplati de quatre cellules. C'est généralement entre ces deux mitoses que se situe la première cinèse dans l'enveloppe de l'anthéridie; la troisième division a lieu dans un plan normal à la direction des deux premières et les quatrième et cinquième sont orientées obliquement, si bien que le contour final du contenu anthéridien est arrondi. Nous avons vérifié l'existence de centrosomes au cours de la dernière mitose spermatogène du *Scolopendrium vulgare* et d'*Equisetum arvense*. Il est probable qu'ils existent également chez les autres espèces. Chaque caryocinèse est suivie de la formation centrifuge, sur le plan équatorial, d'une membrane cellulaire dont l'épaississement ultérieur est d'ailleurs des plus réduits. D'autre part, la forme des chromosomes varie légèrement dans les générations successives : ils sont de plus en plus grêles et allongés et ceci joint au fait que la place dont ils disposent est de plus en plus réduite rend peu à peu plus délicate l'observation des figures mitotiques.

En effet, un des caractères de la spermatogenèse est la diminution de taille de tous les éléments cellulaires d'une génération à la suivante. A la cinquième, par exemple, le diamètre des noyaux n'atteint plus que 6 μ et leur volume est réduit à 100 μ^3 chez *P. l.* Cependant, cet état de choses ne se constate qu'à un moindre degré chez les espèces à développement normal, *Scolopendrium vulgare* et *Asplenium Trichomanes*. Il en découle,

néanmoins, que si le nombre des androcytes et, partant, celui des anthérozoïdes est variable, plus il est élevé, plus leurs dimensions sont exiguës.

D'autre part, lorsque les nucléoles des noyaux somatiques sont multiples et plus ou moins hétérogènes, on assiste à une régularisation de leur nombre et de leur forme au cours de la spermatogenèse; elle intervient au moment de leur réapparition en télophase, pendant l'une ou l'autre des mitoses selon le noyau considéré. Finalement, les androcytes de ces plantes sont de petites cellules polyédriques, à rapport nucléoplasmatique élevé, jointives, séparées les unes des autres par de fines membranes, emplies d'un cytoplasme dense qui entoure un noyau arrondi de structure euréticulée; celui-ci renferme, selon les espèces, 1, 2 ou 3 petits nucléoles sphériques et homogènes.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles recherches sur le mannitol et le syringoside de quelques Oléacées.* Note de M. **Victor Plouvier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Dans une autre Note (1), j'ai étudié la composition glucidique de 26 Oléacées, recherchant, en particulier, le mannitol et le syringoside. Le présent travail poursuit l'analyse de plusieurs plantes déjà mentionnées, examine 10 espèces nouvelles et apporte des précisions sur la répartition du syringoside. Les méthodes d'extraction et d'identification, déjà décrites, restent les mêmes.

Pour compléter l'étude inachevée des *Syringa*, *Ligustrum* et *Jasminum*, j'ai examiné les écorces de *Syringa vulgaris* L., *S. persica* L., *S. amurensis* Rupr., *S. Emodii* Wall., *Ligustrum vulgare* L., *L. lucidum* Ait., *L. ovalifolium* Hassk., *L. amurense* Carr., les feuilles de *Jasminum fruticans* L., *J. Wallichianum* Lindl., *J. abyssinicum* R. Br. Les espèces suivantes comportent les examens séparés des écorces et des feuilles : *Fraxinus Ornus* L., *F. juglandifolia* Lam., *F. pistaciæfolia* Torr.; *Syringa pekinensis* Rupr., *Notelæa excelsa* Webb et Bert., *Olea europæa* L., *O. lancea* Lam. *Ligustrum japonicum* Thunb., *Jasminum officinale* L., *J. Beesianum* Forrest et Diels. Quelques autres organes ont été étudiés à part : racines, bois de tiges (avec moelle), fruits de *Syringa vulgaris*, racines de *Ligustrum ovalifolium*, fruits de *L. japonicum* et de *Fraxinus excelsior*.

Le mannitol a été obtenu à l'état pur à partir de toutes les espèces et de tous les organes : sa présence est générale chez les Oléacées. Isolé facilement des fruits verts de *Syringa* et *Fraxinus*, il se trouvait en quantité insignifiante dans les fruits mûrs et secs. Le saccharose a seulement été extrait du bois de *Syringa vulgaris* et des feuilles de *Jasminum Beesianum*.

(1) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 604.

Le syringoside a été isolé des racines, écorces et bois de *Syringa vulgaris*, des écorces des quatre autres *Syringa*, des racines et écorces de *Ligustrum ovalifolium*, des écorces de *L. vulgare*, *L. amurense*, *Fraxinus juglandifolia*, *F. pistaciæfolia*, des écorces et feuilles de *Notelæa excelsa*, des feuilles de *Jasminum fruticans*, *J. Wallichianum*, *J. abyssinicum* (quelques cristaux seulement), *Phillyrea angustifolia*. Les écorces de racines étaient beaucoup moins riches que celles de tiges. Les extraits déféqués d'écorces des *Olea* ont donné, avec SO_4H_2, une légère coloration bleue pouvant faire penser au syringoside, mais aucune cristallisation n'a été observée. Le syringoside n'a pas été obtenu avec le *Ligustrum lucidum* et le *L. japonicum* qui sont des espèces très voisines; or, Vintilesco l'a isolé des écorces et feuilles de *L. lucidum* Buch-Ham ([2]). Des essais effectués à diverses époques de l'année sur cinq pieds de *L. japonicum* de provenances différentes sont restés sans résultat. Les écorces de *Fraxinus excelsior* et *F. Ornus* renferment du fraxoside (liqueurs très fluorescentes), mais pas de syringoside; celles de *F. juglandifolia* et *F. pistaciæfolia* semblent dépourvues de fraxoside, mais sont riches en syringoside. Les compositions hétérosidiques de plantes voisines ne sont donc pas forcément identiques.

Pour savoir à quel moment de la végétation le syringoside apparaît dans les écorces et feuilles de quelques espèces, j'ai appliqué plusieurs fois la méthode d'extraction au cours de leur développement. Chez l'*Osmanthus aquifolium*, le syringoside n'a pas été obtenu avec les jeunes pousses à la fin de mai, les écorces et les feuilles à la fin de juin; il faut attendre au début d'août pour en trouver un peu dans les écorces, en octobre pour l'extraire des feuilles; les teneurs sont plus élevées en janvier. Chez le *Ligustrum ovalifolium*, les écorces de l'année donnent un résultat négatif en juillet et en août, positif en octobre; les feuilles, même en janvier, n'en ont pas fourni. Chez le *Jasminum fruticans*, les résultats sont négatifs en juin, positifs en octobre (rameaux de l'année, verts, non florifères; feuilles). Vintilesco avait d'ailleurs signalé, chez le *J. nudiflorum* Lindl., que la proportion de syringoside retirée en mai est beaucoup plus faible qu'en février ([2]). Ainsi, cet hétéroside apparaît tardivement au cours de la végétation, dans les tiges qui ont achevé leur croissance, plus tard encore dans les feuilles. On a donc plus de chances de le rencontrer dans les feuilles persistantes que dans les feuilles caduques; les écorces en renferment plus en hiver qu'en été : on peut le ranger parmi les substances dites de réserve.

Vintilesco avait indiqué l'absence de syringoside dans le *J. officinale* en opérant sur des tiges feuillées cueillies en mai ([2]); j'ai confirmé ce résultat négatif sur un matériel récolté en novembre. Le *J. Beesianum* en

([2]) J. Vintilesco, *J. Pharm. Chim.*, 24, 1907, p. 145 et 529; 25, 1907, p. 373.

est également dépourvu (juin et novembre). Ainsi, la présence de syringoside n'est pas plus générale chez les *Jasminum* que chez les *Ligustrum* et *Fraxinus*.

La méthode biochimique de Bourquelot appliquée aux extraits déféqués a révélé, dans tous les cas, l'existence d'hétérosides hydrolysables par l'émulsine. La plupart des indices, compris entre 150 et 400, donc très inférieurs à celui du syringoside (570), correspondent à des hétérosides différents. L'action de l'émulsine fait apparaître, notamment pour les écorces des *Syringa* et des *Olea*, une coloration rouge qui se rassemble dans le toluène (aglycone oxydable ?) ; l'hydrolyse du syringoside ne donne pas cette coloration.

En résumé, le mannitol a été extrait de toutes les Oléacées examinées et le syringoside de plusieurs espèces (il n'avait pas encore été signalé dans les genres *Fraxinus* et *Notelæa*). Cet hétéroside se rencontre surtout dans les tiges un peu âgées et les feuilles persistantes.

CYTOLOGIE. — *Données qualitatives sur la colorabilité et la sensibilité* in vitro *aux attaques enzymatiques de l'acide désoxyribonucléique.* Note de M. C. **Durand**, présentée par M. Maurice Caullery.

Dans une Note précédente (1), nous avons montré, qu'après hydrolyse acide, les formations chromatiniennes de la spermatogenèse de *Gryllus bimaculatus* perdent leur affinité pour le vert de méthyle et deviennent entièrement pyroninophiles. D'après N. B. Kurnick (2), ce phénomène est dû à une dépolymérisation de l'acide désoxyribonucléique (D. N. A.) Si l'hydrolyse acide est suivie d'une digestion par la ribonucléase, plus rien ne se colore par le mélange de Unna. Le réactif de Schiff ne donne plus qu'une très pâle coloration au niveau des têtes de spermatozoïdes mûrs. Pour préciser ces observations, nous avons entrepris un contrôle *in vitro*.

Technique et remarque préalable. — Une solution aqueuse, à 4 mg/cm^3, de désoxyribonucléate de sodium extrait du thymus de Veau, contaminé par de faibles quantités d'histones et hautement polymérisé (3), est étalée sur lamelle comme un frottis de sang. Ces frottis sont fixés 6 mn au Zenker ou au Helly, soumis à des hydrolyses diverses et colorés, soit par le mélange de Unna, soit par le réactif de Schiff.

Les résultats obtenus avec cette technique se placent délibérément en dehors des conditions de structure et d'organisation propres à la cellule. C'est ainsi que les liaisons acide nucléique-protéine ne sont pas mises

(1) *Bull. Biol.*, 85, 1951, p. 419-421.

(2) *J. Gén. Physiol.*, 33, n° 3, 1950, p. 243.

(3) Mme Khouvine nous a procuré les échantillons de D. N. A.

en jeu. La quantité de produit employée, par rapport à la surface d'attaque qu'elle offre aux acides et aux enzymes, sont également sans commune mesure avec celles qu'offrent les structures chromosomiques. Enfin les différences spécifiques existant entre le D. N. A. du thymus de Veau et celui des cellules sexuelles d'un Orthoptère, interdisent une assimilation trop directe des résultats obtenus dans des conditions aussi différentes. Ceci posé, il existe des analogies frappantes entre les résultats obtenus sur des étalements de D. N. A. et ceux que donnent les coupes.

1° *Action de la ribonucléase.* — Après fixation, les frottis de D. N. A. sont colorés en vert bleuté par le mélange de Unna. Cette teinte, due à la superposition d'une faible pyroninophilie à l'affinité normale pour le vert de méthyle, témoigne de la présence, dans notre produit, d'une certaine quantité de D. N. A. dépolymérisé. Après incubation pendant 1 h 30, dans une solution aqueuse de ribonucléase à 0,5 ‰ (—pH 6,5 —6, 9), le mélange de Unna ne donne plus qu'une teinte verte. Le réactif de Schiff ne donne aucune coloration sensible. L'eau distillée n'a aucune action, comme le montrent les témoins.

2° *Action de l'acide chlorhydrique.* — Les hydrolyses acides (dans HCl normal à 37°), variant de 30 mn à 3 h, provoquent le développement d'une pyroninophilie de plus en plus intense avec l'accroissement du temps d'hydrolyse. La préparation passe ainsi du bleu violacé au violet, puis au pourpre. Dans le cadre de l'hypothèse de Kurnick, on peut penser que ce virage correspond à la dépolymérisation de zones de plus en plus profondes de la couche de D. N. A. Dans les mêmes conditions, l'intensité de la réaction de Feulgen croît lorsqu'on augmente la durée des hydrolyses, jusqu'à une certaine limite au-delà de laquelle il y a perte progressive de toute colorabilité.

Notons qu'un frottis de D. N. A. dépolymérisé, provenant de l'épithélioma atypique du Rat, s'est révélé, sans hydrolyse acide, Feulgen positif et pyroninophile.

3° *Action de* HCl *suivi par la ribonucléase.* — Si on fait agir la ribonucléase, après les hydrolyses acides permettant le développement de l'intensité maximum de la pyroninophilie ou de la Feulgen-positivité, il n'est plus possible de colorer la préparation. L'eau distillée n'a aucune action comparable. Nous avons effectué cet ensemble d'opérations successives sur un même frottis de D. N. A. Celui-ci est d'abord traité en entier par l'acide chlorhydrique. Après lavage, la moitié seulement de la préparation est incubée dans la ribonucléase. Puis les deux extrémités de la lame présentant les deux zones ainsi réalisées sont respectivement colorées par le mélange de Unna et par le réactif de Schiff. La Feulgen-positivité et la pyroninophilie ne se manifestent alors que dans les zones de la préparation

non soumises à l'action de la ribonucléase. L'examen microscopique des résidus incolores montre qu'il ne s'agit pas d'un simple décollement.

Dans ces conditions, et en admettant provisoirement le terme de « dépolymérisation », on peut formuler les conclusions suivantes :

1° La pyronine colore l'acide désoxyribonucléique dépolymérisé et ne permet donc pas de le distinguer de l'acide ribonucléique. 2° La ribonucléase attaque l'acide désoxyribonucléique dépolymérisé et ne le distingue pas davantage de l'acide ribonucléique. Ces données doivent permettre la révision de certaines notions concernant la répartition intracellulaire des deux types d'acides nucléiques, établies grâce à la coloration de Unna et l'action de la ribonucléase (4). 3° La réaction de Feulgen ne colore que l'acide désoxyribonucléique fortement dépolymérisé (5). 4° Les formations colorées par le vert de méthyle, qui ne se colorent pas par le réactif de Schiff et qui résistent à l'action de la ribonucléase, sont constituées par de l'acide désoxyribonucléique hautement polymérisé (6).

ENTOMOLOGIE APPLIQUÉE. — *Recherches sur l'activité insecticide du toluène 3-4 dithiophénol.* Note (*) de Mlle **Suzanne Tocaven**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Lors d'une étude sur des insecticides soufrés, dérivés d'hydrocarbures cycliques, nous avons essayé le dérivé dithiophénolique 3-4 du toluène.

Ce produit se présente comme un solide blanc, altérable par maintien à la lumière ou au contact de l'air. Son odeur pénétrante est nauséeuse.

Sa grande solubilité dans l'acétone et le benzène a rendu les essais insecticides faciles.

Nous avons recherché le pouvoir insecticide de ce corps sur les insectes suivants : *Gryllus domesticus*, *Bruchus pisi* et sur larves *d'Ephestia Kühniella.*

A. Effets insecticides du produit. — 1. *Sur Gryllus domesticus.* — 1° *Essais de contact et inhalation à la fois.* — A doses fortes, de l'ordre de 31 mg par boîte de Petri pour environ 0,5 mg/cm² de papier imprégné, l'effet est foudroyant. La mort se produit en quelques heures après des accidents convulsifs spectaculaires.

(4) En cours de rédaction, nous avons pris connaissance d'un article de Hoff Jörgensen et Zeuthen (*Nature*, 9 février 1952) qui montre que le cytoplasme de l'œuf de Grenouille contient environ 5000 fois plus de D. N. A. que le noyau.

(5) Stedmen et Stedman, *Nature*, 152, 1943, p. 267.

(6) Pollister et Leuchtenberger, *Proc. Nation. Acad. Science U. S. A.*, 35, n° 2, 1949.

(*) Séance du 31 mars 1952.

A doses moyennes, de l'ordre de 15 mg par boîte, la mortalité est encore forte, dans un délai maximum de 24 h.

A doses encore plus faibles, de l'ordre de 8 mg par boîte, l'activité est réelle à la plus grande échéance. Les symptômes d'intoxication sont atténués quant à leur manifestation. Ceux-ci sont parmi les plus caractéristiques : le rejet abondant et immédiat des fèces, une excitation précoce des grillons avec course, sauts brusques entraînant l'apparition d'autotomie. Les membres rentrent en convulsion, et juste avant la mort, on observe des essais infructueux d'envol avec déploiement des ailes en perpendiculaire par rapport à l'axe du corps. Certains meurent de cette façon.

2° *Essais d'inhalation seule.* — En plaçant quelques Grillons sur une toile métallique fixée à mi-hauteur d'un bécher, au fond duquel on a étalé quelques centigrammes du produit, on observe une excitation presque immédiate, le rejet des fèces, des sauts, le même phénomène d'autotomie et la mort en contraction après 16 h d'exposition.

3° *Essais par ingestion.* — En mêlant le produit à de la farine finement pulvérisée et en donnant le mélange ainsi préparé aux Grillons, on note 88 % de mortalité en 24 h. Ces symptômes, trop rapides pour être imputables à une action d'ingestion, semblent plutôt dus à une action mixte de contact et d'inhalation.

2. *Sur Bruchus pisi.* — On a recherché les effets de contact et d'inhalation seulement.

A raison de 16 mg par boîte, on a déjà en 2 h, 45 % de mortalité. L'immobilisation est presque instantanée avec, chez les individus non paralysés complètement, quelques mouvements sans grande envergure limités aux articulations des pattes.

A doses moindres, les résultats sont encore fort intéressants. A raison de 8 mg par boîte, on note dans un essai une mortalité générale en 16 h et dans un autre en 24 h.

3. *Essais sur larves d'Ephestia.* — Par contact et inhalation, le toluène dithiol se comporte également comme un toxique pour des larves de taille moyenne, capables dans leur état normal d'une certaine activité. Ici encore, on observe une immobilisation des larves et mort à assez brève échéance.

B. Observations au sujet de l'utilisation du toluène dithiol. — Il ressort de ces expériences que le toluène dithiol est un poison pour les insectes. Mais son activité est conditionnée par le maintien de son intégrité chimique, elle-même fonction du temps d'exposition à l'air et à la lumière. En effet, son oxydabilité est très grande, le corps ayant tendance à se transformer dans le dérivé disulfoxyde correspondant. Cette instabilité a permis d'expliquer les grandes variations observées dans les résultats d'expériences semblables, menées dans les mêmes conditions. En effet, des

essais faits en parallèle avec des solutions récentes et anciennes ont montré des écarts de résultats très sensibles.

Il faudrait donc ajouter aux solutions de toluène dithiol un anti-oxygène suffisamment fort pour entrer en compétition avec le dithiophénol étudié.

C. Voies de pénétration du produit et essais d'explication des symptomes observés. — Les différents essais effectués permettent de penser que le toluène dithiol est capable de pénétrer à la fois par contact et par voie trachéenne. En effet, la grande solubilité du produit dans les graisses plaide en faveur d'une pénétration cuticulaire et d'une action de contact. De plus, les essais, où l'inhalation seule entre en jeu, ont été couronnés de succès.

Le poison agit, semble-t-il, en bloquant la respiration cellulaire. Ceci permettrait d'expliquer les symptômes nerveux de paralysie progressive et surtout la rapidité d'action du produit.

D. Hypothèse sur l'action biochimique possible du produit. — Une hypothèse d'action particulièrement séduisante apparaît si l'on réfléchit à la grande facilité avec laquelle le dithiocrésol 3-4 donne des mercaptides avec des traces de métaux. Il semble qu'il puisse être capable, dès qu'il a pénétré dans les tissus internes, à métabolisme actif, de bloquer les réactions diastasiques en captant les traces de fer ou de cuivre indispensables au fonctionnement des transporteurs d'hydrogène (des cytochromes et de la cytochrome oxydase entre autre), ainsi que des oxydases. Cette action serait alors comparable à celle des cyanures.

Une expérimentation rigoureuse devra prochainement vérifier cette hypothèse.

PROTISTOLOGIE. — *Observation vitale et colorations de l'argyrome chez les Astomes*. Note de M. **Pierre de Puytorac**, présentée par M. Louis Fage.

En 1926, Klein, par la technique d'imprégnation au nitrate d'argent réduit à la lumière appliquée aux Infusoires desséchés sur lame, met en évidence à la surface de nombreux Ciliés l'existence d'un système de lignes argyrophiles plus ou moins sinueuses, isolées ou anastomosées et s'attache à montrer que ce *Silberliniensystem* est un centre générateur des cils et des trichocystes. A partir de 1930, Chatton et ses collaborateurs améliorent la technique de Klein et confirment l'existence d'un système argyrophile, ou argyrome (Chatton et Lwoff), dont ils reconnaissent (1935-1940) l'indépendance et l'autonomie vis-à-vis de l'appareil ciliaire.

Poussant plus loin leur démonstration, ils ajoutent aux différences topographiques certaines « différences substantielles » qu'ils mettent en

évidence chez *Glaucoma*, entre « le système coloré » et le « système imprégné ». Ils caractérisent le cinétome comme acidostable, colorable et le plus souvent imprégnable, alors que l'argyrome *est essentiellement acido-labile et incolorable. Il n'est nettement et complètement imprégné que par l'argent.*

Ces conclusions, admises aujourd'hui et auxquelles il n'a été signalé aucune exception, à notre connaissance, ne s'appliquent pas totalement aux Astomes. Chez ces Ciliés, dont nous avons déjà caractérisé les dispositions variées de l'argyrome [1], nous constatons que l'observation directe au microscope ordinaire ou mieux au microscope à contraste de phase, permet d'observer ces structures avec une netteté suffisante pour que des photographies puissent en être faites. La comparaison avec des photographies des mêmes espèces prises après imprégnation enlève toute incertitude, s'il pouvait en subsister, quant à la nature « argyromique » des formations considérées comme telles, observées vitalement.

Nous avons pu ainsi vérifier *in vivo* chez plusieurs Astomes appartenant à la famille *des Anoplophryidæ* (diverses espèces *d'Anoplophrya*) et *des Hoplitophryidæ* (*Metaradiophrya*, *Radiophrya*, *Acanthophrya*, *Maupasella*) la réalité des dispositions que nous avions décrites, ou encore inédites (pour les *Hoplitophrya* et *Intoshinella*). Les études précédentes montrant ainsi que l'argyrome est une structure réelle, nous avons tenté sur elle l'emploi des colorants vitaux. Le vert Janus nous a donné de bons résultats, là encore sans qu'aucune confusion soit possible avec aucune autre structure, en particulier avec des arrangements mitochondriaux. C'est bien le réseau à mailles polygonales disposées en deux rangées longitudinales entre les cinéties, tel qu'il est mis en évidence après imprégnation argentique, qui est coloré, par exemple, de cette manière, chez *Radiophrya prolifera* (Clap. et Lach.). De tels résultats sur une formation réputée incolorable, nous ont conduit à des essais de coloration sur coupes. Nous avons pu constater que, dans ces conditions aussi, les structures argyrophiles peuvent être également démontrées par l'hématoxyline après fixation au Champy. Les imprégnations assez poussées révèlent parfois comme Gélei et comme Chatton l'ont observé, à côté du réseau primaire ou argyrome proprement dit, un réseau plus profond, interne, à petites mailles, dit réseau secondaire, correspondant peut-être à l'imprégnation d'alvéoles cytoplasmiques. Or, c'est bien le réseau primaire, de disposition caractéristique, que nous avons coloré ainsi chez *Metaradiophrya lumbrici* (Duj.) et non des alvéoles cytoplasmiques disposées sans ordre.

D'après une rapide étude *in vivo* chez *Paramecium caudatum* (Ehrb.) où l'argyrome à mailles polygonales est également visible dans les régions

---

(1) *Arch. Zool. exp. et gén.*, 88, 1951, Notes et revues, p. 49-58.

claires, le cas des Astomes n'est pas exceptionnel. Si l'argyrome n'a pas été observé encore vitalement, c'est par suite des difficultés que créent dans cette étude l'encombrement et l'opacité des cellules. A ce point de vue, les Astomes, dont le cytoplasme est presque toujours clair et d'une étude plus facile, sont un matériel de choix.

Chatton a montré l'existence d'un argyrome chez les Schizogrégarines, Coccidies et Péridiniens. Chez ces derniers (*Polykrikos*, *Noctiluca*), Hovasse a constaté une bonne révélation de l'argyrome par imprégnation osmique (inédit). Peut-être ne serait-il pas inutile de le rechercher également dans ces groupes par application des précédentes méthodes.

En résumé, nos observations sur les Astomes montrent que l'argyrome, jusqu'alors connu et révélé uniquement par imprégnation argentique est une structure réelle, observable sur le vif, soit par étude directe, au contraste de phase en particulier, soit par coloration au vert Janus. Ce système peut être enfin coloré par l'hématoxyline, contrairement aux idées développées par Chatton et Brachon, par généralisation de leurs résultats chez *Glaucoma*. La théorie de la continuité génétique des cinétosomes n'est nullement atteinte, mais sont ainsi atténuées certaines différences qu'ils avaient énoncées entre cinétome et argyrome.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Variations observées à l'aide de la méthode autohistoradiographique dans le métabolisme iodé, au niveau des formations thyroïdiennes chez* Lebistes reticulatus *traité par la thyroxine, les protéines iodées ou la thiourée*. Note (*) de M. JEAN VIVIEN et Mlle MARIE-LOUISE GAISER, présentée par M. Maurice Caullery.

Au cours d'études entreprises sur la physiologie thyroïdienne des Cyprinodontes, nous avons été amenés à tester, à l'aide du Radioiode, certaines formes de l'activité thyroïdienne.

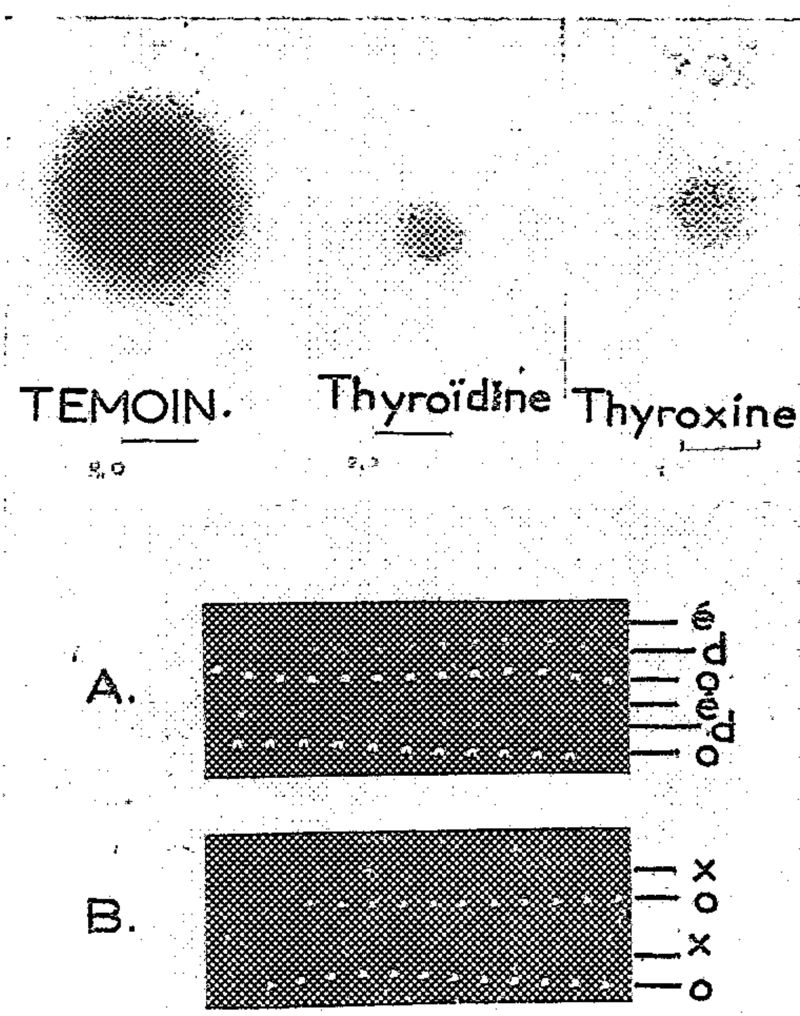
De jeunes *Lebistes* provenant de mêmes portées, sont placés, dès la naissance, dans des aquariums de 1500 cm³ et soumis immédiatement au traitement par la thyroxine (thyroxine de synthèse Roche) additionnée d'eau à la dose de 0,02 %, par les protéines iodées (thyroïdine Byla) à la dose de 0,02 %, ou par la thiourée à la dose de 0,03 %; les substances actives sont renouvelées chaque semaine avec l'eau jusqu'au traitement par le radioiode, instauré à partir du 18ᵉ jour, à raison de 200 μC/l administrés en une fois sous forme d'iodure de potassium (¹).

Des prélèvements ont été faits dans les populations traitées après 48, 72, 96, 144, 192, 264, 360, 528 et 600 h du traitement radioactif. Les jeunes,

(*) Séance du 31 mars 1952.

(¹) Iode 131, fourni par l'Institut de Recherches nucléaires de l'Université de Strasbourg.

prélevés parmi les témoins et les animaux traités par les agents thyroïdiens et antithyroïdiens, ont été fixés au formol acétique et débités en coupes sériées à la paraffine.



Marques d'ionisation obtenues sur plaques après 96 heures d'exposition, à partir de coupes transversales de région hypoglosse provenant de Lebistes traités par le radio-iode pendant 264 heures (l'échelle qui figure sous chaque marque représente 2/10 mm). La marque témoin provient de Lebistes élevés dans l'eau pure + I-131, les autres marques proviennent de Lebistes traités concurremment par I-131 et thyroïdine, ou par I-131 et thyroxine.

A, image d'une plaque impressionnée par des coupes provenant d'animaux traités par la thiourée (*e*), la thyroïdine (*d*) ou d'animaux témoins (*o*). — B, image d'une plaque impressionnée par des coupes provenant d'animaux traités par la thyroxine (*x*).

Les radiogrammes repérés et rapportés avec précision aux coupes ultérieurement colorées par les méthodes histologiques courantes permettent de constater les faits suivants :

1° L'iode se concentre rapidement au niveau de l'intestin et des branchies chez tous les animaux traités; cette concentration de l'iode est beaucoup moins rapide et moins intense chez les animaux traités par la thyroxine, les protéines iodées et la thiourée que chez les témoins; elle est transitoire et disparaît complètement en ce qui concerne l'intestin, si l'on isole les jeunes du milieu radioactif pendant 48 h avant de les sacrifier; elle persiste de façon à peine perceptible, en ce qui concerne les branchies, chez les animaux ainsi isolés du milieu radioactif;

2° L'iode radioactif n'apparaît au niveau des formations thyroïdiennes, de façon décelable sur les plaques sensibles, qu'entre 72 et 96 h après l'introduction du radioiode dans le milieu; en ce qui concerne les témoins,

elle a atteint son maximum vers la 192[e] heure et s'est maintenue au même niveau au cours des prises successives qui ont été faites; chez les animaux traités par la thyroxine et la thyroïdine, la présence du radioiode dans la thyroïde n'est décelable qu'à partir de la 144[e] heure et les traces relevées sont encore extrêmement faibles à la 192[e] heure de traitement; ces traces restent, jusqu'à la 600[e] heure, beaucoup plus faibles que chez les témoins. Chez les animaux traités par la thiourée, la présence de radioiode dans les formations thyroïdiennes n'a pu être décelée dans aucun cas.

Conclusions. — Ces observations préliminaires, faites sur de jeunes *Lebistes* impubères, permettent de penser : 1° que la concentration du radioiode primitivement placé dans le milieu ambiant, à la dose indiquée, se fait très lentement au niveau de la thyroïde chez les animaux normaux; 2° que la voie de pénétration du radioiode est vraisemblablement double, intestinale et branchiale; 3° que le traitement par la thyroxine ou les protéines iodées tend à inhiber, au moins partiellement, la pénétration de l'iode dans les épithéliums et les vésicules thyroïdiennes; cette inhibition semble correspondre à un freinage de l'activité thyroïdienne, qui se traduit histologiquement par la diminution du nombre des vésicules et par l'aplatissement des cellules thyroïdiennes; il existerait donc, chez les Poissons, une réaction « d'atrophie compensatrice », en présence de la thyroxine ou des protéines iodées, telle qu'elle a été définie par Selye et par Courrier à propos des Mammifères; 4° que le traitement par la thiourée semble supprimer toute pénétration de l'iode radioactif dans les formations thyroïdiennes en voie d'hypertrophie et d'hyperplasie.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La croissance de* E. Coli *B avec les acides aminés comme seule source d'azote.* Note de MM. **Jacques Panijel** et **Joseph Huppert** présentée par M. Maurice Javillier.

Le dernier paragraphe de la Note présentée le 10 mars 1952 n'exprimant pas clairement dans sa concision les faits consignés dans la Note, nous le remplaçons par le texte suivant :

« On voit, d'après ces résultats, que rien ne permet de considérer comme différents les mécanismes de croissance utilisant l'azote ammoniacal et ceux utilisant l'azote de désamination des acides aminés dits de « bonne croissance ». Il en va autrement pour la tyrosine et le tryptophane, dont l'utilisation médiocre comme source d'azote ne résulte pas de l'accumulation de produits toxiques, puisque, comme nous le montrerons dans une prochaine Note [1], il est possible d'améliorer sensiblement les conditions de croissance de *E. Coli* B sur ces acides aminés. »

---

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1495.

PHARMACODYNAMIE. — *Étude expérimentale des effets de l'amide de l'acide nicotinique dans la tuberculose.* Note (*) de MM. **Constantin Levaditi** et **Aron Vaisman**, présentée par M. Gaston Ramon.

Comme suite à nos recherches consacrées à l'étude expérimentale chez la Souris des effets antituberculeux de la β-pyridine-aldéhyde-thiosémicarbazone (1) et de son isomère, la γ-pyridine-aldéhyde-thiosémicarbazone (2) (G. 469 et G. 527), nous avons entrepris des essais analogues avec l'amide de l'acide nicotinique. Rappelons que les propriétés antibacillaires de cette amide, aussi bien *in vitro* qu'*in vivo*, ont été mises en évidence par Chorine (3), qui a constaté chez le Cobaye un arrêt net de l'évolution du processus tuberculeux. Des essais sur l'Homme ont été entrepris par Huant en 1945 (4). Citons également un travail de Mc Kenzie, Malone, Kushner, Oleson et Subba Row (5) se référant au même sujet (acide nicotinique et son amide). Les auteurs ont précisé l'effet antituberculeux de ces composés chez la Souris (contamination intraveineuse; administration du médicament avec la nourriture). La nicotinamide et 30 de ses dérivés substitués (dans le groupement acide ou dans le noyau) ont été éprouvés; l'amide de l'acide nicotinique s'est révélée la plus active, les diverses substitutions augmentant sa toxicité et diminuant son activité thérapeutique; les résultats se sont traduits par un arrêt dans l'évolution de la bacillose pulmonaire de la Souris.

Résultats. — 1° *Tolérance.* Parfaitement tolérée à 50 mg par souris de 20 g. 2° *Activité bactériostatique et bactéricide* in vitro (souches H. 512 et S. A. P. C.) : *pratiquement nulle* (1g/l). 3° *Activité* in vivo.

Technique (6). — Deux lots de souris (pesant 18 à 20 g). *Le premier* comprend des sujets témoins non traités, *le second* des animaux traités par 20 mg du composé, administrés *per os* (sonde gastrique), quotidiennement et dès le lendemain de la contamination (1,5 mg BK, souche H 512, culture sur milieu Löwenstein agée de 4 semaines). Examen des sujets morts, ou survivants le 47e jour et sacrifiés à cette date, du point de vue des altérations microscopiques du poumon, de la teneur en BK de cet organe, et évaluation du temps de survie.

(*) Séance du 31 mars 1952.

(1) C. Levaditi, A. Girard, A. Vaisman et A. Ray, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1174; *Ibid.*, 232, 1951, p. 770; *C. R. Soc. Biol.*, 145, 1951, p. 60.

(2) C. Levaditi, A. Girard, A. Vaisman et A. Ray, *Ann. Inst. Pasteur*, 82, 1952, p. 102.

(3) *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 150.

(4) *Gaz. Hôp.*, 1945; *ibid.*, n° 10, 1952, p. 117.

(5) *J. Lab. Clin. Med.*, 33, 1948, p. 1249.

(6) Celle utilisée couramment dans toutes nos recherches, dérivée de celles de Shpanier et Chertkova (*Problems of tuberculosis*, n° 4, 1944, p. 9) et de Youmans et Mc Carter (*Quart. Bull. Northwestern Univ. Med. School*, 19, 1945, p. 210).

1. Souris témoins. — *a. Mortalité* (entre 20 et 39 jours) : 94,7 %; *survie* : 5,3 %. *b. Altérations microscopiques pulmonaires* : + + + + = 26 %; ∞ = 74 % (au total 100 %). Il s'agit de lésions térébrantes et diffuses intéressant toute la surface pulmonaire. *Poumon normal* : 0/5 ([7]). *c. Taux bacillaire du poumon* : entre + + + et ∞ = 100 %.

Donc, *infection intense et presque constamment mortelle.*

2. Souris traitées. — *a. Mortalité le 46e jour* (entre 35 et 42 jours) : 10 %; *survie* : 90 %. La quantité maxima de médicament administrée a atteint 760 mg le 46e jour. Fait surprenant, on a constaté que, contrairement aux sujets témoins, toutes les souris traitées survivantes avaient conservé un aspect normal, sans perte de poids appréciable.

b. Altérations pulmonaires. — Macroscopiquement, ces altérations étaient nettement dissemblables de celles des souris témoins et, de façon générale, de toutes les souris traitées par des médications antituberculeuses efficaces autres que l'amide de l'acide nicotinique. En effet, il s'agissait d'abcès de volume variable (0,5 à 1 mm), contenant du pus et parfaitement isolés du reste des poumons. *Microscopiquement*, on constatait que ces abcès respectaient, dans environ 40 % des cas, l'intégrité du tissu pulmonaire. Leur intensité était la suivante : entre + — et + = 40 %; entre ++ et ∞ = 60 %. *Poumon normal* : entre 0/5 et 1/5 = 15 %; entre 2/5 et 4/5 = 85 %. Donc, prédominance de la surface pulmonaire demeurée intègre.

c. Taux bacillaire du poumon : + = 20 %; entre ++ et ∞ = 80 %. Les bacilles tuberculeux étaient présents surtout dans les abcès pulmonaires décrits ci-dessus.

L'ensemble de ces constatations permet les conclusions suivantes :

1° L'amide de l'acide nicotinique, parfaitement tolérée par les souris préalablement tuberculisées, est totalement dépourvue d'effets bactériostatiques ou bactéricides *in vitro*;

2° Un traitement adéquat par cette amide permet la survie de 90 % des souris en expérience pendant au moins 45 jours, ces souris conservant leur aspect normal en dépit d'une contamination qui, chez les témoins, provoque le décès dans 94,7 % des cas, avec des modifications histopathologiques diffuses et intenses;

3° Ce même traitement engendre un véritable enkystement des altérations bacillifères du poumon et respecte ainsi presque totalement l'intégrité de la surface de l'organe.

Résumé. Il semble que l'amide de l'acide nicotinique agit curativement dans la tuberculose expérimentale de la Souris par un mécanisme différent de celui des agents antituberculeux réellement efficaces, tels la streptomycine, le TbI *(de Domagk) et même le* PAS. *En effet, il est question, en l'occurrence,*

([7]) Cette fraction représente le rapport de la surface pulmonaire demeurée intègre à l'ensemble de cette surface, représentée par le chiffre 5.

moins d'effets microbicides proprement dits, que d'une action, probablement vitaminique, sur l'ensemble des moyens défensifs de l'organisme, laquelle, en provoquant un enkystement des bacilles au sein d'abcès pulmonaires bien délimités, prolonge la vie des animaux traités (8).

MICROBIOLOGIE. — *Mutants sélectionnés ou provoqués par le bactériophage chez* Pasteurella pestis. *Leur réversibilité éventuelle. Intérêt doctrinal et épidémiologique.* Note (*) de M. **Georges Girard**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Le bactériophage peut sélectionner ou provoquer chez *Pasteurella pestis* l'apparition de mutants qui se comportent comme des saprophytes. A deux reprises un retour aux propriétés de la souche d'origine a été observé. Si le phénomène dont le processus nous échappe se produit dans la nature comme on est fondé à le penser, il permet d'éclairer certaines obscurités qui persistent toujours dans l'épidémiologie de la peste.

Pasteurella pestis est parmi les microorganismes pathogènes celui qui offre le plus d'homogénéité à l'égard des bactériophages spécifiques. Cette propriété est mise à profit, en pratique courante, pour confirmer l'authenticité ou contrôler la pureté d'une souche de peste. Quand des cultures secondaires apparaissent en milieu liquide, ce n'est jamais avant plusieurs jours; elles sont toujours difficilement repiquables et celles dont nous avons réussi pour un temps à maintenir la vitalité se caractérisaient par une dégradation plus ou moins accusée de la virulence et de la valeur antigène par rapport à la souche d'origine, mais leurs propriétés biochimiques étaient identiques. Il s'agissait de variantes plus que de véritables mutants (1).

Nous rapportons dans cette Note deux constatations fortuites faites à cinq années d'intervalle dans deux circonstances indépendantes l'une de l'autre, mais qui ne sont pas sans analogie quant aux déductions qu'elles nous semblent comporter.

1. En janvier 1946, procédant au contrôle de la pureté d'une suspension de la souche de *P. pestis* E. V. (Girard et Robic) avec laquelle nous venions d'ensemencer plusieurs boîtes de gélose nutritive, le tube de bouillon additionné de bactériophage présentait un trouble très marqué après 48 h. L'hypothèse d'une souillure, à laquelle nous pensons dès l'abord, est écartée. Le germe en cause a bien gardé la morphologie de *P. pestis*; il est Gram négatif et immobile. Par ailleurs, il n'a plus aucun des caractères antigéniques, immunisants ou biochimiques de la souche E. V. (2). Il cultive rapidement à toutes les températures sur les milieux usuels.

(8) Rappelons que nos essais concernant les propriétés antibacillaires de la thionicotinamide se sont révélés totalement infructueux.

(*) Séance du 31 mars 1952.

(1) G. Girard, *Ann. Inst. Pasteur*, 73, 1947, p. 642.

(2) Souche de virulence affaiblie, employée comme vaccin antipesteux vivant à Madagascar depuis 1934 et aussi dans d'autres pays, notamment au Congo belge.

Un des tubes de gélose ensemencés est laissé à la température de 22° pendant un mois. Nous constatons, après ce délai, un aspect vitreux du fond de la culture qui n'est plus repiquable, mais nous y remarquons quelques colonies qui font saillie sur ce fond uniforme. Une étude de ces colonies nous montre qu'elles ont tous les caractères du virus-vaccin E. V., y compris la sensibilité au phage. Nous avons échoué à reproduire ce phénomène en mettant une goutte de bactériophage dans 50 tubes de bouillon ensemencé avec le même échantillon de la souche E. V. Au surplus, depuis 15 ans que des centaines d'opérations analogues ont été faites, tant à l'Institut Pasteur de Paris qu'à celui de Tananarive, jamais nous ne l'avions constaté.

2. L'existence de colonies pigmentées de *P. pestis* a été signalée par quelques auteurs, en particulier une fois par R. Devignat au Congo belge, précisément au cours d'une préparation de virus-vaccin E. V. (3). La variante, de couleur jaune ocre, ne fut pas conservée, mais l'auteur nota une dégradation de ses propriétés antigéniques et immunisantes, sans modification des propriétés biochimiques.

Sur un échantillon de notre souche E. V. conservé sans repiquage depuis dix ans et dont nous étudiions le comportement, une colonie pigmentée, rose brique, plus volumineuse que les colonies normales disséminées sur la surface de la gélose d'une boîte de Petri attire notre attention une vingtaine de jours après l'ensemencement. Nous pensons naturellement à une contamination accidentelle, mais cette fois encore l'examen révèle des germes Gram— qui ne se distinguent en rien de ceux des colonies voisines. Une trace de la culture mise en suspension dans du bouillon aux fins d'isolement ne donne que des colonies blanches, normales. Le reste de la colonie rose est alors ensemencé en masse avec une goutte de bactériophage pesteux et à la suite de repiquages successifs sur bouillon et sur gélose nous arrivons à ne plus avoir que des colonies roses ou rouge brique pures, résistantes au phage, d'un germe dont la morphologie accuse la plasticité bien connue de *P. pestis*, mais qui n'a plus aucun des caractères de la souche E. V. C'est un véritable saprophyte comme celui de l'observation de 1946, mais à l'inverse de ce dernier, il est fragile dès le début, il ne cultive qu'entre 15 et 25° et doit être repiqué très souvent pour ne pas être perdu.

Dans un des tubes d'eau peptonée où l'on entretient ce germe, tubes qui, après quelques jours, sont éclaircis et montrent un dépôt rouge brique de microbes morts, une culture secondaire non pigmentée apparaît au bout de 16 jours en surface, avec un léger voile et des flocons neigeux qu'une étude complète identifie à la souche E. V. type.

Cette constatation a été faite en avril 1951. Tous nos efforts pour tenter depuis dix mois de reproduire ce phénomène avec le mutant rouge brique

(3) *Recueil Trav. Scie. méd. Congo belge.*, n° 3, janvier 1945.

sont demeurés infructueux malgré la variété des expériences réalisées pour y parvenir.

Si nous avons cru devoir rapporter ces faits dont le déterminisme nous échappe, mais qui appellent de nouvelles recherches, c'est qu'ils étayent l'hypothèse audacieuse, mais gratuite, de d'Hérelle sur la réversibilité possible des mutants (au sens qu'il donne à ce terme) dans le réveil des épidémies de choléra au Bengale. L'hypothèse n'est pas moins valable dans l'épidémiologie de la peste du fait de la dispersion des bactériophages spécifiques dans la nature et, en particulier, chez *Rattus rattus* et chez *Xenopsylla cheopis* comme nous l'avons établi à Madagascar [4], [5].

A 15 h 50 m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

Sur la proposition du Comité National d'Astronomie, transmise à l'Académie par M. **André Danjon**, la délégation française à l'Assemblée Générale de l'**Union Astronomique Internationale**, qui se tiendra à Rome, du 4 au 13 septembre 1952, est ainsi composée :

Délégués : MM. **Ernest Esclangon**, **Gaston Fayet**, **Luc Picart**, **Jean Chazy**, **André Danjon**, **Alexandre Dauvillier**, **André Couder**, **Lucien d'Azambuja**, **Jules Baillaud**, **Daniel Chalonge**, **Pierre Tardi**, **Pierre Lacroute**, **Charles Fehrenbach**, **Jean Dufay**, **Jean Rösch**, **Pierre Sémirot**, **Émile Paloque**, **Georges Meyer**, **Henri Mineur**, **Fernand Baldet**, **Nicolas Stoyko**, **André Lallemand**, **Paul Couderc**, **Jacques Lévy**, **Évry Schatzman**,

Adjoints à la délégation : MM. **Daniel Barbier**, Mlle **Renée Canavaggia**, Mmes **Camille Flammarion**, **Lucien d'Azambuja**, MM. **Vladimir Kourganoff**, **Marius Laffineur**, **Jean-François Denisse**, **Charles Bertaud**, **Robert Jonckeere**, **Antoine Brun**, **Paul Muller**, **Louis Arbey**, Mme **Lewi Herman**, Mlle **Marie Bloch**, MM. **Bernard Decaux**, **Audouin Dollfus**, Mme **Honoré Laugier**, MM. **Henri Camichel**, **Junior Gauzit**, **Marcel Patry**, **Alfred Schmitt**, **Jean Delhaye**, **André Gougenheim**, **Claude Pecker**, **François Lenouvel**, **Raymond Michard**, **Roger Bouigue**, **Joseph Bigay**, **Pierre Bacchus**.

La séance est levée à 16 h 5 m. R. C.

---

(4) *Bull. Soc. Path. Exot.*, 27, 1934, p. 415.
(5) *C. R. Soc. Biol.*, 120, 1935, p. 533.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 16 AVRIL 1952.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES JACOB.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Theodor Mortensen**, Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie, survenu à Copenhague, le 3 avril 1952.

M. **Louis de Broglie** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. **Albert Einstein** intitulé : *Conceptions scientifiques, morales et sociales*, traduit de l'anglais par Maurice Solovine.

M. **Javillier** fait hommage à l'Académie de l'Ouvrage « *Les éléments chimiques et le monde vivant* » publié dans la Bibliothèque de Philosophie scientifique. Dans une première partie, il traite de la *composition élémentaire des organismes* en mettant en particulière évidence les faits relatifs aux oligo-éléments. Dans la seconde, il cherche à définir les *éléments biogènes* d'après les travaux visant : végétaux cryptogamiques, végétaux supérieurs, animaux. Il expose par quelles voies ont été clairement établies les activités biochimiques du zinc et du manganèse, du cuivre et du cobalt, de l'iode et du bore, etc., et cherche à préciser les mécanismes d'action de ces éléments biocatalytiques. Un chapitre envisage l'*importance relative des éléments dans le monde vivant :* éléments plastiques et éléments catalytiques, certains de ces derniers entrant dans des molécules vitaminiques, hormonales, enzymatiques. Cet Ouvrage a pour but de diffuser les connaissances sur un important domaine de la biochimie contemporaine, domaine dans lequel Jules Raulin, puis Gabriel Bertrand, ont été, pour les oligoéléments, les initiateurs.

M. **Waclaw Sierpinski** fait hommage à l'Académie d'une série de fascicules relatifs à ses travaux de mathématiques.

M. Gottlieb Flückiger adresse deux Mémoires intitulés : 1° *Le rouget du porc et les différentes méthodes de vaccination préventive;* 2° *Considérations sur l'éradication de la fièvre aphteuse en Europe*, et la traduction en langue allemande d'un Mémoire de M. Gaston Ramon : *Probleme der Schutzimpfung und die Bekämpfung der Rindertuberkulose.*

Les Ouvrages suivants sont présentés :

par M. **Louis de Broglie** : *L'onde électronique et la chimie moderne,* par Raymond Daudel;

par M. **Georges Durand-Viel** : *La péninsule du Sinai,* par Jacques Daumas;

par M. **Roger Heim** : *Faune du Centre africain français* (*Mammifères et Oiseaux*), par René Malbrant. Préface de M. Édouard Bourdelle, 2e édition.

CORRESPONDANCE.

M. **Pol Swings**, Membre de l'Académie Royale de Belgique, adresse à l'Académie ses condoléances à l'occasion du décès de M. *Bernard Lyot.*

L'Académie est informée du Cinquantième anniversaire, en 1952, de la fondation de l'**Académie Malgache.**

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Flore générale de Belgique.* Préface de Walter Robyns. *Spermatophytes.* Vol. I. Fasc. 2, par André Lawalrée.

2° Institut des Parcs Nationaux du Congo belge. Exploration du Parc National de l'Upemba. *Mission* G. F. de Witte en collaboration avec W. Adam, A. Janssens, L. van Meel et R. Verheyen (1946-1949). Fasc. 5 et 7.

3° Id. Exploration du Parc National Albert. *Mission* G. F. de Witte (1933-1935). Fasc. 36 et 77.

4° Gouvernement général de l'Afrique Occidentale Française. Cartes géologiques de reconnaissance à l'échelle du 500 000e et *Notices explicatives sur les feuilles Daloa-Ouest; Daloa-Est,* rédigées par Michel Bolgarsky; *Tenkodogo-Est* et *Tenkodogo-Ouest,* rédigées par J. Sagatzky; *Kayes-Est* et *Kayes-Ouest,* rédigées par Louis Baud; *Kita-Est,* rédigée par Louis Baud et Rostilav Goloubinow; *Kita-Ouest; Kankan-Est,* rédigée par Rostilav Goloubinow; *Kankan-Ouest; Abidjan-*

Ouest, rédigée par MICHEL BOLGARSKY; *Bougouni-Ouest*, rédigée par ROSTILAV GOLOUBINOW.

5° Fernhurst Research Station, near Haslemere, Surrey. *International Conference « Some crop protection problems in World agriculture »*, 26 *th*, 27 *th and* 28 *th June* 1951.

ALGÈBRE. — *Sur les homodomaines et les homocorps.*

Note (*) de M. **GABRIEL THIERRIN**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Un domaine H, où existent une addition et une multiplication, est un *homodomaine* s'il possède les propriétés suivantes :

1° H est un homogroupe ([1]) abélien par rapport à l'addition;

2° H est un demi-groupe par rapport à la multiplication;

3° La multiplication est distributive par rapport à l'addition;

4° L'élément unitif o de l'homogroupe additif est multiplicativement permis dans H.

THÉORÈME 1. — *Le noyau additif* H_a *d'un homodomaine* H, *c'est-à-dire l'ensemble des éléments* $x + o$, *où* x *parcourt tous les éléments de* H, *est un anneau homomorphe à* H.

En effet, d'après une Note précédente ([1]), nous savons que H_a est un groupe vis-à-vis de l'addition, et qu'il est homomorphe à H par rapport à l'addition en faisant correspondre à tout élément x de H l'élément $x + o$ de H_a. Si maintenant x et y sont deux éléments quelconques de H, nous avons

$$(x + o).(y + o) = xy + x.o + o.y + o.o = xy + o.$$

Donc H_a est multiplicativement un demi-groupe homomorphe à H suivant la même correspondance.

Cet anneau H_a est dit le *noyau* de l'homodomaine H.

Un homodomaine K, dont le noyau contient au moins un élément $\neq o$, et dans lequel l'ensemble $K - \{o\}$ est un homogroupe par rapport à la multiplication, est dit un *homocorps*.

THÉORÈME 2. — *L'ensemble* N *des éléments* $x + o$ *d'un homocorps* K, *où* x *parcourt tous les éléments de* K, *est un corps (commutatif ou non) homomorphe à* K. *L'élément-unité de ce corps* N *par rapport à la multiplication est l'élément unitif* e *de l'homogroupe multiplicatif, et l'ensemble* $N - \{o\}$ *se confond avec le noyau* N_1 *de l'homogroupe multiplicatif, c'est-à-dire l'ensemble des éléments* ye, *où* y *parcourt tous les éléments de* $K - \{o\}$.

(*) Séance du 7 avril 1952.

([1]) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1519.

En effet, d'après le théorème précédent, N est un anneau homomorphe à K. Le produit de deux éléments de l'ensemble $N - \{o\}$ est encore un élément de l'ensemble, puisque $K - \{o\}$ est un homogroupe et N un demi-groupe par rapport à la multiplication. Soit x un élément de K tel que $x + o \in N - \{o\}$, et soit x' un élément inverse multiplicatif à droite de $x + o$. Nous avons

$$(x + o).x' = xx' + o.x' = xx' + o = e,$$

c'est-à-dire que l'élément unitif e appartient à $N - \{o\}$ et donc $e + o = e$

Nous avons ensuite

$$(x + o)(x' + o) = xx' + o.x' + x.o + o = xx' + o = e.$$

Par conséquent $x' + o \in N - \{o\}$, et l'ensemble $N - \{o\}$ est un homogroupe par rapport à la multiplication dont l'élément unitif est e.

D'après le théorème 3 de la Note citée ci-dessus, l'ensemble N est un corps, puisque N est un anneau et $N - \{o\}$ un homogroupe par rapport à la multiplication. Ce corps N est dit le *noyau* de l'homocorps K.

Montrons maintenant que $N - \{o\} = N_1$. En effet, $N - \{o\}$ est un groupe multiplicatif, dont l'élément unité est e, qui est aussi l'élément-unité du groupe N_1. Si x est un élément de $N - \{o\}$, $x = xe \in N_1$. Inversement, tout élément ye de N_1 appartient à $N - \{o\}$, car nous avons

$$ye = y.(e + o) = ye + o.$$

Par conséquent $N - \{o\} = N_1$.

Dans un homocorps, *l'égalité* $x + o = o$ *entraîne* $x = o$. En effet, si $x \neq o$, il existe un $x' \neq o$ tel que $xx' = e$. Mais alors

$$(x + o)x' = o.x', \qquad xx' + o.x' = o, \qquad e + o = e = o,$$

ce qui est impossible.

THÉORÈME 3. — *Tout homocorps* K, *dans lequel l'ensemble* $K - \{o\}$ *est un groupe par rapport à la multiplication, est un corps.*

Il suffit de montrer que l'égalité $x + o = y + o$ entraîne $x = y$, car de $(x + o) + o = x + o$ suit alors $x + o = x$, c'est-à-dire que K est un groupe par rapport à l'addition.

Prenons d'abord $y = o$. De $x + o = o$, suit $x = o = y$. Si maintenant x et y sont différents de zéro, et si x^{-1} est l'inverse de x par rapport à la multiplication, nous avons

$$(x + o)x^{-1} = (y + o)x^{-1}, \qquad e + o = e = yx^{-1} + o,$$

e étant l'élément-unité multiplicatif.

Donc

$$ex = ye + o = ye, \qquad x = y.$$

On sait qu'un corps fini est toujours commutatif, mais un homocorps fini n'est pas nécessairement commutatif, comme le montre l'exemple donné par les deux tables suivantes :

Table additive.

	0	1	a	b
0	0	1	1	1
1	1	0	0	0
a	1	0	0	0
b	1	0	0	0

Table multiplicative.

	0	1	a	b
0	0	0	0	0
1	0	1	1	1
a	0	1	a	b
b	0	1	a	b

RADIOASTRONOMIE. — *Sur la forme ellipsoïdale du Soleil observé en ondes métriques.* Note (*) de MM. **Émile-Jacques Blum, Jean-François Denisse** et **Jean-Louis Steinberg** présentée par M. André Danjon.

Trois courbes d'occultation du rayonnement radioélectrique émis par le Soleil sur la fréquence de 169 MHz (courbes M, P et D, *fig.* 1) ont été obtenues, au cours des éclipses du 1er septembre 1951 et du 25 février 1952.

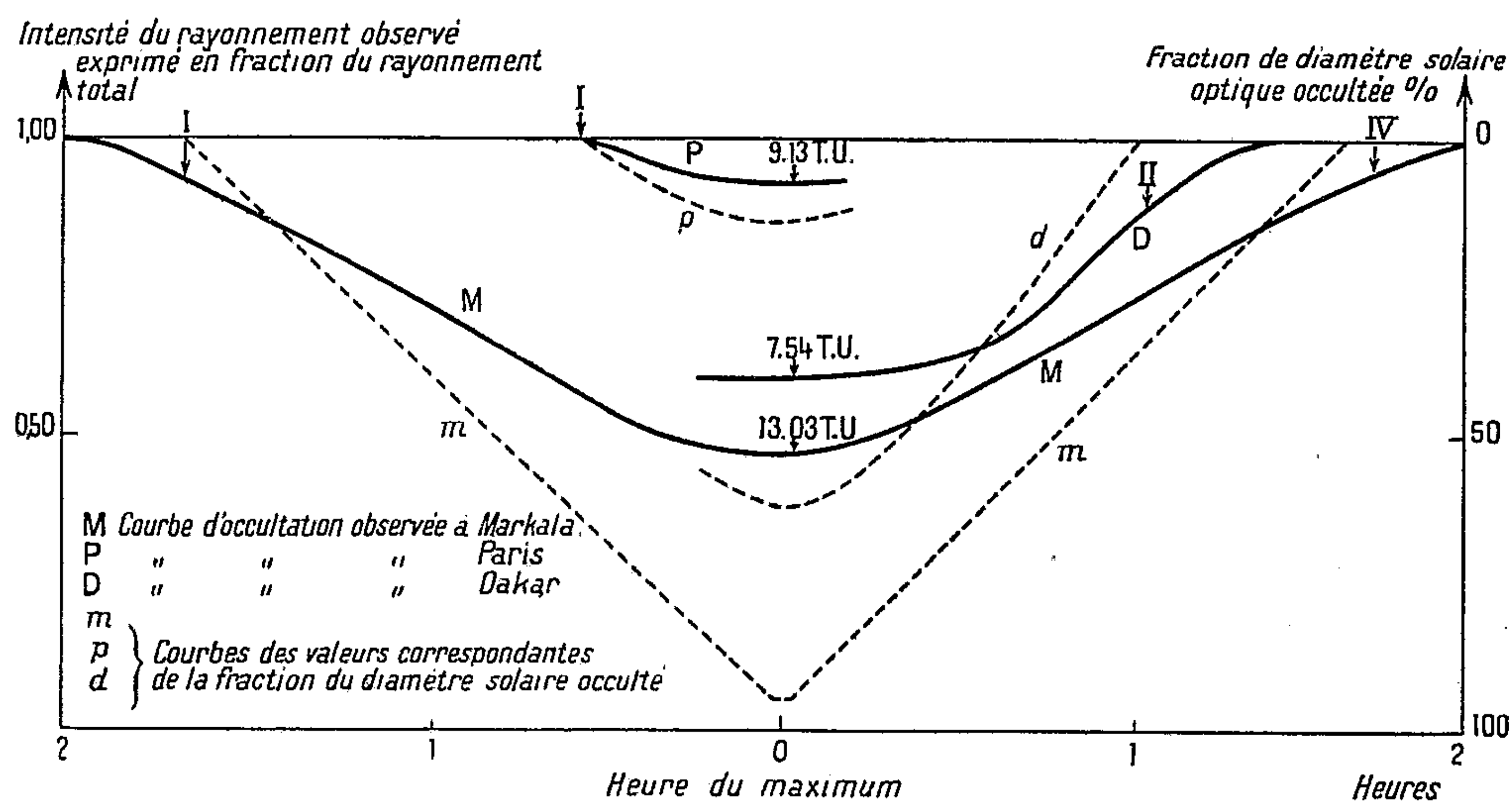


Fig. 1.

La première éclipse (annulaire) a été observée à Markala (Soudan Français) au voisinage immédiat de la centralité (1). L'éclipse du 25 février 1952 a été observée comme partielle à Paris et à Dakar. Les mesures ont été

(*) Séance du 31 mars 1952.

(1) F. Bosson, E. J. Blum, J. F. Denisse, E. Leroux et J-L Steinberg, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 917.

faites à l'aide de radiomètres de même type, qui permettent d'atteindre une précision de l'ordre de 1 % sur l'intensité du rayonnement solaire moyen. Cet appareil, mis au point par l'un de nous, sera décrit ailleurs ainsi que le détail des expériences.

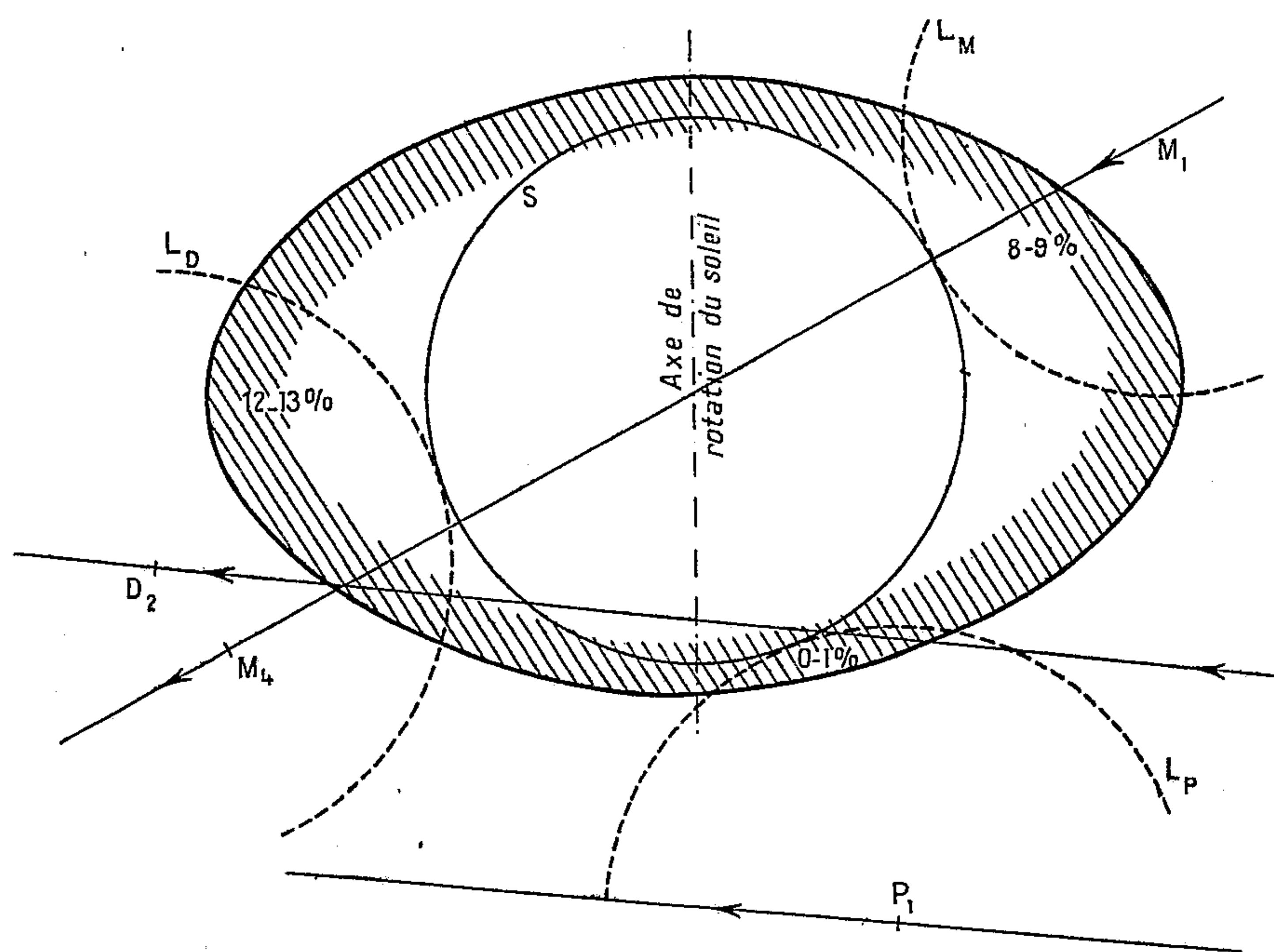


Fig. 2.

Sur la figure 2 sont indiquées les trajectoires apparentes du centre lunaire rapportées à l'axe de rotation du Soleil, ainsi que la portion du rayonnement radioélectrique occultée au moment des contacts optiques.

L'examen de ces graphiques montre que, d'une façon générale, l'abaissement de l'intensité du rayonnement observé pour des phases d'éclipse de même grandeur, augmente quand décroît la latitude héliographique de la région occultée.

On peut en conclure que *la part du rayonnement de la couronne due aux régions équatoriales est relativement plus importante que celle due aux régions polaires*. Remarquons que ce résultat peut se déduire de la seule courbe M (Markala, 1951) qui montre qu'au moment des premier et quatrième contacts optiques, environ 9 % du rayonnement se trouvent encore occultés; valeur évidemment incompatible avec le résidu de 48 % observé au moment du maximum dans l'hypothèse d'une symétrie radiale.

Les deux autres courbes P et D confirment parfaitement la première et permettent de mieux localiser les régions d'émission.

En première approximation, on peut considérer que *le Soleil apparaît*

sur 169 MHz *comme un ellipsoïde fortement aplati, de brillance à peu près uniforme.*

Le contour de la surface émissive indiqué sur la figure 2 s'écarte sans doute très peu de la forme réelle, car il conduit à des courbes d'occultation qui ne diffèrent jamais de plus de 2 % des courbes M, P et D obtenues expérimentalement.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur l'interprétation de la mécanique quantique à l'aide de variables cachées au sens de M. David Bohm.* Note (*) de M. **René Dugas**, présentée par M. Louis de Broglie.

Sans prétendre pénétrer dans un débat technique déjà largement engagé, je voudrais seulement souligner ici comment, à certains égards, la nouvelle interprétation de la théorie quantique proposée par M. David Bohm en deux Mémoires récents (1) rappelle la tentative de Hertz à l'égard de la mécanique classique. Il s'agit en effet, comme le voulait Hertz « de conjecturer derrière les choses que nous voyons, d'autres choses invisibles et de chercher, derrière les barrières de nos sens, des acteurs cachés. »

Toutefois, en l'espèce, les *variables cachées* auxquelles Bohm a recours sont simplement les positions et les quantités de mouvement (inobservables) des éléments d'un système quantique. Comme Hertz dans le champ classique, Bohm est conduit à discuter la cohérence logique de l'interprétation probabiliste généralement reçue, l'exactitude de la mécanique quantique au regard de l'expérience et enfin l'opportunité ou la commodité même de cette mécanique.

Désignons, pour abréger, par (A), l'interprétation habituelle de la théorie quantique (sans nous arrêter aux discussions soulevées parfois à propos de l'existence de *cas purs* opposés aux *mélanges d'états*) et par (B) l'interprétation nouvelle suggérée par Bohm.

(B) conduit entièrement aux mêmes prédictions que (A) lorsque l'on admet à la fois : *a*. que ψ satisfait à l'équation de Schrödinger; *b*. que la quantité de mouvement $\vec{p}$ s'identifie à $\overrightarrow{\text{grad}}\, S$ et *c*. que l'on a affaire à un ensemble statistique où la densité de probabilité dans l'espace de configuration est égale au carré du module de ψ. Cet accord ne doit pas surprendre, car le formalisme de (B) consiste, dans le cadre *a*, *b*, *c*, à séparer le réel et l'imaginaire dans l'équation de Schrödinger pour en extraire, d'une part l'équation de continuité du courant des particules et, d'autre part, une équation de Jacobi où s'introduit le *potentiel quantique* supplémentaire $-(\hbar^2/2m)(\Delta_2 R/R)$, R étant l'amplitude de ψ.

Cette équivalence n'exclut pas un changement radical de point de vue entre (A) et (B) dont les *variables cachées* sont réputées à tout instant

(*) Séance du 7 avril 1952.

(1) *Phys. Rev.*, 85, n° 2, 1952, p. 166-193.

définissables en principe avec précision. A ce propos, Bohm critique le concept d'*observable* au sens de (A) auquel il reproche de ne pas traduire de propriété physique appartenant au système étudié. H. Margenau, probabiliste convaincu, semble avoir clairement caractérisé les *observables* de (A) en les qualifiant de *latentes*, c'est-à-dire susceptibles seulement d'être révélées par le processus des mesures, tandis que les observables au sens classique sont des propriétés permanentes d'un système, accessibles et disponibles à tout instant. Sauf erreur, Bohm revendique en faveur de ses *variables cachées* ce même caractère d'appartenir en propre au système et telle serait la raison qui les lui fait préférer aux *observables* latentes au sens de (A).

Pas plus que Herz dans le champ classique, Bohm ne parvient à mettre en évidence soit la contradiction, soit l'inexactitude de (A) dans le champ des postulats a, b, c. Mais précisément pour cette raison, il fait grief à (A) de nous enfermer ainsi dans un cercle infranchissable et de conduire ainsi à prononcer la condamnation des *variables cachées*.

Bohm est dans la logique de son système en essayant d'analyser le processus de l'interaction entre un système observé et un appareil de mesure, opération considérée comme inanalysable au sens de (A). C'est incontestablement la partie la plus originale de son étude, puisque aussi bien auparavant il retrouvait la théorie de l'*onde pilote* imaginée, puis abandonnée par L. de Broglie. Si ingénieuse que soit l'analyse de Bohm, elle demeure schématique et limitée à une interaction *impulsive*. Dans le cadre a, b, c, cette analyse constate de violentes oscillations du potentiel quantique, ce qui entraîne, pour les variables cachées, des fluctuations pratiquement impossibles à suivre. Bien qu'en principe au sens (B) des mesures de précision illimitée des variables cachées soient possibles, on retombe, en pratique, sur la distribution (A) des probabilités. Les incertitudes d'Heisenberg cessent d'être posées en principe, mais subsistent pratiquement.

On nous objectera que Herz n'a pas cherché à s'évader du champ classique où Gauss avait d'ailleurs démontré par avance que tous les principes en apparence distincts (moindre action, moindre contrainte, et nous ajouterons moindre courbure au sens de Herz en dépit de *variables cachées* destinées à éliminer les forces) se ramènent au principe de d'Alembert. Bohm est un réformateur plus hardi, car il propose de s'évader du champ des postulats a, b, c, ce qui est le seul moyen de s'écarter de (A) quant au fond. Nous ne discuterons pas les extensions qu'il propose, en particulier dans le domaine des distances $\leqq 10^{-13}$ cm, et dont l'avenir seul jugera.

Il semble cependant que Bohm ait entièrement raison quand il demande que l'on ne refuse pas *a priori* toute tentative de s'affranchir de (A) à la

faveur de variables nouvelles, pour inobservables qu'elles semblent. Car les théories macroscopiques qui ont éliminé les modèles atomiques ou moléculaires qui leur avaient donné naissance se présentent comme des ensembles codifiés dont l'évolution est exclue. Or, une telle évolution peut s'avérer nécessaire pour une théorie quelconque, quelle que soit son échelle.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la diffusion électromagnétique coulombienne des corpuscules de spins* o, $\hbar/2$ *ou* $\hbar$. Note de M. **Gérard Petiau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Calcul covariant des sections efficaces de diffusion électromagnétique coulombienne entre deux corpuscules discernables A et B, de spins o, $\hbar/2$ ou $\hbar$.

Alors que le calcul de la section efficace de diffusion électromagnétique coulombienne des corpuscules de spin $\hbar/2$ s'effectue sans difficulté à partir de l'élément de matrice de Møller, les calculs analogues relatifs aux corpuscules de spin $\hbar$ (mésons vectoriels) ou de spin zéro (mésons scalaires et pseudoscalaires) tels que ceux effectués dans des cas particuliers par H. S. W. Massey et H. C. Corben (1) ou par F. Booth et A. H. Wilson (2), sont beaucoup plus difficiles. Nous nous proposons ici, par l'emploi d'un formalisme particulièrement adapté (3), d'effectuer le calcul covariant des sections efficaces de diffusion entre deux corpuscules A et B de spins o, $\hbar/2$ ou $\hbar$.

Nous admettrons que les fonctions d'ondes des corpuscules de spin $\hbar/2$ satisfont à l'équation de Dirac $[p_0+(\mathbf{p}.\boldsymbol{\alpha})+m_0c\alpha_4]\psi=0$ et que les corpuscules de spin zéro ou $\hbar$ sont représentés par les systèmes irréductibles correspondants solutions de l'équation

$$[p_0\beta_0+(\mathbf{p}.\boldsymbol{\beta})+m_0c\beta_4]\Phi_{i_1i_2}=0,$$
$$\beta_4=\alpha_4^{(1)}\alpha_4^{(2)},\qquad 2\beta_\mu=(\alpha_\mu^{(1)}\alpha_4^{(2)}+\alpha_4^{(1)}\alpha_\mu^{(2)})\qquad(\mu=0,1,2,3),$$

les représentations de spin o et $\hbar$ étant séparées par les projecteurs (3) η^+ ou η^- tels que $2(\eta^\pm)_{i_1l_1,i_2l_2}=\delta_{i_1l_1}\delta_{i_2l_2}\pm\delta_{i_1l_2}\delta_{i_2l_1}$.

Nous considérons deux corpuscules A et B portant dans leurs états d'énergies positives les charges e_A, e_B et nous supposons que l'action du champ électro magnétique s'exerce par un couplage entre le potentiel quadrivecteur du champ et le vecteur densité-courant des corpuscules représenté par les matrices $\alpha_0=1$, $\vec{\alpha}$ ou β_0, $\vec{\beta}$. Cette hypothèse appelle des réserves pour les mésons de spin o ou $\hbar$, car dans ce cas il existe dans le cadre de la théorie de

(1) *Proceed. Cambridge Phil. Soc.*, 35, 1939, p. 463.

(2) *Proceed. Roy. Soc.*, A 175, 1940, p. 483; *Proceed. Cambridge Phil. Soc.*, 36, 1940, p. 373.

(3) G. Petiau, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1534.

ces corpuscules un second quadrivecteur et le couplage le plus général entre le champ électromagnétique et ces corpuscules fait intervenir un mélange de ces vecteurs (4).

Nous supposerons les corpuscules A et B restant discernables au cours de l'interaction et nous désignerons par j_A et j_B les matrices densité-courant. A et B initialement dans des états d'ondes planes à énergie positive A_0, B_0, d'énergies, impulsions et masses propres réduites K_{A_0}, $\mathbf{K}_{A_0}$, μ_A, K_{B_0}, $\mathbf{K}_{B_0}$, μ_B, d'amplitudes normées u_{A_0}, u_{B_0}, par l'émission suivie de l'absorption du quantum C_0 $(k_0, \mathbf{k}_0, \mu_0 \to 0)$ se trouvent finalement dans les états à énergie positive $A_1(K_{A_1}, \mathbf{K}_{A_1}, \mu_A; u_{A_1})$ et $B_1(K_{B_1}, \mathbf{K}_{B_1}, \mu_B; u_{B_1})$, on a

$$K_{A_0} + K_{B_0} = K_{A_1} + K_{B_1}; \qquad \mathbf{K}_{A_0} + \mathbf{K}_{B_0} = \mathbf{K}_{A_1} + \mathbf{K}_{B_1}; \qquad \mathbf{K}_{A_0} - \mathbf{K}_{A_1} = \mathbf{K}_{B_1} - \mathbf{K}_{B_0} = \mathbf{k}_0.$$

Introduisant les notations

$$K_{ij} = -K_i K_j + (\mathbf{K}_i \mathbf{K}_j); \qquad q_{ij} = K_{ij} + \mu_i \mu_j \qquad (i, j = A_0, A_1, B_0, B_1)$$
$$K_{ii} = -\mu_i^2, \qquad q_{ii} = 0, \qquad K_{A_0 B_0} = K_{A_1 B_1}; \qquad K_{A_1 B_0} = K_{A_0 B_1}; \qquad q_{A_0 A_1} = q_{B_0 B_1}$$

on obtient pour le processus de diffusion électromagnétique coulombienne l'élément de matrice de Møller généralisé

$$H'^{(1)} = e_A e_B \frac{[(u_{A_0}^* j^A u_{A_1})(u_{B_0}^* j^B u_{B_1}) - (u_{A_0}^* j_0^A u_{A_1})(u_{B_0}^* j_0^B u_{B_1})]}{(K_{A_0} - K_{A_1})^2 - (\mathbf{K}_{A_0} - \mathbf{K}_{A_1})^2 - \mu_0^2} = e_A e_B \frac{(u_{A_0}^* j^{A\lambda} u_{A_1})(u_{B_0}^* j_\lambda^B u_{B_1})}{2 q_{A_0 A_1} - \mu_0^2}.$$

La section efficace de diffusion s'écrivant

$$d\sigma = (4\pi^2 \hbar^2 c^2 n_{A_0} n_{B_0})^{-1} [(K_{A_0 B_0})^2 - \mu_A^2 \mu_B^2]^{-1}$$
$$\times [\mathbf{K}_{A_1}(K_{B_1} \mathbf{K}_{A_1} - K_{A_1} \mathbf{K}_{B_1})]^{-1} \overline{|H'^{(1)}|^2} |\mathbf{K}_{A_1}|^3 K_{A_0} K_{B_0} K_{A_1} K_{B_1} d\Omega_{\mathbf{K}_{A_1}}$$

$(n_{A_0}, n_{B_0} = 1, 2, 3$ suivant le spin $0, \hbar/2, \hbar)$, nous devons évaluer $\overline{|H'^{(1)}|^2}$. Ce calcul exige, pour se ramener à un calcul de traces, l'emploi de projecteurs Π_{A_0}, Π_{A_1}, Π_{B_0}, Π_{B_1} permettant de représenter les amplitudes des ondes à énergie positive $u_{A_0}^+$, $u_{A_1}^+$, $u_{B_0}^+$, $u_{B_1}^+$ à partir des solutions générales. Dans le cas de l'équation de Dirac, on a

$$2 K u^+ = 2 K \Pi u = [K - (\mathbf{K}\boldsymbol{\alpha}) - \mu \alpha_4] u = \Lambda u.$$

En théorie du corpuscule de spin 0 ou $\hbar$, on montre que l'on a, avec la représentation ci-dessus des β_μ,

$$4 K^2 u^+ = 4 K^2 \Pi u = [K - (\mathbf{K}\boldsymbol{\alpha}) - \mu \alpha_4]_{i_1 m_1} [K - (\mathbf{K}\boldsymbol{\alpha}) - \mu \alpha_4]_{i_2 m_2} u_{m_1 m_2} = \Lambda^{(1)} \Lambda^{(2)} u.$$

La relation $(\Lambda)^2 = 2 K \Lambda$ montre que l'on a dans tous les cas $\Pi^2 = \Pi$. On a alors

$$(2 q_{A_0 A_1} - \mu_0^2)^2 \overline{|H'^{(1)}|^2} = e_A^2 e_B^2 [\mathrm{Tr.}(\Pi_{A_0} j^{A\lambda} \Pi_{A_1} j^{A\varkappa}) \,\mathrm{Tr.}(\Pi_{B_0} j_\lambda^B \Pi_{B_1} j_\varkappa^B)]$$
$$= e_A^2 e_B^2 (S_{A_0 A_1})^{\lambda\varkappa} (S_{B_0 B_1})_{\lambda\varkappa} = e_A^2 e_B^2 S_{A_0 A_1;\, B_0 B_1}.$$

---

(4) G. Petiau, *J. Phys.*, 12, 1951, p. 118.

On obtient facilement pour les cas des spins o, $\hbar/2$ et $\hbar$

$$4K_{A_0}^2K_{A_1}^2\ ({}_0S_{A_0A_1})^{\lambda\varkappa}=\mu_A^2(K_{A_0}^\lambda+K_{A_1}^\lambda)(K_{A_0}^\varkappa+K_{A_1}^\varkappa),$$

$$K_{A_0}K_{A_1}\left({}_{\frac{1}{2}}S_{A_0A_1}\right)^{\lambda\varkappa}=K_{A_0}^\lambda K_{A_1}^\varkappa+K_{A_1}^\lambda K_{A_0}^\varkappa-q_{A_0A_1}\delta^{\lambda\varkappa},$$

$$4K_{A_0}^2K_{A_1}^2\ ({}_1S_{A_0A_1})^{\lambda\varkappa}=\mu_A^2(K_{A_0}^\lambda+K_{A_1}^\lambda)(K_{A_0}^\varkappa+K_{A_1}^\varkappa)$$
$$-2(K_{A_0A_1}-\mu_A^2)(K_{A_0}^\lambda K_{A_1}^\varkappa+K_{A_1}^\lambda K_{A_0}^\varkappa-q_{A_0A_1}\delta^{\lambda\varkappa}),$$

ce qui nous donne pour $S_{A_0A_1;B_0B_1}$ les expressions suivantes :

1° A et B tous deux de spin o

$$4K_{A_0}^2K_{B_0}^2K_{A_1}^2K_{B_1}^2S_{A_0A_1;B_0B_1}=\mu_A^2\mu_B^2(K_{A_0B_0}+K_{A_1B_0})^2,$$

2° A et B tous deux de spin $\hbar/2$

$$K_{A_0}K_{B_0}K_{A_1}K_{B_1}S_{A_0A_1;B_0B_1}=2[(K_{A_0B_0})^2+(K_{A_0B_1})^2+q_{A_0A_1}(\mu_A^2+\mu_B^2)],$$

3° A et B tous deux de spin $\hbar$

$$4K_{A_0}^2K_{B_0}^2K_{A_1}^2K_{B_1}^2S_{A_0A_1;B_0B_1}$$
$$=2(K_{A_0A_1}-\mu_A^2)(K_{B_0B_1}-\mu_B^2)[(K_{A_0B_0})^2+(K_{A_0B_1})^2+(\mu_A^2+\mu_B^2)q_{A_0A_1}]$$
$$+\mu_A^2\mu_B^2(K_{A_0B_0}+K_{A_1B_0})^2-2\mu_B^2(K_{A_0A_1}-\mu_A^2)(2K_{A_0B_0}K_{A_0B_1}+\mu_B^2q_{A_0A_1})$$
$$-2\mu_A^2(K_{B_0B_1}-\mu_B^2)(2K_{A_0B_0}K_{A_0B_1}+\mu_A^2q_{A_0A_1});$$

4° A de spin o, B de spin $\hbar/2$,

$$K_{A_0}^2K_{A_1}^2K_{B_0}K_{B_1}S_{A_0A_1;B_0B_1}=\mu_A^2(2K_{A_0B_0}K_{A_0B_1}+\mu_A^2q_{A_0A_1});$$

5° A de spin $\hbar$, B de spin $\hbar/2$,

$$K_{A_0}^2K_{A_1}^2K_{B_0}K_{B_1}S_{A_0A_1;B_0B_1}=\mu_A^2(2K_{A_0B_0}K_{A_0B_1}+\mu_A^2q_{A_0A_1})$$
$$-(K_{A_0A_1}-\mu_A^2)[(K_{A_0B_0})^2+(K_{A_0B_1})^2+q_{A_0A_1}(\mu_A^2+\mu_B^2)];$$

6° A de spin o, B de spin $\hbar$,

$$4K_{A_0}^2K_{B_0}^2K_{A_1}^2K_{B_1}^2S_{A_0A_1;B_0B_1}=\mu_A^2\mu_B^2(K_{A_0B_0}+K_{A_1B_0})^2-2\mu_A^2(K_{B_0B_1}-\mu_B^2)(2K_{A_0B_0}K_{A_0B_1}+\mu_A^2q_{A_0A_1}).$$

ACOUSTIQUE. — *Une méthode d'étalonnage absolu de microphones aux fréquences audibles et ultrasonores*. Note (*) de MM. **Vladimir Gavreau**, **Marcel Dratz** et **Albert Calaora**, transmise par M. Gustave Ribaud.

Les pistonphones utilisés jusqu'à présent ne permettaient pas de dépasser la fréquence de 200 c/s. Nous utilisons comme pistonphone pour les fréquences jusqu'à 10 kc un piston épais en duralumin collé sur une couche de caoutchouc et pour les fréquences encore plus élevées (jusqu'à 40 kc) un cylindre massif en duralumin vibrant longitudinalement en réso-

(*) Séance du 7 avril 1952.

nance (¹). La base d'un tel cylindre, vibrant comme un piston, est disposée au centre d'une grande surface plane immobile formant un « baffle » et l'amplitude de sa vibration est mesurée par un procédé optique. L'intensité du son ou d'ultrason au point où l'on place le microphone, est calculée en appliquant les formules connues d'acoustique théorique (²).

Pour mesurer les amplitudes de vibration de l'ordre de quelques centièmes de millimètre, la surface du piston ou du cylindre est soigneusement polie, de façon à constituer un miroir; au-dessus de ce miroir est fixé rigidement un fragment de lame de rasoir; on observe les déplacements de l'image du rasoir dans ce miroir mobile (³), leur amplitude est évidemment double de celle du piston. Nous utilisons, pour ces mesures, un dispositif optique spécial comportant un objectif de grand diamètre et de grande distance focale et un oculaire à réticule gradué. Dans le cas de très petites amplitudes de vibration, on remplace cet oculaire par un petit microscope. Ce dispositif optique permet des mesures à une distance de 60 cm du piston, de sorte que le champ sonore est relativement peu perturbé (⁴).

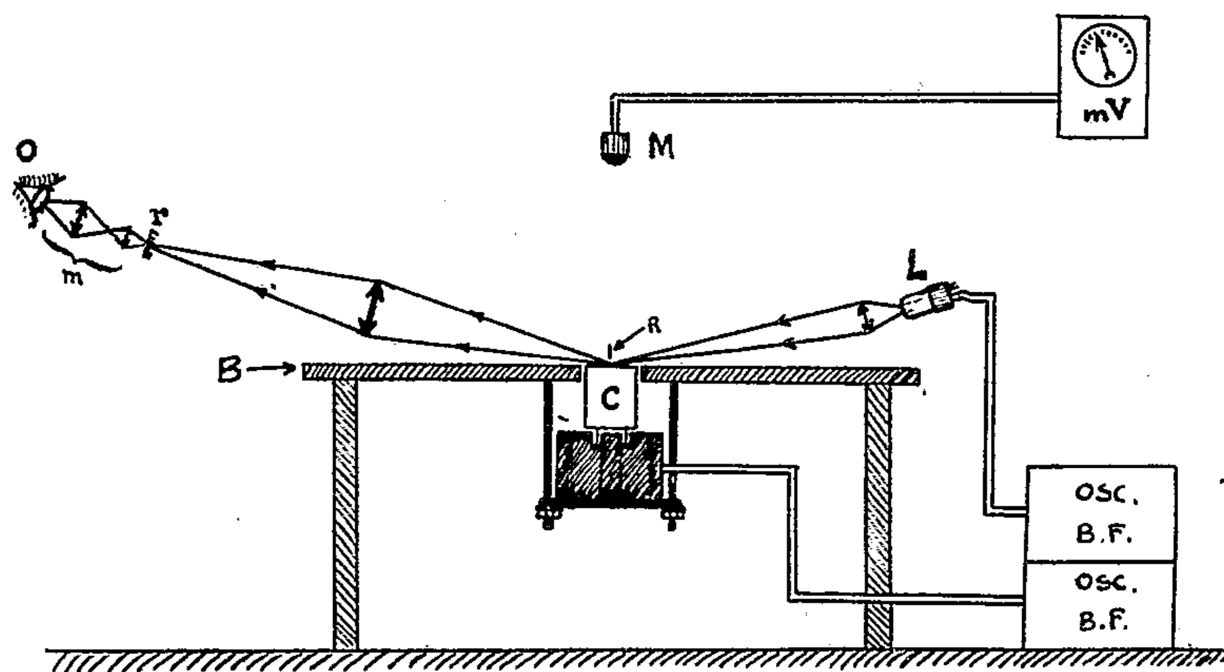


Schéma de principe de l'installation pour l'étalonnage absolu de microphones aux fréquences ultra-sonores.

M, le microphone à étalonner; C, le cylindre vibrant; R, une lame de rasoir; L, la lampe luminescente; B, une table en bois massif formant un « baffle ». — mV, millivoltmètre; OSC. B.F. deux oscillateurs; *r*, un réticule; *m*, un petit microscope; O, l'œil de l'observateur.

Pour faciliter les mesures, on utilise un procédé stroboscopique : la source lumineuse est constituée par une lampe luminescente (« Glow Modulator Tube » de Sylvania) qui arrive à suivre très convenablement les

(¹) Émetteur d'ultrasons dans l'air décrit par M. Hillary Saint-Clair dans la *Review of Scientific Instruments*, 12, mai 1941, p. 250.

(²) Davis, *L'Acoustique moderne*, Dunod, Paris, 1936, p. 76.

(³) Procédé de mesure optique proposé par M. Pierre Barret.

(⁴) La perturbation introduite par la lame de rasoir est négligeable car ses dimensions sont beaucoup plus petites que la longueur d'onde du son.

fréquences jusqu'à 40 kc. Nous avons utilisé, pour alimenter cette lampe, un générateur basse fréquence indépendant, de façon à pouvoir produire un battement très lent, réglable.

Le schéma de principe du dispositif est représenté sur la figure 1. Ces mesures ont été faites dans la grande chambre sourde du C.R.S.I.M. ([5]). Les résultats d'étalonnage d'un microphone électrodynamique et d'un microphone piézoélectrique aux fréquences 9,45 kc et 37,8 kc sont indiqués dans le tableau ci-dessous. Ces étalonnages ont été faits pour l'étude d'une sirène statique émettant un son fondamental de 9,45 kc et dont le partiel le plus intense était de 37,8 kc : les cylindres vibrants ont été ajustés pour donner exactement ces fréquences.

Fréquence (kc).	Distance du microphone à la source (cm).	Amplitude du piston (centièmes de mm).	Tension mesurée aux bornes du microphone (mV).	Intensité acoustique calculée (W/cm²).	Pression acoustique efficace (barye).	Sensibilité (mV/barye).
			Microphone électrodynamique « Mélodium ».			
9,45....	25	5,6	600	0,0445	4 270	0,1406
	50	4,5	360	0,01542	2 513	0,1433
	100	4,2	202,5	0,00314	1 134	0,1785
	150	4,75	137,5	0,00199	903,5	0,1522
	200	4,5	95	0,000902	608	0,1573
				Moyenne..............		0,1544
37,8.....	25	0,4	13	0,0670	5 240	0,00248
	50	0,4	6,33	0,0257	3 248	0,00195
	100	0,4	3,308	0,00712	1 708	0,001935
				Moyenne..............		0,00212
			Microphone piézoélectrique de l'analyseur harmonique Pimonow (tensions à la sortie du préamplificateur).			
9,45....	25	4	1 300	0,04415	4 255	0,3055
	50	4	750	0,0114	2 162	0,2775
	100	4	400	0,00287	1 084	0,369
				Moyenne..............		0,317
37,8.....	50	0,35	8 500	0,01968	2 840	2,993
	95	0,4	5 000	0,00786	1 795	2,785
				Moyenne..............		2,89

([5]) Centre de Recherches Scientifiques, Industrielles et Maritimes de Marseille.

ÉLECTRICITÉ. — *Caractéristiques de fonctionnement d'une lampe à cathode creuse, refroidie par eau, en atmosphère d'air ou d'argon à basse pression.* Note (*) de MM. **Jean Roig** et **Maurice Bécart**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les observations déjà faites pour l'hélium sont confirmées par les mesures sur l'air et l'argon.

1. Dans une Note récente (1) nous avons donné les caractéristiques d'une lampe Schüler, à refroidissement par eau, travaillant en atmosphère d'hélium Une boîte d'alimentation, à deux alternances redressées et condensateur de filtrage, fournit une tension continue V'. Une résistance de protection R est placée entre l'alimentation et la lampe. Si I est l'intensité du courant et V la tension aux bornes de la lampe, on a

$$V' = V_0 - \rho I = V + RI, \qquad V = V_0 - (\rho + R)I,$$

V_0 et ρ caractérisent l'alimentation.

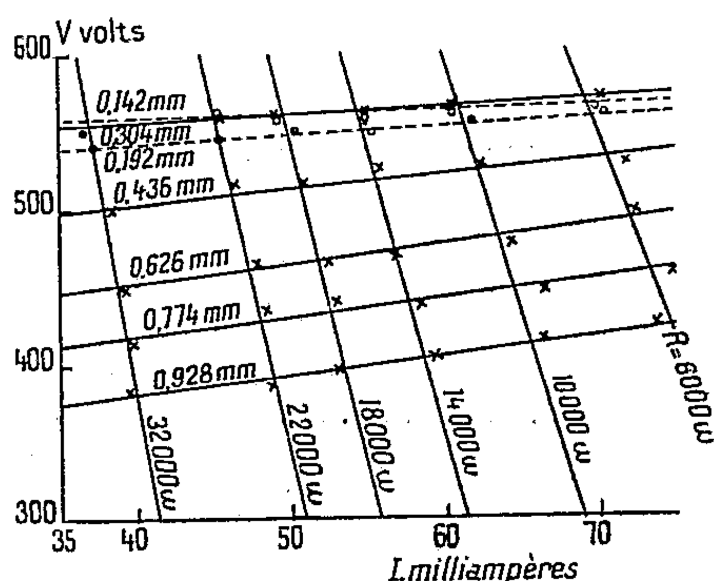


Fig. 1.

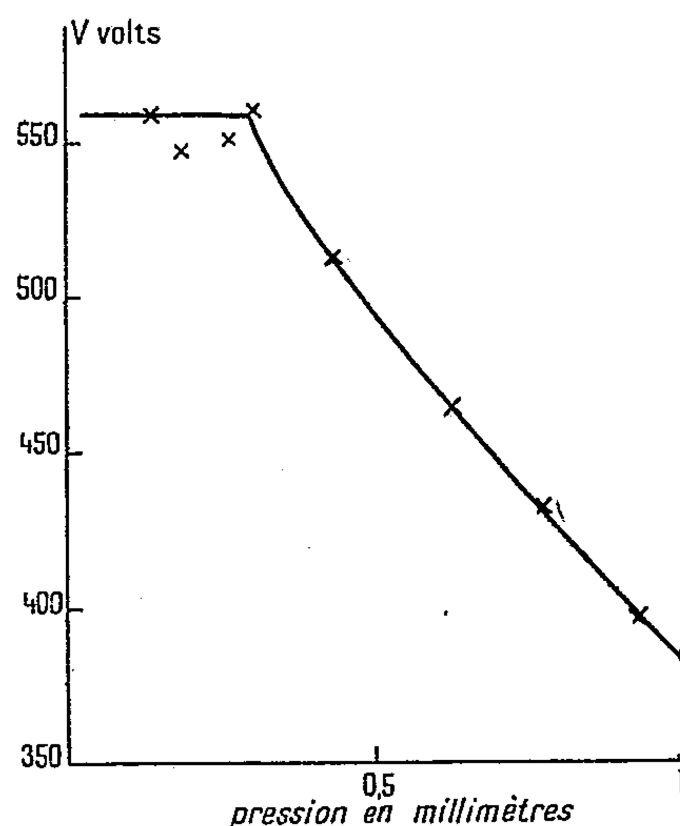


Fig. 2.

Fig. 1. — *Air.* $V_0 = 2\,570$ V, $\rho = 23\,000\ \Omega$.
Fig. 2. — *Air.* I = 50 mA.

Les courbes $V = f(I)$, à R constant et à pression p variable, sont très sensiblement des droites qui concourent au point $I = 0$, $V = V_0$. Pour l'hélium les courbes $V = f(I)$ à p constant et R variable sont des droites parallèles, peu inclinées sur l'axe des intensités.

(*) Séance du 31 mars 1952.

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1262.

2. Nous avons étudié dans l'air à basse pression une cathode de 4 mm de diamètre, après 30 m de fonctionnement normal en décharge rassemblée sur le trou cathodique; les mesures ont eu lieu par pressions décroissantes. La distance anode-cathode est de 4 mm.

La figure 1 donne le réseau des caractéristiques; les droites concourantes R = const. ont été calculées d'après les valeurs mesurées pour R. Les courbes p = const. forment encore approximativement un réseau de droites parallèles.

Toutes les mesures concernent des décharges rassemblées sur le trou cathodique. La figure 2 donne pour I = 50 mA la variation de V en fonction de p. Quand la pression tombe au-dessous de 0,3 mm de mercure, les résultats des mesures sont moins bien définis; les courbes p = const. sont alors très voisines les unes des autres; le potentiel reste pratiquement constant quand la pression continue à décroître : il se produit un dégazage important de la cathode sous l'action du bombardement ionique; l'atmosphère dans la cathode dépend alors des conditions de surface.

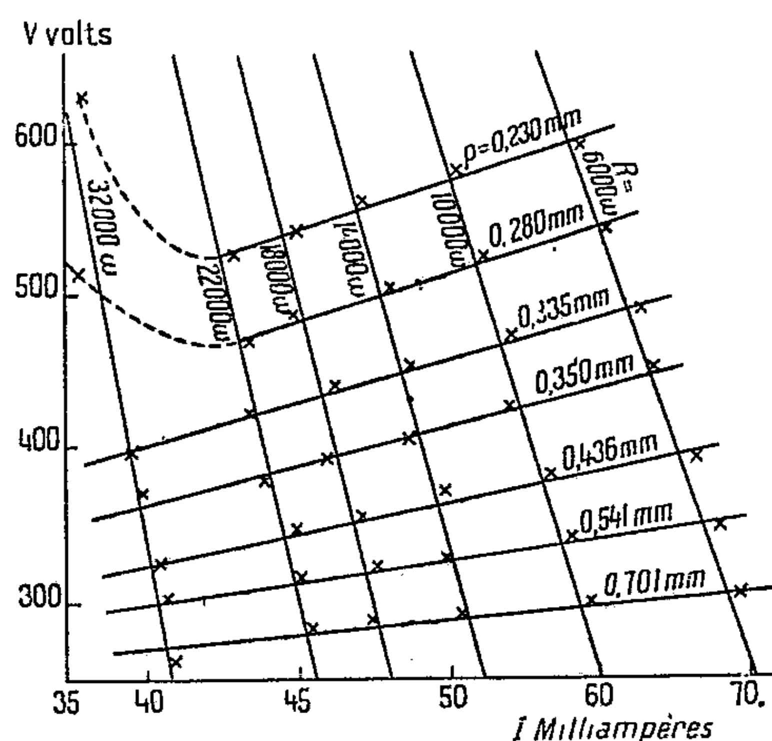


Fig. 3

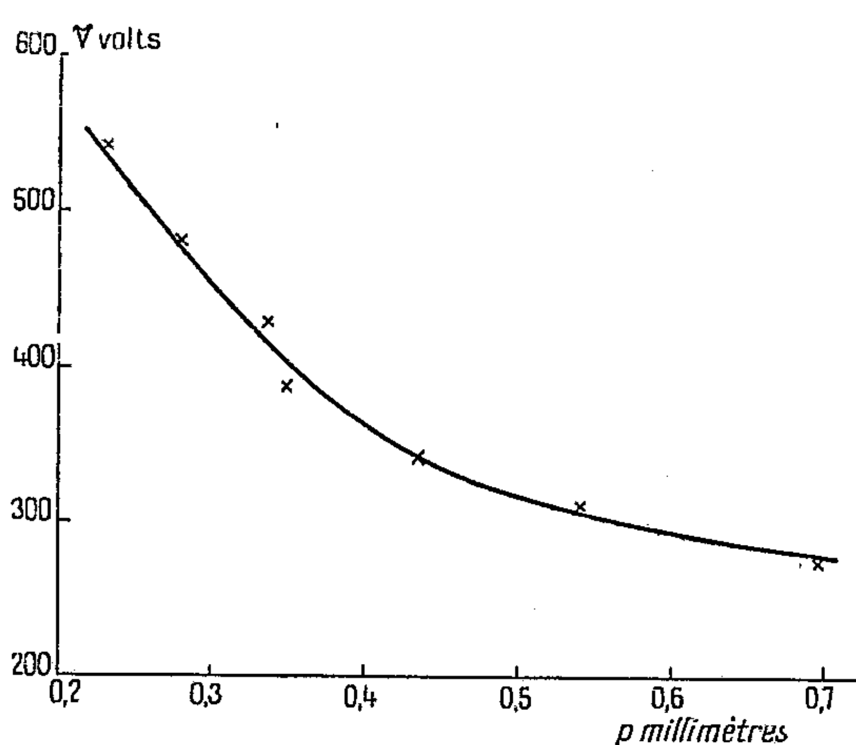


Fig. 4.

Fig. 3 — *Argon.* V_0 = 2 500 V, ρ = 22 500 Ω.

Fig. 4. — *Argon.* I = 50 mA.

3. Dans les mêmes conditions, une première série de mesures pour l'argon a donné des résultats très peu cohérents; la pente et l'ordonnée moyenne des isobares dépendant essentiellement de la suite des opérations subies par la lampe. Mais l'argon est un agent très énergique pour la pulvérisation cathodique. Les irrégularités dues au dégazage, observées pour l'air au-dessous de 0,3 mm, se produisent pour toutes les pressions de travail dans le cas de l'argon.

Nous avons alors opéré un dégazage très énergique en faisant travailler la lampe durant plus d'une heure à la pression la plus basse et au potentiel le

plus élevé qui permettent encore à la décharge de se rassembler. Nous avons ainsi obtenu des mesures cohérentes; les isobares successives ont été tracées par pressions décroissantes; sauf $p = 0,350$ mm qui a été déterminée en fin de série.

La figure 3 donne le réseau des caractéristiques; les droites $R' = \text{const.}$ ont été calculées d'après les valeurs des résistances. Les isobares ne sont plus parallèles, leur pente augmente quand p décroît. Aux basses pressions, pour de faibles courants, le diagramme montre deux points nettement en dehors des droites isobares. Pour ces deux mesures la décharge n'était plus rassemblée, le potentiel monte alors rapidement, mais sans présenter de discontinuité.

La figure 4 donne les tensions de p pour $I = 50$ mA. La courbe présente une variation régulière.

C'est ce que l'on obtient dans tous les cas avec une cathode bien dégazée.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le pouvoir thermoélectrique de l'aluminium en lames très minces*. Note (*) de MM. **Jean Savornin** et **Georges Couchet**, transmise par M. Gustave Ribaud.

On a mesuré entre 0° et une température variant de 0 à 300°C le pouvoir thermoélectrique de couples formés d'une couche mince d'Al vaporisé dans le vide sur une lame de verre, et de fils de Cu pur. L'aluminium était pur à 99,995 %. Les résultats très concordants montrent que le pouvoir est indépendant de l'épaisseur lorsque celle-ci varie de 10 mμ à 1 μ. Sa valeur est de $4,00 \pm 0,10\,\mu$V/°C à 0°.

Les métaux en lames minces montrent parfois (Bi) une diminution importante du pouvoir thermoélectrique lorsque l'épaisseur décroît au-dessous d'une valeur de l'ordre du micron. Nous avons étudié en fonction de l'épaisseur le pouvoir thermoélectrique de couples formés d'une couche mince d'aluminium et de fils de cuivre pur.

Dispositif expérimental. — L'aluminium était vaporisé sous vide (10^{-5} mm Hg), à travers un cache convenable, sur des lames de verre; celles-ci étaient percées à leurs extrémités de trous destinés à recevoir les bornes assurant les contacts. La lame, sortie du vide, ayant terminé son évolution, on mesurait la f. é. m. du couple Al-Cu à l'aide d'un potentiomètre précis, fréquemment taré sur un élément Weston. Les températures de la soudure chaude croissaient de 15 à 300° C, la soudure froide était maintenue au voisinage de 0°.

L'aluminium était tiré de deux échantillons différents : Al (1) à 99,5 % provenant de câbles conducteurs électriques; Al (2) à 99,995 % provenant d'un lingot massif (Péchiney). Le fil de cuivre utilisé nous a servi à pré-

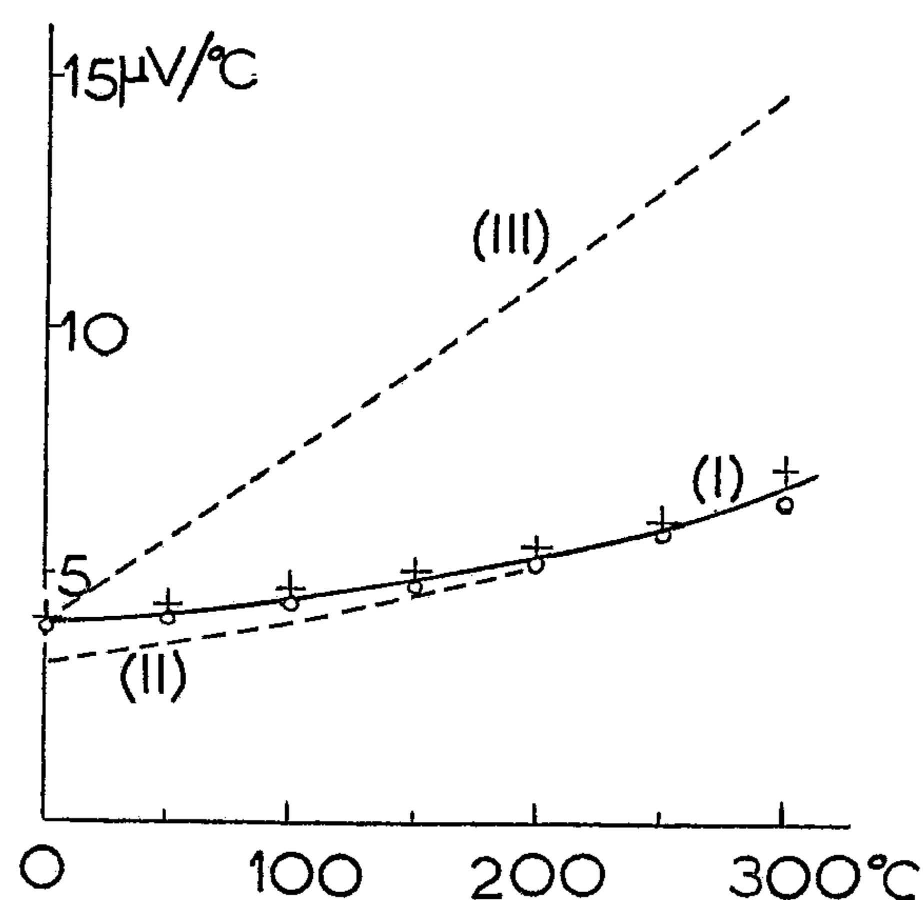
(*) Séance du 7 avril 1952.

parer des éléments cuivre-constantan mesurant les températures des soudures froide et chaude; l'étalonnage de ces couples au moyen d'un couple de précision Pt-Pt rhodié nous a fourni très sensiblement les valeurs des tables, indice de la pureté du cuivre.

Résultats. — Les lames d'épaisseurs diverses donnent chacune des résultats très concordants d'une mesure à l'autre, et très voisins pour des lames différentes. Nous avons tracé pour chaque lame la courbe de la f.é.m. du couple en fonction de la température de la soudure chaude; la soudure froide est ramenée à 0° par la correction classique en thermométrie thermoélectrique. On déduit du réseau de ces courbes le pouvoir thermoélectrique en microvolts par degré du couple Al-Cu : le tableau ci-dessous groupe les valeurs de ce pouvoir pour quatre lames, choisies parmi celles qui donnent les valeurs les plus faibles (lames 12 et 18) et les plus fortes (lames 8 et 10). L'épaisseur indiquée était mesurée par pesée à la microbalance. Le courant va de Al à Cu à travers la soudure chaude.

N° des lames.	Épaisseur (m μ).	Aluminium employé.	0°.	50°.	100°.	150°.	200°.	250°.	300°.
8.....	60	1	4,10	4,35	4,65	5,05	5,55	6,10	7,10
12.....	330	2	3,90	4,05	4,40	4,70	5,20	5,70	6,50
10.....	105	2	4,05	4,30	4,60	5,00	5,50	5,85	6,90
18.....	12	2	3,90	4,05	4,40	4,70	5,20	5,70	6,50

La courbe I qui résume nos résultats se rapproche beaucoup de celle qu'indique K. Noll (courbe II) pour le couple Al-Cu de fils de métaux



purs, et la prolonge au delà de 200°; elle s'écarte nettement de la courbe (III) qui résulte des mesures de H. Pelabon sur les couples Pt-Cu et Pt-Al

formés de métaux massifs : mais cet auteur n'indiquait pas les degrés de pureté.

Par ailleurs, le pouvoir thermoélectrique est pratiquement indépendant de l'épaisseur de l'aluminium, tout au moins lorsque celle-ci dépasse la centaine d'Angströms : l'aluminium se range ainsi, à côté de Au, Pt, Sb,..., dans la catégorie des métaux dont le pouvoir ne semble pas varier avec l'épaisseur des lames minces. Il est frappant de constater le même pouvoir thermoélectrique sur la lame n° 18, très transparente et très résistante (6000 Ω environ), et sur la lame n° 12, carrément opaque, de résistance 20 Ω.

RADIOACTIVITÉ. — *La radioactivité des Vosges hercyniennes.* Note de MM. **Jean-Pierre Rothé** et **Élie Peterschmitt**, présentée par M. Charles Maurain.

Reprenant sur le terrain l'étude radiogéologique entreprise en 1934 par E. Rothé et ses collaborateurs (1), nous avons, en utilisant à la fois une chambre d'ionisation de Kolhörster et un gammamètre A. V. P., effectué des mesures de rayonnement γ en 205 stations couvrant l'ensemble des Vosges hercyniennes. La méthode employée a été décrite ailleurs (2). En chaque station des échantillons pétrographiques ont été prélevés et les coordonnées géographiques exactement déterminées.

Les mesures faites avec les deux appareils sont parfaitement concordantes; nous avons établi la formule empirique

$$X = 1.31\,I - 0,65$$

qui lie le nombre X de chocs-seconde lus sur le gammamètre utilisé au nombre I de paires d'ions par centimètre cube par seconde mesuré à la chambre d'ionisation. Une correction d'altitude tenant compte d'une variation du rayonnement cosmique de 3 % par centimètre de Hg a été apportée aux mesures : cette correction varie de 2,2 à 2,7 ions/cm³/s. En une même station des mesures répétées à plusieurs mois d'intervalle et dans des circonstances météorologiques différentes sont identiques, aux erreurs expérimentales près ($\pm$ 1 I).

L'examen d'une carte sur laquelle sont reportés tous les résultats conduit aux remarques suivantes (chiffres exprimés en unités I).

1° Les valeurs trouvées en des stations situées à plusieurs kilomètres de distance, mais sur un même massif pétrographique homogène, restent très voisines tandis que les variations peuvent sur quelques mètres dépasser 15 à 20 unités I lorsque le type de roche change brusquement (filon de microgranite de Fouday (20) au milieu de grauwackes (5); filons volcaniques du

(1) E. Rothé et Mme A. Hée, *Ann. Inst. Phys. Globe Strasbourg*, 3e part. (Géophysique), 1, 1939, p. 7-23.

(2) J. P. Rothé et E. Peterschmitt, *Ibid.*, 6, 1950, p. 77-90.

Treh (21) et de serpentine (1) au contact de gneiss (7); filon de rhyolite (21) dans la granodiorite au Welschbruch (5); etc.

2° Le massif granitique du Champ du Feu présente une faible radioactivité (8 à 10); cependant, à l'intérieur de ce massif, le magma granitique de Natzwiller et certains filons ont une radioactivité plus élevée (15 à 20) qui se rapproche de celle mesurée dans les Hautes-Vosges sur le « granit des Crêtes » et sur le granit du Ballon d'Alsace. En moyenne la radioactivité des Vosges méridionales est sensiblement plus élevée que celle des Vosges centrales et septentrionales : cette remarque s'applique à la fois aux magmas granitiques et aux roches volcaniques dévono-dinantiennes.

3° Les affleurements gneissiques ont une radioactivité nettement inférieure à celle des massifs granitiques du type Hautes-Vosges.

La diorite du Neuntelstein dont la susceptibilité magnétique est très élevée a par contre une radioactivité très faible (4). La radioactivité des grauwackes appartenant soit au « massif de la Bruche » soit au « massif des Ballons » est homogène et très faible (4 à 7).

4° Une radioactivité particulièrement élevée (30 à 50) a été mesurée dans la vallée de la Doller, dans la zone de bordure méridionale du massif granitique du Ballon d'Alsace : la radioactivité augmente vers l'extérieur du massif au fur et à mesure que la roche devient plus microgrenue; l'augmentation se poursuit régulièrement sur une distance de 5 km environ et atteint sa valeur maxima (49) aux environs d'Oberbrück;

5° Les coulées rhyolitiques permiennes de la région du Nideck ont une radioactivité un peu plus faible (12 à 19) que celle des filons rhyolitiques du massif du Champ du Feu (21 à 23). Les différentes couches ont des activités voisines mais cependant distinctes et caractéristiques.

6° Des valeurs relativement élevées (17 à 19) ont été mesurées sur le permo-houiller du bassin de Villé-Triembach.

7° Le tableau ci-dessous permet de comparer pour un certain nombre de roches caractéristiques la valeur de I et la teneur en potasse (K_2O).

Nature de la roche.	I.	K^2O %.
Serpentine	1	0
Diorite (Neuntelstein)	4	1,2
Granite amphibolique (Hohwald)	5- 8	2,2
Granite du Champ du Feu	6-10	4,4
Granite d'Andlau	9-10	4,5
Rhyolite (Nideck), coulée principale	13	4,3
Granite de Natzwiller	15-18	5,0
Tufs (Nideck), coulée inférieure	19	7,7
Microgranite de Fouday	20	4,8
Rhyolite du Rosskopff	21	4,3
Porphyre quartzifère (Molkenrain)	27	7,3
Granite des crêtes amphiboliques (Brifosse)	27-29	5,7
Porphyre rouge de Bourbach	31	5,0
Microgranite de Sewen-Oberbrück	32-49	–

D'une manière générale l'activité I augmente avec la teneur en potassium dont le rayonnement γ intervient pour une part dans le rayonnement global mesuré; on peut évaluer cette influence à environ un I par % de K^2O contenu dans la roche. En outre, la corrélation signalée par Evans [3] entre la teneur en potassium et la teneur en autres éléments radioactifs paraît confirmée par les résultats ci-dessus.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Bandes d'absorption infrarouge* (NH) *de quelques aryl-amines et contribution à l'étude de la structure des produits de condensation des oses avec les arylamines primaires et l'hydroxylamine.* Note (*) de M. **François Legay**, présentée par M. Jean Cabannes.

Afin de reconnaître la présence éventuelle du groupement NH dans certains produits de condensation du glucose avec les arylamines primaires, nous avons étudié la position des bandes infrarouges (NH) de quelques arylamines simples.

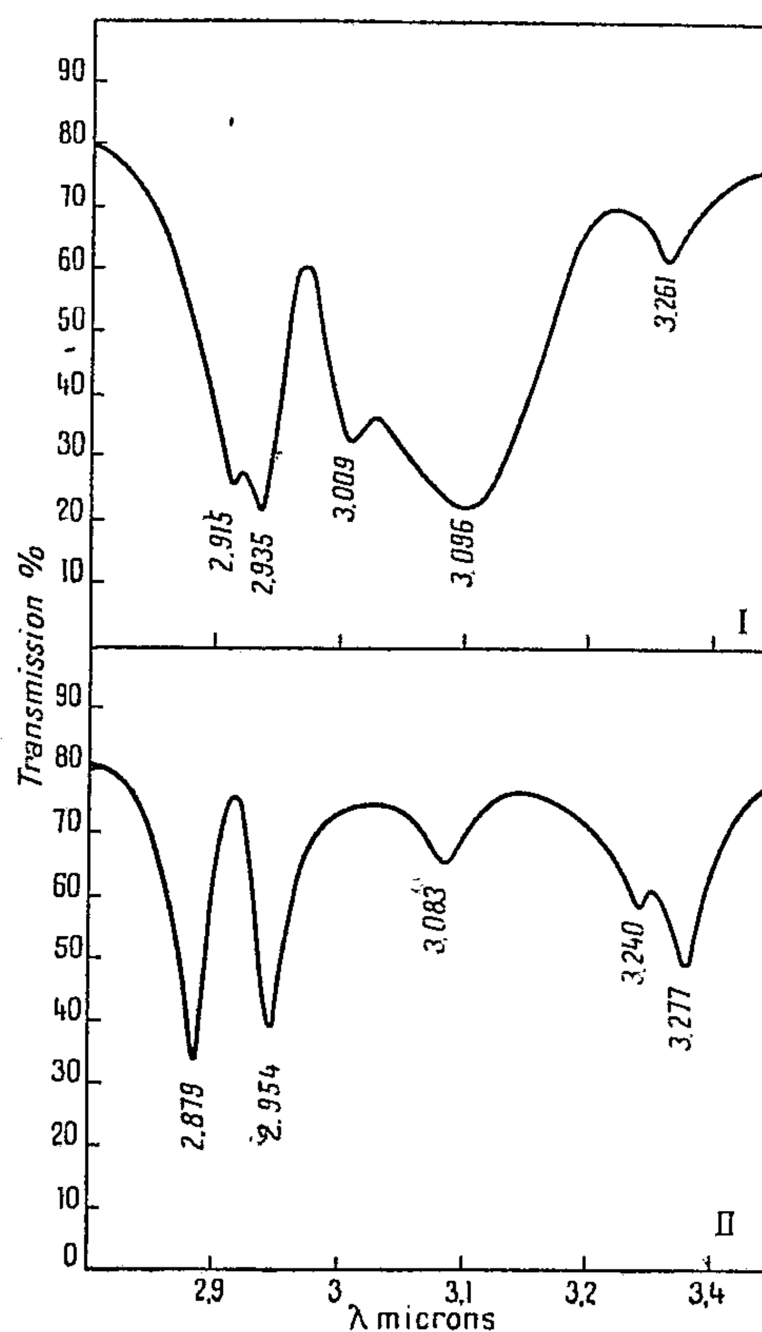
Entre 2,8 et 3,1 μ, les arylamines primaires présentent les deux bandes relatives aux vibrations de valence symétrique et antisymétrique du groupement (NH_2). L'orthophénylènediamine, obtenue par sublimation du produit commercial, présente, en couche mince fondue, outre ces deux bandes à 3,009 et 2,935 μ, une troisième à 3,096 μ, large et intense; en solution dans le tétrachlorure de carbone, celle-ci est remplacée par une bande beaucoup plus faible à 3,083 μ qui subsiste même à très faible concentration, tandis que les deux autres se déplacent vers les courtes longueurs d'onde, respectivement à 2,954 et 2,879 μ. Nous pouvons admettre que la bande large à 3,096 μ traduit l'existence d'une association intermoléculaire du type N—H...N— dans l'orthophénylènediamine à l'état solide. Les autres arylamines étudiées : aniline *p*-toluidine, *o*-toluidine, *p*-nitraniline, *o*-nitraline, β-naphtylamine, diphénylamine et monométhylaniline, ne présentent pas ce phénomène.

Nous avons en outre déterminé la position de la bande (NH) dans la région de 3 μ des dérivés acétylés de quelques N-glucosides. En solution dans le chloroforme (C : 0,1 N), les dérivés tétraacétylés des *d*-glucosides de l'aniline, de la paratoluidine, de la β-naphtylamine et de la nitrotoluidine-1.2.4 présentent une bande (NH) à 2,875 μ, et le dérivé tétraacétylé du β.*d*-glucoside de la *p*-nitraniline à 2,885 μ. Nous avons constaté un déplacement de la bande (NH) d'environ 0,03 μ vers les courtes longueurs d'onde lorsqu'on passe du composé pur à la solution. Les composés solubles dans le tétrachlorure de carbone donnent la même bande dans ce solvant que dans le chloroforme. Les groupements acétyles ne semblent pas perturber les bandes (NH) des composés en

(3) R. D. Evans and H. Williams, *Am. Journ. of Science*, 29, 1935, p. 441-452.

(*) Séance du 31 mars 1952.

solution, en particulier les isomères α et β donnent une bande sensiblement à la même position bien que le groupement (NH) soit plus proche d'un groupement acétyle dans la forme α que dans la forme β.



I : *o*-phénylènediamine pure. — II : *o*-phénylènediamine dissoute dans CCl_4.

Nous avons cherché s'il était possible de déceler la présence de bandes (NH) dans ces produits de condensation du *d*-glucose avec les arylamines primaires. La plupart des auteurs admettent deux structures pour ces composés : une forme glucoside vraie $CH_2OH—\underline{CH—(CHOH)_3—CH}—NH—Ar$ (pont O entre les deux CH) et une forme isoglucosamine $CH_2OH—\underline{CH—(CHOH)_2—COH}—CH_2—NH—Ar$, (pont O entre CH et COH)

pouvant être isolée séparément. Il y aurait de plus une forme base de Schiff non isolée $CH_2OH—(CHOH)_4—CH{=}N—Ar$ qui constituerait un intermédiaire entre les deux premières. Les spectres à l'état solide de la *d*-glucosyl *o*-toluidine et de la *d*-glucosyl-β-naphtylamine présentent une bande vers 6,05 μ, tandis que les composés suivants : *d*-glucosyl aniline, α et β-*d*-glucosyl *p*-toluidine, N-*p*-tolyl *d*-isoglucosamine, *d*-glucosyl *p*-nitraniline; *d*-glucosylnitroto-

luidine-1.2.4 n'en présentent aucune dans cette région, de même que la monométhylaniline et la β-naphtylamine. On pourrait alors admettre que la bande à 6,05 μ doit être attribuée à un groupement C=N, ce qui indiquerait l'existence d'une base de Schiff dans les deux premiers composés.

Un problème analogue se pose pour les oximes des oses; on admet généralement une structure d'aldéhydoxime—CH—NHOH, avec une forme transitoire



d'oxime vraie, non isolée —CH=N—OH. Or, l'arabinose-oxime et la rhamnose-oxime présentent une bande vers 6,05 μ tandis que la glucose-oxime n'en possède pas. Il y aurait donc un groupement C=N dans les deux premières oximes.

Nous avons alors cherché s'il existait une bande (NH) pour les glucosides n'ayant pas de bande à 6,05 μ. La présence de plusieurs bandes intenses et larges vers 3 μ, dues aux OH associés, rend difficile cette recherche. Pour presque tous ces composés, on observe bien une bande vers 2,88 μ, mais il nous est impossible d'affirmer qu'il s'agit d'une bande (NH) et non d'une bande (OH).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Décharge d'anions électrolytiques par des ions gazeux.* Note (*) de MM. **Charles Eyraud** et **Pierre Gilly**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons décrit un dispositif expérimental permettant d'utiliser comme anode d'électrolyse un gaz pur ionisé, l'interface gaz-liquide pouvant être considérée comme une surface parfaitement équipotentielle. La décharge génératrice d'ions positifs est entretenue dans un courant d'oxygène, d'hydrogène ou d'azote sous pression réduite. L'électrolyte est une solution d'acide sulfurique à 38 %, maintenue à — 68° C.

Les travaux résumés dans la présente Note ont pour but de comparer les effets résultant du passage d'une certaine quantité d'électricité sous une très faible intensité I de l'ordre de 1 à 3 mA, d'une part dans le dispositif original qui vient d'être rappelé et d'autre part, pour les mêmes conditions expérimentales, après remplacement de l'électrode gazeuse par une anode de platine immergée dans l'électrolyte. Alors que l'emploi de deux électrodes de platine n'entraîne que la libération de gaz tonnant, toutes les expériences réalisées avec anode gazeuse d'oxygène ou d'hydrogène révèlent une formation importante de composés peroxydiques dans le liquide. La détermination, après un temps donné de passage de la décharge, du nombre N d'équivalents-grammes d'oxygène peroxydique présent dans l'électrolyte, et du nombre F de faradays

(*) Séance du 31 mars 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1553.

ayant traversé le liquide au cours de l'essai, fournit le rendement faradique R = N/F, exprimant la part qui revient aux processus de peroxydation dans les transferts de charges à l'anode. Les seuls composés peroxydiques susceptibles de se former sont les acides persulfuriques et l'eau oxygénée qui sont dosés selon la méthode préconisée par Ishida et Yukawa ([2]).

L'acide monopersulfurique est réduit par l'acide bromhydrique en solution arsénieuse. L'excès d'anhydride arsénieux est oxydé au moyen d'une solution de bromate de potassium. Le point d'équivalence est déterminé à la goutte par méthode potentiométrique. Pour doser l'eau oxygénée il suffit de passer en milieu alcalin pendant quelques minutes en présence d'un nouvel excès d'anhydride arsénieux. La détermination de l'acide perdisulfurique s'effectue de la même manière, après dix minutes d'ébullition de la solution acide ayant reçu une troisième addition d'anhydride arsénieux. Pour les concentrations relativement importantes en oxygène peroxydique, qui permettent l'utilisation d'une liqueur de bromate décinormale, ces titrations sont assez rapides. Dans le cas présent les faibles concentrations exigent l'utilisation d'une liqueur centinormale et les dosages deviennent extrêmement longs en raison de la lenteur des réactions d'oxydoréduction. La vitesse d'hydrolyse de l'acide perdisulfurique étant par contre relativement grande, une fraction notable de ce peracide est comptée en partie comme acide monopersulfurique, en partie comme eau oxygénée. Pratiquement, en effectuant les opérations aussi rapidement que possible et en évitant toute élévation de température, on constate que l'oxygène peroxydique se trouve principalement, sinon uniquement, sous forme d'acice perdisulfurique. Cependant une telle indétermination impose de ne faire figurer que la quantité d'oxygène peroxydique globale dans l'expression du rendement faradique.

Comme le montrent les deux exemples du tableau ci-dessous, ces rendements sont toujours très inférieurs à l'unité. Il n'est donc plus nécessaire, comme paraissaient l'exiger des résultats antérieurs ([3]), d'admettre que des atomes, des radicaux libres, ou des molécules excitées formés par l'arc, l'étincelle, ou la décharge luminescente contribuent à la formation d'oxygène peroxydique concuremment au processus purement électrolytique. En effet, sauf dans le cas où le gaz transporteur de charges est l'azote, dont l'emploi entraîne l'apparition en quantités importantes de dérivés oxygénés de cet élément dans la solution, le rendement faradique est identique, aux erreurs d'expérience près, quel que soit le gaz employé (O_2, H_2).

Gaz.	I.	N.	F.	R.
Oxygène	1,65 mA	$6,2.10^{-5}$	$12,3.10^{-5}$	0,50 ± 0,05
Hydrogène	2,55 mA	$10,6.10^{-5}$	$19,0.10^{-5}$	0,56 ± 0,05

Il n'y a donc pas de réaction décelable entre les individualités du milieu liquide et celles de la phase gazeuse. Il faut noter en particulier que l'emploi

([2]) *J. Soc. Chem. Ind. Japan*, **43**, 1940, p. 46 B.

([3]) Klemenc et Hohn, *Z. Physik. Chem. A*, **154**, 1931, p. 385; Klemenc et Eder, *Z. Physik. Chem. A*, **179**, 1937, p. 1; De Beco, *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 623.

d'hydrogène n'abaisse pas le rendement, ce qui interdit d'invoquer des processus de réduction. Ce deuxième résultat conduit à prendre en considération, comme individualité porteuse de charge en atmosphère d'hydrogène, l'ion moléculaire H_2^+ et non l'ion H^+ dont la neutralisation à la surface du liquide mettrait en jeu le pouvoir réducteur de l'hydrogène atomique. Dans le cas de l'oxygène et de l'azote les caractères de la lumière émise par l'espace surmontant la surface anodique militent également en faveur d'un transport de charges par les ions moléculaires O_2^+ et N_2^+. Dans l'azote cet espace émet la lumière violette caractéristique du premier système négatif de l'azote ([4]). Dans l'oxygène la luminosité jaune verdâtre est vraisemblablement attribuable aux systèmes négatifs de ce gaz décrits par Pierce et Gaydon ([5]).

L'ensemble de ces résultats conduit à attribuer à une électrode gazeuse constituée essentiellement par des ions moléculaires inertes chimiquement la responsabilité de la formation de composés peroxydiques, puisque ceux-ci ne se forment pas, dans les conditions expérimentales précitées, sur une anode métallique. Au processus anodique usuel de formation du radical OH : $H_2O \rightarrow e^- + H^+ + OH$ libérant l'oxygène selon : $2\,OH \rightarrow 1/2\,O_2 + H_2O$, se substituent partiellement des réactions de formation d'acides persulfuriques et éventuellement d'eau oxygénée. Les résultats analytiques militent en faveur de la production presque exclusive d'acide perdisulfurique selon : $SO_4H^- \rightarrow e^- + SO_4H$ suivi de $2\,SO_4H \rightarrow S_2O_8^{--} + 2\,H^+$.

Cette interprétation fait apparaître, comme on pouvait s'y attendre, la différence entre l'effet, sur les processus de transfert de charges à l'anode, d'une part du champ relativement uniforme d'une anode métallique, d'autre part du champ local d'un ion gazeux venant frapper la surface équipotentielle de l'électrolyte.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la structure des sols de sulfure d'arsenic.*
Note (*) de M. **Jacques Gilbert**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Quelle que soit leur concentration, nous avions remarqué que les sols de sulfure d'arsenic sont plus conducteurs et plus acides que les solutions d'acide sulfhydrique et d'anhydride arsénieux qui leur ont donné naissance par simple mélange. Ils sont également plus conducteurs et plus acides que leurs ultrafiltrats. D'autre part, la mesure de leurs vitesses d'électrophorèse par la

([4]) Janin et Eyraud, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 523.
([5]) Chapman et Hall, *The identification of Molecular Spectra*, 1950, p. 197.

(*) Séance du 7 avril 1952.

méthode des sondes [1] démontre qu'il y a déplacement des micelles par plans parallèles comme dans le cas d'un acide fort.

Nous avons conclu qu'il y avait une conductivité et une acidité liées à la présence des particules colloïdales et nous en avons cherché l'origine. Des travaux analogues ont été poursuivis par M. Boutaric sur divers hydrosols à réaction acide, M. Audubert sur les suspensions de mastic et MM. Mukherjee et Chatterjee sur les sols d'acide silicique [2].

Les sols de sulfure d'arsenic sont obtenus par mélange en proportions voulues d'une solution d'acide sulfhydrique et d'une solution d'anhydride arsénieux qui viennent d'être préparées et titrées. La concentration de ces sols, calculable *a priori*, est vérifiée par dosage iodométrique. Les expériences sont faites immédiatement pour éviter toute transformation et notamment la formation d'acides sulfurique et arsénique par oxydation au contact de l'air, nous avons mis en évidence ces impuretés dans les ultrafiltrats de sols vieillis.

L'action des bases, suivie par mesure de la conductivité et du pH, s'opère en deux stades :

1° neutralisation de l'acidité du sol;

2° attaque de As_2S_3 et formation de sulfosels.

Le deuxième est une réaction entre phases, assez lente; l'étude de la neutralisation, seule importante du point de vue structure du sol nous a conduit aux résultats suivants :

Le nombre d'équivalents grammes exigé par la neutralisation d'un sol donné est indépendant de la nature de la base ou de sa normalité entre 0,05N et 0,002N. L'acidité totale est sensiblement proportionnelle à la concentration du colloïde pour des échantillons obtenus par simple dilution à partir d'un sol de base. De l'ordre de $0,3.10^{-9}$ N pour 0,01 M en As_2S_3, elle varie de 10 à 20 % d'un échantillon à l'autre, sans doute en fonction du degré de dispersion. Enfin, le sol de sulfure d'arsenic est analogue à un acide fort dilué : le rapport de l'acidité libre à l'acidité totale est toujours voisin de 1.

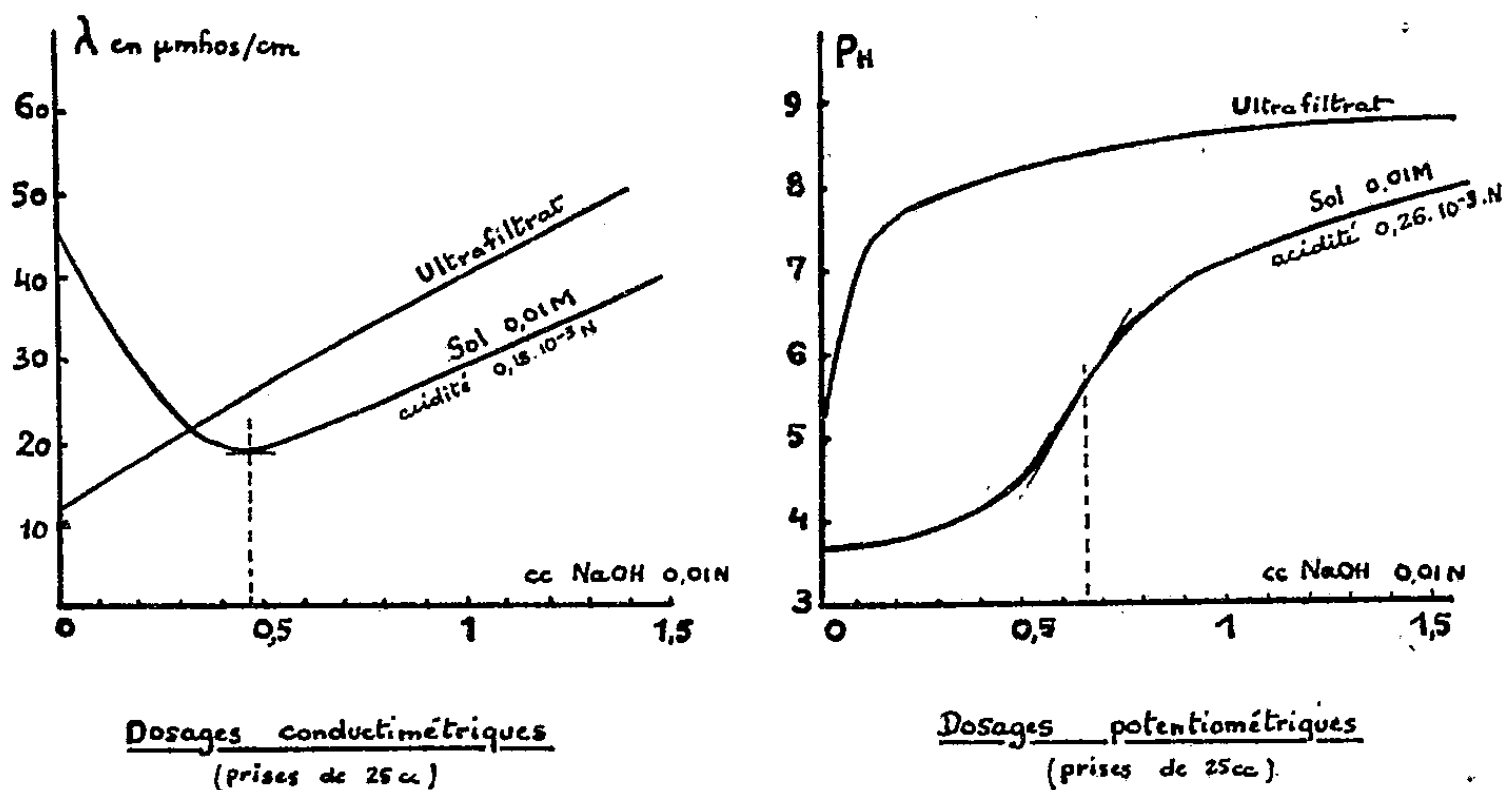
Cette acidité est bien liée aux micelles, elle n'est pas due à un acide fort présent dans le liquide intermicellaire : nous avons vérifié par titrations conductimétrique et potentiométrique l'absence de toute acidité forte dans l'ultrafiltrat. Nous avons, d'autre part, dosé périodiquement un sol 0,01 M abandonné au contact de l'air. Comme prévu, l'acidité totale croît avec le temps, mais l'extrapolation de la courbe montre sans aucun doute qu'elle n'est pas nulle à l'origine des temps. Enfin, pour préciser le rôle éventuel d'un excès

---

(1) JOLIBOIS, FER et LATEULADE, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 993; J. CLERIN, *Thèse*, Paris, 1945.

(2) BOUTARIC et M. BRETON, *Bull. Soc. Chim.*, 6, 1939, p. 274-279; AUDUBERT et CARPENI, *J. de Chimie Physique*, 35, 1938, p. 115; MUKHERJEE et CHATTERJEE, *Nature*, 155, 1945, p. 85-86.

de l'un des constituants, nous avons comparé des échantillons du même sol additionné de quantités variables de SH_2 ou As_2O_3 et étendus au même volume. L'acidité totale augmente légèrement avec le titre en SH_2 ou As_2O_3 libre : cela n'est pas dû à l'excès lui-même de l'un de ces corps, mais à un déplacement de l'équilibre d'adsorption des anions.



Dosages conductimétriques (prises de 25 cc)

Dosages potentiométriques (prises de 25 cc).

Ces résultats expérimentaux permettent de préciser la structure du sol de sulfure d'arsenic : les micelles sont chargées négativement par adsorption préférentielle des anions du constituant en excès; les ions H^+ correspondants constituent l'atmosphère positive. L'apparition d'une acidité et d'une conductivité relativement élevées, quand on verse une solution d'anhydride arsénieux dans une solution d'acide sulfhydrique, ou vice-versa, s'explique par la création d'une très grande surface interphase adsorbant de préférence les anions : la dissociation de l'acide faible en excès (SH_2 ou As_2O_3) est favorisée par l'élimination continuelle de l'anion, jusqu'à un point de saturation déterminé par l'équilibre d'adsorption sur la surface de la micelle.

Nous expliquons ainsi que l'acidité varie d'un échantillon à l'autre selon le degré de dispersion du colloïde et qu'une addition supplémentaire de SH_2 ou As_2O_3 en change peu la valeur. D'autre part, l'acidité en question ne peut passer dans l'ultrafiltrat, elle est liée aux micelles; le rapport de l'acidité libre à l'acidité totale n'exprime pas une ionisation plus ou moins poussée, mais seulement un coefficient d'activité plus ou moins grand des ions H^+ au voisinage des micelles chargées. L'addition d'une base provoque d'abord la neutralisation, c'est-à-dire le remplacement des ions antagonistes H^+ par le cation de la base, avec formation d'eau.

En définitive, le sol négatif de sulfure d'arsenic se comporte comme un polyacide fort constitué par un gros anion ($m As_2S_3$, $n X^-$) et des ions H^+ mobiles. Nous retrouvons ainsi les résultats de l'électrophorèse.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la structure des films de cuivre obtenus par dépôt électrolytique sur un monocristal de laiton β poli électrolytiquement.* Note (*) de M. NOBORU TAKAHASHI, présentée par M. Maurice de Broglie.

De minces films de cuivre sont préparés par dépôt électrolytique à la surface d'un monocristal de laiton β poli électrolytiquement, et sont ensuite examinés par diffraction électronique. On constate que ces films ont une structure monocristalline en relation avec celle du support. Pour un film suffisamment mince, les atomes de cuivre se groupent en un réseau hexagonal compact ($a = 2,55$ Å; $c/a = 1,63$ Å).

On sait qu'au cours du polissage électrolytique d'un métal, il se forme une couche anodique riche en ions métalliques. En utilisant la force contre-électromotrice due à cette couche, on arrive à précipiter électrolytiquement un film métallique mince sur la surface de l'anode; si l'on emploie un alliage comme anode, le métal qui se dépose ainsi est le moins électronégatif. C'est le cas du cuivre pour le laiton β.

J'ai examiné par diffraction électronique la structure du mince film de cuivre qui se dépose dans ces conditions à la surface d'un monocristal de laiton β, préalablement poli électrolytiquement dans un bain d'acide orthophosphorique. Le circuit électrique est du type potentiométrique employé par P. Jacquet (1). Après avoir poli électrolytiquement l'échantillon, on peut précipiter sur lui le dépôt monocristallin avec le courant de faible intensité qui s'écoule en sens inverse dans le bain par interruption de la source de courant. L'examen par diffraction électronique est effectué immédiatement après précipitation du cuivre et lavage à l'eau distillée. Les dépôts obtenus, d'une épaisseur égale ou inférieure à 30 Å, donnent lieu à de beaux diagrammes de diffraction électronique déjà signalés par W. Cochrane pour le nickel (2), qui indiquent une structure monocristalline avec macle répétée sur le plan octaédrique du cuivre (*fig.* 1), avec les orientations relatives $(111)_{Cu}//(110)_{\beta}$ et $[110]_{Cu}//[111]_{\beta}$. La présence d'arcs est due à de l'oxyde de cuivre, ainsi que nous l'avons montré antérieurement dans l'étude du polissage électrolytique du laiton β (3).

La précipitation due à la couche anodique augmente lorsque l'intensité de courant diminue avec le temps; en fin de précipitation, les petites protubérances sont entourées de plans cristallins réguliers. L'examen par microscopie électronique (*fig.* 2) montre que ces protubérances semblent entourées de plans octaédriques dans la direction $[111]_{\beta}$, qui donnent lieu en diffraction

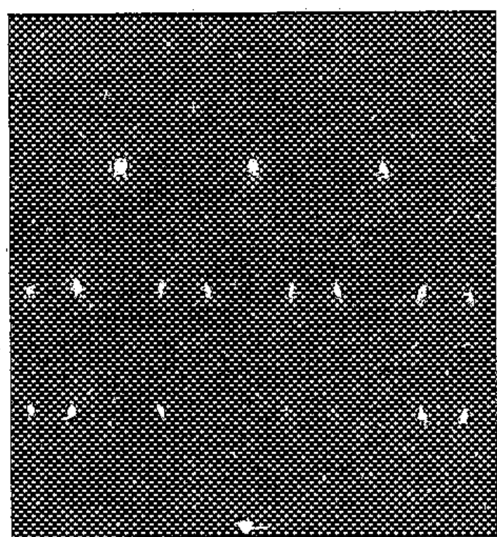
(*) Séance du 7 avril 1952.

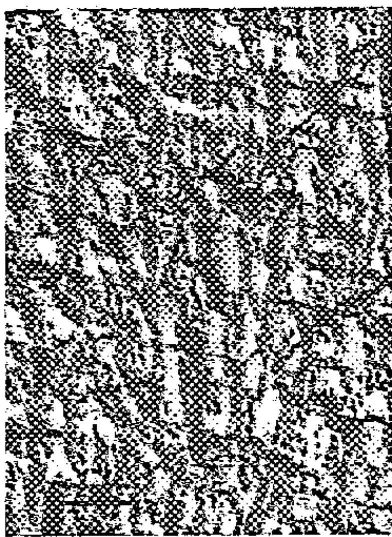
(1) *Bull. Soc. Chim. France*, 3, 1936, p. 705.

(2) *Proc. Phys. Soc.*, 48, 1936, p. 423.

(3) N. TAKAHASHI, *Métaux et Corrosion*, 25, 1950, p. 37.

électronique à un allongement des taches par réfraction du faisceau (*fig.* 1). Des résultats semblables sont obtenus par dépôt électrolytique ordinaire sur une surface polie électrolytiquement (*fig.* 3).


Fig. 1.


Fig. 2.

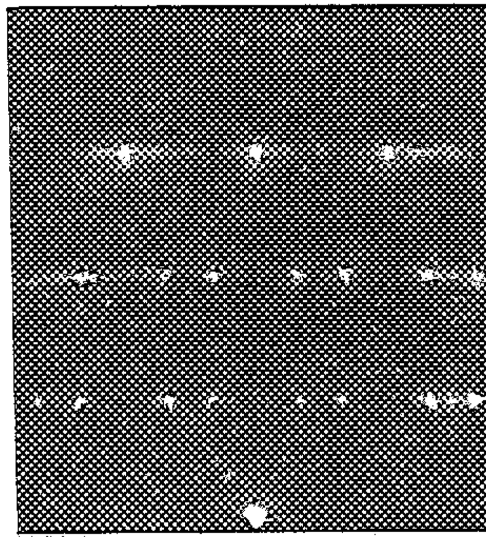

Fig. 3.

Fig. 1. — Cristal de cuivre précipité d'une couche anodique sur le plan (211) d'un monocristal de laiton β poli électrolytiquement. Azimut $[111]_{\beta}$.

Fig. 2. — Micrographie électronique correspondant à la figure 1. ↑ $[111]_{\beta}$.

Fig. 3. — Cristal de cuivre précipité par dépôt électrolytique sur la même surface que la figure 1. Azimut $[111]_{\beta}$.

De toutes façons, le cristal précipité a une structure en relation avec celle du support et l'on constate une continuité cristalline, comme l'avait signalé autrefois P. Jacquet ([4]). La rangée d'atomes de cuivre la plus dense possède précisément la même période (2,55 Å) que la rangée la plus dense du support (Cu — Zn). Les atomes de cuivre se disposent d'abord, par précipitation anodique, suivant la configuration d'un plan octaédrique; la deuxième couche ne peut s'accroître que d'une seule manière, mais la troisième possède deux possibilités dérivant soit du réseau à faces centrées, soit du réseau hexagonal compact.

Dans mes expériences, lorsque la précipitation s'accroît, ces deux possibilités sont tout à fait équivalentes et le plan de macle est perpendiculaire à la surface du laiton β; par conséquent, les films déposés s'accroissent sous la forme de couches minces dans la direction $[111]_{\beta}$, ce qui donne lieu à des lignes de taches de diffraction (*fig.* 3). De telles couches peuvent être considérées comme provenant d'un réseau hexagonal compact, dont la période est $a = 2,55$ Å et le rapport $c/a = 1,63$; cette conclusion est confirmée par l'étude des diagrammes pris sous des azimuts différents. L'orientation relative Cu/laiton β est alors $(0001)_{Cu}//(110)_{\beta}$ et $[11\bar{2}0]_{Cu}//[111]_{\beta}$.

Ce phénomène présente de nombreuses particularités dues à la nature

([4]) *Rev. Métall.*, 35, 1938, p. 116.

physique et chimique de la surface polie électrolytiquement ainsi que du cristal précipité sur cette surface et indique la possibilité d'applications industrielles. Des résultats plus détaillés seront publiés dans un autre Mémoire.

CHIMIE DES COMPLEXES. — *Étude spectrophotométrique du complexe oxalotungstique.* Note (*) de Mlle **Ophélie Vartapétian** et M. **Paul Sakellaridis**, transmise par M. Paul Pascal.

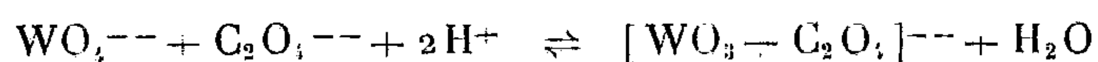
Par action de l'hydrate tungstique sur l'oxalate neutre de potassium, Rosenheim ([1]) a préparé un oxalotungstate de potassium auquel il assigne la formule $K_2O.WO_3.C_2O_3+H_2O$ et qu'il suppose être le sel d'un acide condensé tungsto-oxalique.

Il semble intéressant de démontrer par voie physicochimique l'existence en solution de l'anion condensé correspondant au composé isolé par Rosenheim.

En analogie avec un travail précédemment publié par l'un de nous, sur le complexe oxalomolybdique ([2]), nous avons tenté d'identifier le composé oxalotungstique dans les mélanges de tungstate de sodium et d'acide oxalique, et d'évaluer sa stabilité au moyen de la méthode spectrophotométrique de P. Job ([3]). Celle-ci ne s'applique que si l'on suppose la loi d'action de masses applicable à l'équilibre étudié, c'est-à-dire que si les coefficients d'activité des divers ions sont constants. C'est ce que nous nous sommes efforcés de réaliser en opérant (en présence d'un grand excès d'un électrolyte étranger), à force ionique constante.

Dans ces conditions, les mélanges équimoléculaires de WO_4Na_2 et $C_2O_4H_2$ (toujours employés en solution dans NaCl normal) présentent pour des proportions égales de deux constituants, un maximum d'absorption très aigu, quelle que soit la longueur d'onde utilisée entre 2500 et 3300 Å (*fig.* 1).

On a ainsi identifié un complexe absorbant qui correspond a une molécule de WO_4Na_2 pour une de COOH—COOH et dont la courbe d'absorption est représentée sur la figure 2. Comme nous opérons en solution étendue (10^{-1}M à 10^{-4}M), la réaction de formation du complexe est probablement une réaction d'ions qu'on peut formuler :



$$WO_4^{--} + C_2O_4^{--} + 2H^+ \rightleftharpoons [WO_3 - C_2O_4]^{--} + H_2O$$

et dont la constante d'équilibre

$$K = \frac{C_{WO_4} . C_{C_2O_4} . C_H^2}{C_{[WO_3-C_2O_4]}}$$

(*) Séance du 7 avril 1952.

([1]) *Z. anorg. Chem.*, 4, 1898, p. 352.

([2]) A. Tchakirian et O. Vartapétian, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 212.

([3]) *Ann. Chim.*, **9-10**, 1928, p. 113.

se calcule à partir des compositions maxima (x_M) correspondant à des mélanges non équimoléculaires, par la formule

$$K = \frac{108p^2\Gamma^3[1 - x_M(1+p)]^4}{(1-3p)^3(4x_M - 3)} \quad (^4)$$

Jusqu'à une concentration de M/2000 en tungstate ($\Gamma \geqq 5, 10^{-4}$ M), la composition maximum x_M se confond avec celle qui correspondrait à une réaction complète $[x = 1/(p+1)]$.

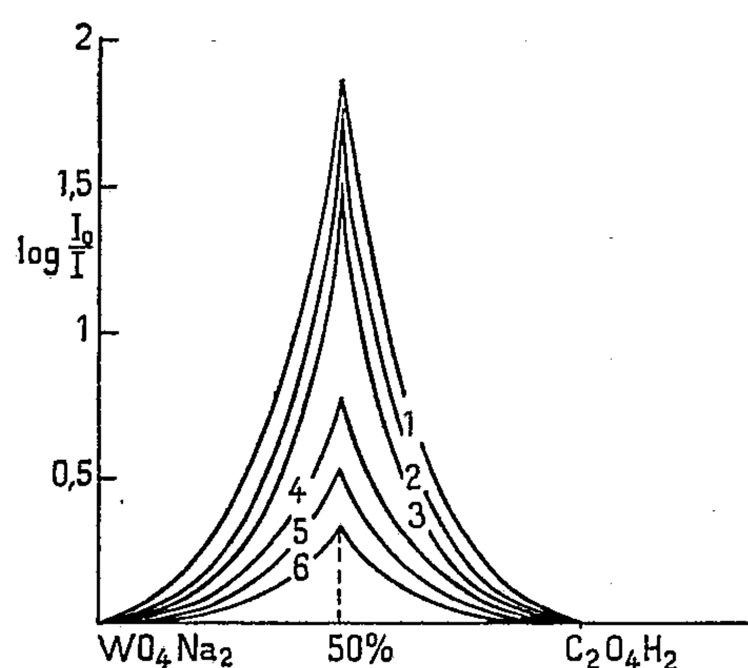


Fig. 1.

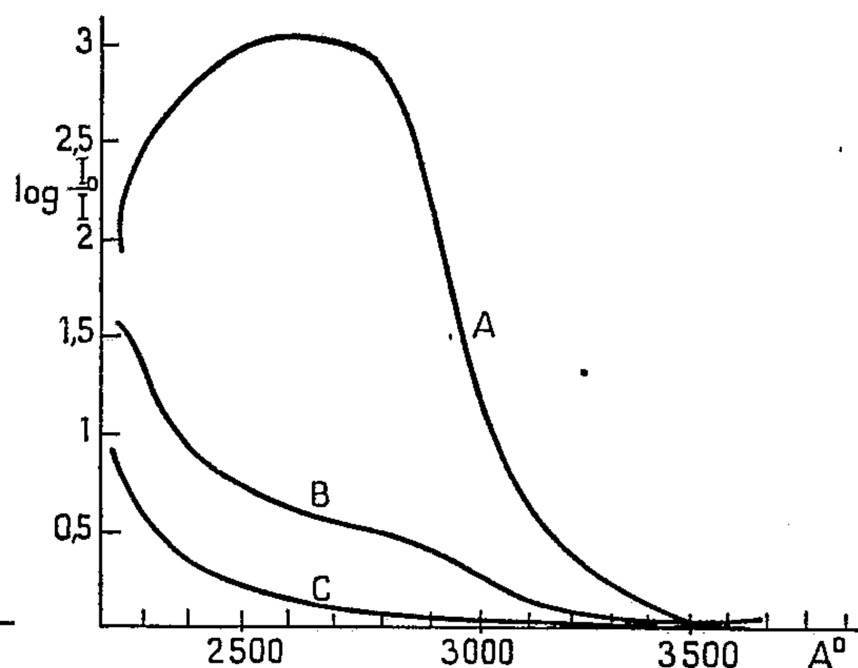


Fig. 2.

Fig. 1. — A. Solutions équimoléculaires (M/100). Épaisseur de cuve : 10^{mm},5. Courbes 1, 2, 3, correspondant respectivement aux longueurs d'onde de 2800 Å, 2900 Å, 3100 Å.

B. Solutions équimoléculaires (M/500). Épaisseur de cuve : 20^{mm}. Courbes 4, 5, 6 correspondant respectivement aux longueurs d'onde de 2900 Å, 3100 Å, 3300 Å.

Fig. 2. — Courbe A : $[WO_3-C_2O_4]Na_2$ (M/200). Courbe B : WO_4Na_2 (M/200). Courbe C : $C_2O_4H_2$ (M/200) Épaisseur de cuve : 10^{mm},5.

La dissociation de l'anion condensé semble nulle. Mais à partir de $\Gamma \leqq 2.10^{-4}$ M on atteint un domaine de dilution où le complexe est assez dissocié pour que sa stabilité devienne mesurable grâce à la précision obtenue sur x (de l'ordre de 10^{-3}) ([5]).

Une série d'expériences où Γ a varié de 2.10^{-4} à 5.10^{-5} et p de 10 à 20, a donné pour K des valeurs concordantes aux erreurs d'expériences près, et de l'ordre de 10^{-16}.

En solution aqueuse, l'anion oxalotungstique est donc plus stable que l'anion oxalomolybdique. Ce qui confirme la règle générale de la plus grande stabilité des composés tungstiques.

([4]) *Voir* Note précédente (*Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 212).

([5]) Les mesures d'absorption sont faites au spectrophotomètre électronique Jobin et Yvon.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la détermination du domaine d'existence et du produit de solubilité du chromate monobasique de plomb.* Note (*) de Mlle **Berthe Charreton**, présentée par M. Louis Hackspill.

L'étude de la conductibilité et des concentrations des ions H^+ et $CrO_4^=$ d'une solution de nitrate de plomb précipitée par du chromate de potassium en présence de quantités variables de soude montre l'existence d'un seul sel basique : CrO_4Pb, PbO. Les valeurs de pH obtenues expérimentalement permettent de calculer le produit de solubilité de ce sel, connaissant celui du sel neutre CrO_4Pb. On trouve : $S = (CrO_4^=)(Pb^{++})^2(OH^-)^2 = 2,1.10^{-32}$.

La formation du chromate basique de plomb a été étudiée par de nombreux auteurs. Tous signalent l'existence du sel monobasique CrO_4Pb, PbO mais ne sont plus d'accord sur les autres combinaisons possibles. Ainsi L. Cloutier (1) trouve le sel dibasique $CrO_4Pb, 2PbO$, H. Guiter (2) les sels $CrO_4Pb, 1,66 PbO$ et $CrO_4Pb, 3PbO$, par contre Wagner et Schirmer constatent seulement l'existence du sel monobasique (3).

J'ai tenté de résoudre la question en suivant la composition d'une solution de nitrate de plomb (ou d'acétate) qu'on précipite par du chromate de potassium en présence de quantités croissantes d'une base soluble : soude ou diéthylamine.

Soit a le rapport de la quantité de base ajoutée à la quantité théorique exigée pour la précipitation de l'hydroxyde de plomb, j'ai mesuré la variation en fonction de a, de la conductibilité, du pH et de la concentration en chromate de la solution-mère. J'ai opéré à des concentrations initiales variables, la concentration de CrO_4K_2 étant égale ou supérieure à celle du sel de plomb pour éviter la formation de nitrates ou acétates basiques. Les mesures ont été faites après vieillissement prolongé des solutions : une vingtaine de jours en général. Voici les résultats obtenus :

1° *Conductibilité.* — Sur toutes les courbes il y a un seul point anguleux d'abscisse $a = 0,5$.

2° *Concentrations des ions* H^+. — Le pH croît rapidement au début de la courbe ($a < 0,1$); il y a ensuite un palier presque horizontal jusqu'à $a = 0,5$, valeur à partir de laquelle le pH augmente brusquement.

3° *Concentration en chromate.* — Elle croît linéairement jusqu'à $a = 0,5$ et reste ensuite constante même si l'on ajoute de gros excès de base ($a = 4$ par exemple). A partir de $a = 5$ elle augmente de nouveau jusqu'à ce que l'on

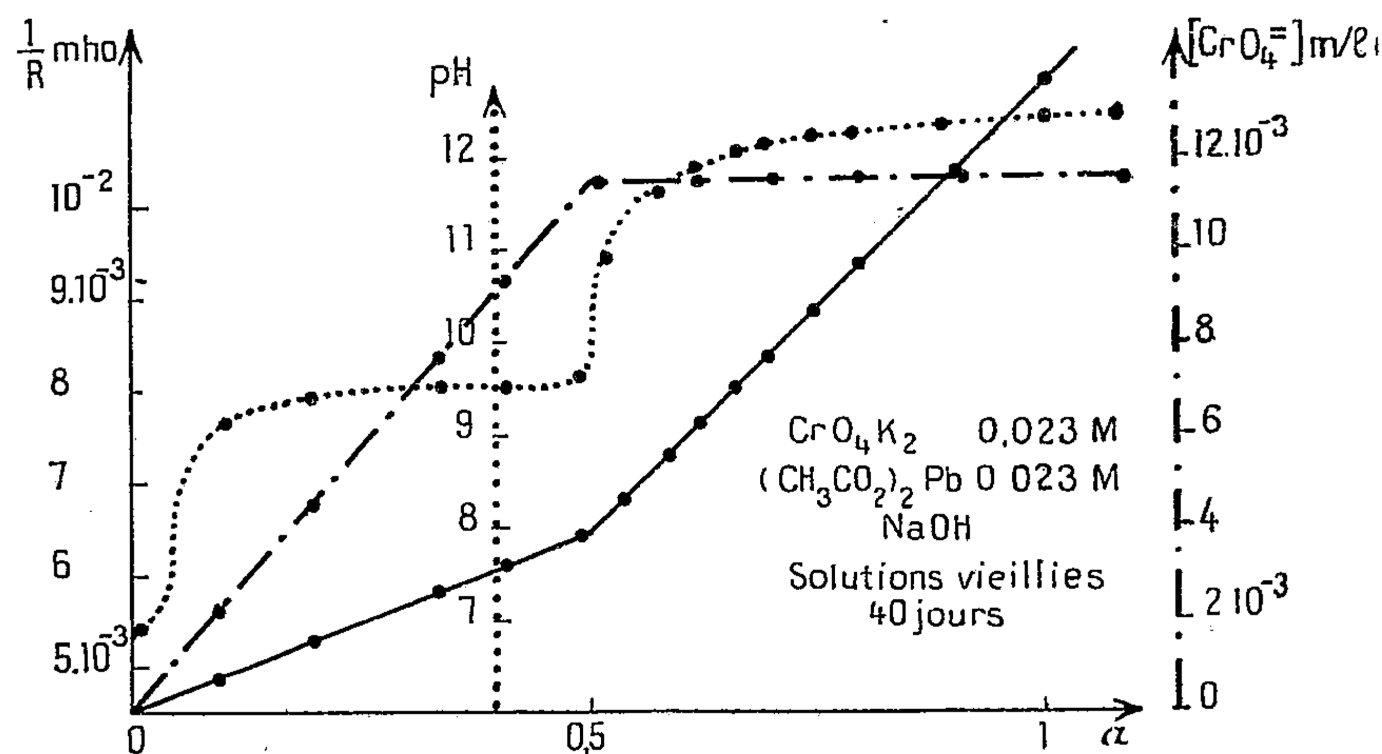
(*) Séance du 31 mars 1952.

(1) *Ann. Chim.*, 19, 1933, p. 5-77.

(2) *Bull. Soc. Chim.*, 60, 1946, p. 3.

(3) *Z. anorg. allgem. chem.*, 8, 1935, p. 222-245.

retrouve la concentration initiale, le précipité est alors entièrement dissous, mais il faut pour cela atteindre des valeurs de a voisines de 32 à froid et de 17 à chaud (90°). Pendant cette dissolution la composition du précipité varie, le rapport PbO/CrO_3 augmentant, mais il ne semble pas se former de sels bien définis.



L'examen de toutes les courbes ne permet de conclure qu'à l'existence du sel monobasique.

Détermination du produit de solubilité. — Connaissant le produit de solubilité S_1 du sel neutre CrO_4Pb, on peut déduire des mesures de pH le produit de solubilité S_2 du sel monobasique dont nous admettons la dissociation suivante puisque les solutions sont diluées et le pH nettement alcalin



$$CrO_4Pb,\ PbO + H_2O \rightarrow CrO_4^{=} + 2Pb^{++} + 2(OH^-).$$

Soit alors

$$S_1 = (CrO_4^{=})(Pb^{++}) \quad \text{et} \quad S_2 = (CrO_4^{=})(Pb^{++})^2(OH^-)^2.$$

En éliminant (Pb^{++}) de ces deux relations, il vient

$$\frac{1}{2}\log S_2 - \log S_1 = pS_1 - \frac{1}{2}pS_2 = \text{pH} - pK_e - \frac{1}{2}\log(CrO_4^{=}).$$

Les résultats expérimentaux donnent en moyenne $pS_1 - (1/2)pS_2 = 3{,}30$. En prenant pour S_1 la valeur de Kolthoff, Perlich et Weiblen ([4]), soit $S_1 = 2{,}8.10^{-13}$, on trouve $S_2 = 2{,}1.10^{-32}$.

Nous avons essayé de déterminer directement la solubilité des sels neutre et basique par dosage au photocolorimètre des ions $CrO_4^{=}$ contenus dans les solutions saturées respectives de ces deux sels. La valeur obtenue pour le sel

([4]) *J. Phys. Chem.*, 46, 1942, p. 561-570.

neutre est un peu plus faible que celle adoptée ci-dessus : 2.10^{-7} m/l au lieu de $5,3.10^{-7}$ m/l. Pour le sel basique $(CrO_4^{=}) = 1,1.10^{-7}$ m/l. Il vient alors $pS_1 - (1/2)pS_2 = 3,40$, valeur en bon accord avec celle provenant des mesures de pH.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur l'altération des huiles minérales dans les machines à vapeur.* Note (*) de MM. **Alfred Maillard** et **Jean Teitgen**, présentée par M. Louis Hackspill.

L'altération des huiles lubrifiantes dans les machines à vapeur est le résultat de l'action de la chaleur et de celle de l'oxygène contenu dans la vapeur. Il y a formation de produits de nature acide à teneur en oxygène élevée. La présence de silico-aluminates favorise les réactions de thermolyse.

Cette Note se rapporte à des observations faites sur une huile en service, et au commencement d'une étude entreprise pour expliquer les faits observés.

Les observations faites sur l'huile en service sont les suivantes : sur les soupapes d'admission d'une machine à haute surchauffe (350°, 15 kg), il se dépose des masses charbonneuses, dont la teneur en carbone va en décroissant au fur et à mesure qu'on s'éloigne du métal.

Ce dépôt a été soumis à une extraction au trichloréthylène puis traité par une solution de soude caustique à 10 %; le résidu a été soumis à l'analyse élémentaire.

L'huile obtenue par évaporation du trichloréthylène a été examinée au point de vue teneur en oxygène et degré de non-saturation. La fraction extraite par la soude a été soumise à l'analyse élémentaire et à des essais de solubilité. L'analyse du résidu a porté sur le dosage des éléments C. H. O. S. et sur la détermination qualitative et quantitative des cendres.

Les résultats sont groupés dans le tableau suivant :

	Composition centésimale.				Indice		Cendres
	C.	H.	O.	S.	d'iode.	d'acide.	(%).
Produit extrait au trichloréthylène (22,9 % du dépôt)..	85,86	12,7	1,6	–	–	2,2	–
Produit extrait à la soude à 10 % (1,7 % du dépôt)..........	61,5	3,6	32,3	–	–	–	–
Résidu après ces extractions (75,4 %)..................	75	7,15	16,3	0,32	–	–	2,1
Huile neuve..................	86,3	13,4	0,3	0,24	16	0,17	–
Huile en service..............	86,1	13,4	0,35	–	16	–	–

(*) Séance du 7 avril 1952.

Sur les cendres, on a déterminé la partie soluble dans l'eau (solution à réaction alcaline), les oxydes de fer, de silicium et de cuivre. Les teneurs respectives sont de 17,4, 19,3, 20 et 40 %.

Des nombres ci-dessus et des observations sur place, on peut déduire : la décomposition de l'huile a lieu au contact du métal de la soupape d'admission, où la température est la plus élevée, et il y a à la fois thermolyse et oxydation. Il intervient certainement l'oxygène dissous dans l'eau; il est possible que les réactions soient catalysées par la silice, ou les silicates. En ce qui concerne ces derniers, ils peuvent provenir des permutites servant à épurer l'eau. Des essais directs ont, en effet, montré que ces permutites présentent une solubilité dans l'eau non négligeable.

L'altération semble s'être localisée aux parties mentionnées de la machine, car l'huile qui se trouve dans le circuit de lubrification n'est pratiquement pas altérée. L'huile du dépôt, par contre, a subi une altération sensible.

Quant à la fraction extraite à la soude, elle précipite par action d'un acide sous forme de flocons bruns très volumineux. Il est vraisemblable qu'il s'agit d'un mélange de polyphénols et d'acides, car l'insolubilité du produit dans les solvants chlorés montre qu'on n'a pas affaire uniquement aux phénols.

Pour étudier les réactions qui prennent part à l'altération de l'huile, les essais suivants ont été entrepris jusqu'à présent :

1° action de la chaleur en présence d'eau et de permutites, et en absence de permutites;

2° action de la chaleur en absence d'eau et de permutites, et en présence de permutites. Les essais ont été suivis par mesure des quantités de gaz formés et détermination de leur composition, les produits liquides ont été examinés et les quantités d'asphalte déterminées.

Les observations suivantes ont été faites :

Dès 350°, à pression ordinaire, il s'établit des réactions de thermolyse, avec formation de gaz composés essentiellement d'hydrogène et d'hydrocarbures.

A 450° en présence d'eau et de permutites, en autoclave, il y a destruction profonde de l'huile, la fraction liquide des produits formés distille entièrement entre 40 et 230°.

En présence d'eau et en absence de permutites, la décomposition est nettement moins importante, en particulier la quantité de gaz formée n'atteint que le tiers de celle qui se forme en présence de permutites.

En absence d'eau, les permutites ne semblent pas avoir d'influence marquée sur la thermolyse de l'huile.

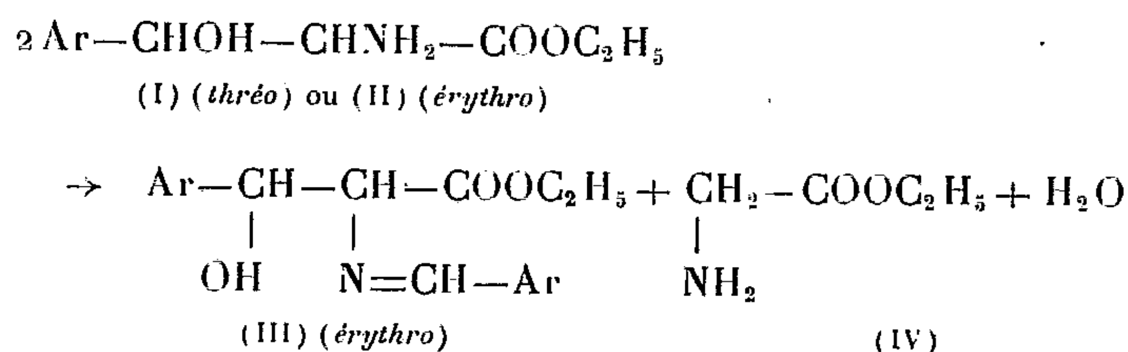
Quant à la composition des gaz formés, elle dépend plus de la pression de travail que de la présence ou de l'absence de permutites.

Le travail sous pression élevée (200-300 kg) conduit à la formation de gaz pratiquement saturés (2 % d'éthyléniques) alors que sous pression ordinaire les gaz présentent une proportion de non saturés de l'ordre de 15 %.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation et transformation réciproque de dérivés* érythro *et* thréo *de la* β-p-*nitrophénylsérine*. II. *Préparation du* thréo-β-p-*nitrophénylsérinate d'éthyle*. Note (*) de Mme **Irène Elphimoff-Felkin**, MM. **Hugh Felkin** et **Zoltan Welvart**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'action d'un excès de glycocollate d'éthyle tant sur l'aldéhyde *p*-nitrobenzoïque que sur la base de Schiff de l'*érythro* β-*p*-nitrophénylsérinate d'éthyle conduit, par deux voies différentes, au *thréo* β-*p*-nitrophénylsérinate d'éthyle. Le mécanisme de ces réactions est analogue à celui de la réaction de Knœvenagel.

Dans une première Note ([1]) nous avons montré que les *thréo* (I) et *érythro* (II) β-*p*-nitrophénylsérinates d'éthyle se transforment dans l'alcool en base de Schiff (III) de l'*érythro* β-*p*-nitrophénylsérinate d'éthyle ([2]) :



et nous avons montré que cette transformation se fait par un mécanisme analogue à celui de la réaction de Knœvenagel.

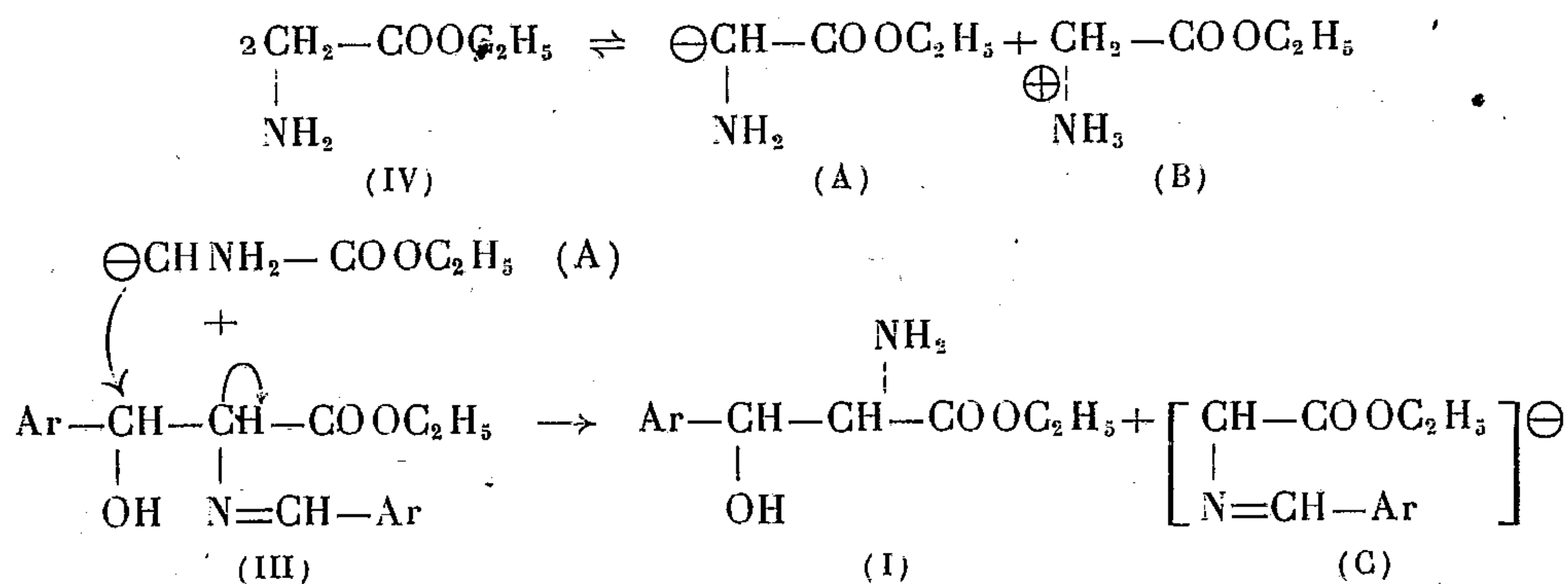
Or, il est connu que les réactions de ce type sont réversibles ; c'est pourquoi nous avons espéré qu'il serait possible d'obtenir un β-*p*-nitrophénylsérinate d'éthyle par une réaction inverse. Cet espoir s'est réalisé ; nous avons constaté que l'action du seul glycocollate (IV) sur la base de Schiff (III) conduit à un amino-ester possédant la configuration stérique *thréo* (I). Cette transformation nous a paru d'autant plus intéressante qu'elle était le premier exemple d'obtention directe d'un hydroxy-amino-ester de configuration stérique *thréo* par une réaction de condensation.

(*) Séance du 7 avril 1952.

([1]) I. Elphimoff-Felkin, H. Felkin et Z. Welvart, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1564.

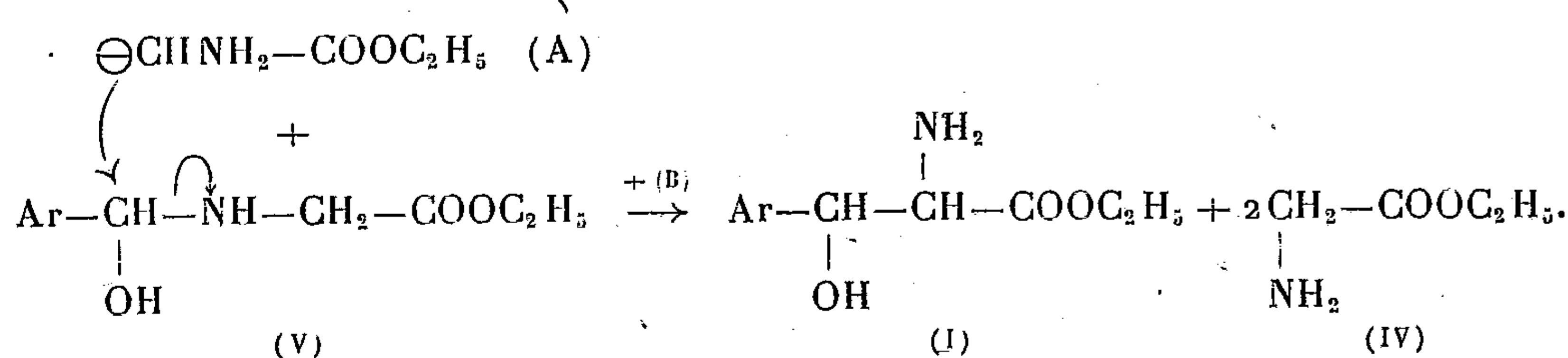
([2]) Dans toutes les formules, Ar $= p\text{-}NO_2\text{—}C_6H_4\text{—}$.

En effet, nous admettons que le mécanisme de cette réaction est le suivant ([3]) :



La rupture aisée d'une liaison C—C au moyen de l'anion (A) avec formation de l'amino-ester *thréo* nous a laissé entrevoir la possibilité d'obtenir le même composé par une réaction analogue de l'anion (A) avec le N-(α-hydroxy-*p*-nitrobenzyl) glycocollate d'éthyle (V) ([1]); effectivement nous avons constaté que la transformation de ce composé en amino-ester *thréo* (I) se fait avec une grande facilité par action du glycocollate d'éthyle.

Le mécanisme de cette réaction est du même type que celui de la réaction précédente; il en diffère par le fait qu'il comporte la rupture d'une liaison C—N au lieu d'une liaison C—C :



Cette réaction ne nécessite qu'une faible quantité de glycocollate d'éthyle, car ce réactif est régénéré au cours de la réaction. Étant donné que le composé (V) se fait instantanément lorsqu'on mélange l'aldéhyde *p*-nitrobenzoïque et le glycocollate d'éthyle ([1]), il était facile de prévoir que l'amino-ester *thréo* (I) se formerait également en traitant directement cet aldéhyde par un excès de glycocollate; en effet, la condensation effectuée dans ces conditions ne conduit plus à la base de Schiff *érythro* (III) ([4]), mais constitue au contraire la meilleure méthode de préparation de l'amino-ester *thréo* (I).

L'ensemble des résultats obtenus montre que les réactions conduisant soit à

([3]) La coloration verte qui apparaît au cours de cette réaction peut être attribuée à l'anion (C) ([1]).

([4]) E. D. Bergmann, M. Genas et H. Bendas, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 361; E. D. Bergmann, H. Bendas et W. Taub, *J. Chem. Soc.*, 1951, p. 2673.

la base de Schiff *érythro* (III) ([4]), soit à l'amino-ester *thréo*, sont toutes du même type que la réaction de Knœvenagel et que, comme cette dernière, elles sont toutes réversibles. Un choix convenable des conditions opératoires permet de passer à volonté de la forme *thréo* à la forme *érythro* ([1]) et inversement. La nature du produit obtenu dépend en dernière analyse de la nature de l'anion qui intervient dans la réaction : la formation de la base de Schiff *érythro* (III) se fait par l'intermédiaire de l'anion (C) ([1]), celle de l'amino-ester *thréo* (I) se fait par l'intermédaire de l'anion (A) ([5]).

Partie expérimentale. — Le *thréo* β-p-*nitrophénylsérinate d'éthyle* (I) est obtenu par l'action de (IV) sur l'aldéhyde *p*-nitrobenzoïque (1,5 mol de IV), sur (V) (0,5 mol de IV) ou sur (III) (3 à 4 mol de IV), en absence de solvant. Le mélange est trituré à la température ordinaire pendant quelques minutes, puis additionné d'éther, l'amino-ester (I) précipite peu à peu. Cristallisé dans le dioxane, il fond à 133-134°. Cet amino-ester est identique à celui obtenu à partir de la *thréo* β-phénylsérine d'Erlenmeyer ([6]).

PÉTROGRAPHIE. — *Sur la Nemite et sa position dans la famille des laves leucitiques*. Note de M. **André Sandrea**, transmise par M. Albert Michel-Lévy.

Dans sa classification systématique des roches éruptives ([1]), ainsi que dans l'ébauche d'un mémoire sur les laves leucitiques d'Indonésie, A. Lacroix donne les caractères chimiques d'une lave qu'il appelle Nemite : vocable ayant son origine au lac de Nemi (Monts Albans), près duquel se trouve le gisement de Monte Cavo, dont provient la lave en question.

La branche potassique des laves à déficit de silice ayant fourni des types identiques à cette Nemite (notamment dans le Pacifique occidental), il nous a semblé intéressant de tenter une détermination plus précise des caractères distinctifs de la roche de Nemi, ainsi qu'une délimitation de ses coordonnées dans le cadre de la famille en question.

La roche appelée Nemite est une lave à deux temps.

Les phénocristaux sont essentiellement constitués par la leucite et l'augite.

([5]) Nous poursuivons cette étude afin de déterminer quels sont les facteurs (stériques ou autres) qui déterminent la configuration des produits obtenus; en effet, la base de Schiff (III) obtenue possède toujours la configuration *érythro*, alors que l'amino-ester libre (I) possède toujours la configuration *thréo*.

([6]) B. N. Feitelson, J. T. Gunner, R. J. Moualim, V. Petrow, O. Stephenson et S. W. F. Underhill, *J. Pharm. Pharmacol.*, 3, 1951, p. 149.

([1]) A. Lacroix, *Bull. Serv. géol. Indochine*, 20, fasc. 3, Hanoï, 1933.

La première, en leucitoèdres réguliers, atteignant jusqu'à 1,3 mm de diamètre, montre parfois l'association de grains en rosettes massives à 4-5 éléments. Dans quelques cristaux on observe la formation d'un minéral isotrope d'indice légèrement inférieur à la leucite; il s'agit de l'analcime. La présence de ce minéral semble correspondre à la fixation d'un excès de soude, postérieure à la cristallisation de la leucite.

Les pyroxènes, associés en groupements gloméroporphyriques de 5-7-10 éléments, englobent un cristal formant noyau; ce dernier a une orientation axiale disposée normalement à celles des cristaux qui l'entourent; il constitue en quelque sorte un pivot. Les pyroxènes sont incolores, zonés en lumière polarisée; ils appartiennent au type pigeonitique non manganésifère; $\widehat{2V}$ de la zone interne = 40-45°, $\widehat{2V}$ de la zone externe = 55-60°. Les cristaux sont abondamment maclés : macles transverses (h^1), et en sablier.

On rencontre aussi quelques olivines en cristaux réguliers, légèrement transformés sur leurs bords en iddingsite; il y a environ 1 olivine sur 8-10 pyroxènes. Les microlites forment une pâte homogène entièrement cristalline constituant environ 30 % de la roche. La majeure partie est formée d'olivine, d'augite et de leucite en proportions à peu près équivalentes. Le reste consiste en un remplissage de feldspath (65-70 % An.), de biotite, que sa coloration pâle ferait ranger dans les types fluo-alcalins, peu ferrifères, ainsi que de tout petits cristaux irréguliers d'analcime. L'ensemble de la pâte est littéralement truffé de minuscules grains arrondis d'ilménite. Enfin, quelques apatites sont logées indifféremment dans la pâte et dans les phénocristaux.

Analyse F. Raoult.		*Composition virtuelle.*	
SiO_2	49,10	Or	8,90
Al_2O_3	9,49	An	9,00
Fe_2O_3	3,17	Le	18,75
FeO	4,56	Ne	4,94
MnO	0,14		
MgO	10,31	$CaSiO_3$	25,98
CaO	14,48	$MgSiO_3$	19,70
Na_2O	0,95	$FeSiO_3$	3,56
K_2O	5,50	Mg_2SiO_4	4,20
TiO_2	1,20	Fe_2SiO_4	0,82
P_2O_5	0,38		
F	0,27	Ma	4,64
Cl	0,07	Ilm	1,52
SO_3	tr.	Ap	0,62
BaO	0,06	Fl	1,01
H_2O^+	0,51		
H_2O^-	0,11		
	100,30		

Paramètres :

III (IV).(7) 8.2.2
1 (2).1'.'3.2.

Composition réelle.	
Feldspath	8%
Leucite + analcime	29%
Pyroxène	52%
Olivine	6%
Biotite + ilménite	5%

Les paramètres de cette roche sont identiques à ceux de la leucitite-type de Monte Rado (synonime de l'albanite) ([2]), ([3]); mais sa composition, à la variété de l'augite près, correspond à celle des missourites de Shonkin Cove, Montana ([3]). D'autres missourites italiennes, de la Somma, et aussi de Monte Cavo même, présentent une composition minéralogique identique à la Nemite.

Il en résulte :

1° La Nemite appartient à la famille des laves hyperleucitiques, dont la tête de série est l'Italite ([4]) (93 % de leucite), paramètres : 1.9.2.2.

2° La partie phénocristalline de la Nemite correspond à la composition des missourites citées plus haut. (Ces missourites, étant donné leur belle cristallinité, et la correspondance de leurs compositions minéralogiques réelle et virtuelle, semblent représenter un terme équilibré de la série.)

3° La pâte riche en analcime, renferme du feldspath basique exprimé et correspond d'une part à l'épuisement du K par la leucite, et d'autre part à la fixation du Fe-Ti non assimilé au cours de la phase des métasilicates.

Nous sommes donc en présence d'une lave appartenant chimiquement au type leucitite-albanite dont l'expression minéralogique correspond à la forme missouritique. Cette forme est accentuée par l'apparition d'olivine exprimée, surtout dans la phase microlitique, synchrone de l'apparition des feldspaths. Cet ordre de cristallisation a été constaté dans toutes les laves doliomorphes de la branche potassique des roches à déficit de silice.

En conclusion : la Nemite est une lave du groupe des leucitites, présentant un faciès mélanocrate; sa composition minéralogique est celle d'une missourite. Cette Nemite, type rigoureusement délimité, n'est pas une exception; il a été retrouvé sous des formes tout à fait analogues dans les formations volcaniques de Batuku (Boni) et Malawa (Maros) dans le Sud-Ouest de Célèbes ([4]), ce qui prouve que nous avons affaire à un type ayant son existence propre et correspondant à une suite d'équilibres physico-chimiques susceptibles de se reproduire entre certaines limites.

MYCOLOGIE. — *Sur une Urédinée, parasite des Graminées, ayant sa phase écidienne sur Clematis.* Note (*) de MM. **Lucien Guyot** et **Michel Massenot**, présentée par M. Roger Heim.

A partir d'écidies sur *Clematis* sp., des infections positives ont été obtenues sur de nombreuses Graminées appartenant aux genres *Ægilops, Agropyrum, Elymus, Haynaldia, Hordeum* et *Secale. Puccinia hordei-maritimi*, défini par nous en 1948, est donc remarquablement pléophage et offre des affinités étroites avec *Puccinia glumarum* (Schm.) Erikss. et Henn. et *Puccinia persistens* Plowr., tant sur le plan structural que sur le plan évolutif.

([2]) Washington, *Chem. analysis of igneous Rocks*, II, 1917.

([3]) Washington, *Am. J. Sc.*, 50, 4e série, 1920, p. 47.

([4]) Iddings, *Proc. nat. Acad. Sc. U. S. A.*, 3, 1917, p. 595.

(*) Séance du 7 avril 1952.

Au cours des années 1948 à 1950, 21 souches écidiennes prélevées sur *Clematis flammula*, *recta* et *vitalba* en France méridionale (Causses, littoral méditerranéen, Alpes de Provence) ont été éprouvées expérimentalement dans leur aptitude à infecter diverses Graminées et céréales choisies parmi les hôtes habituels de *Puccinia rubigo-vera* (DC.) Wint. *sensu lato*. Le pourcentage des contaminations positives a été de 88 % sur *Hordeum maritimum*, 86 % sur *Ægilops triuncialis* et *Secale montanum*, 75 % sur *Haynaldia villosa*, 73 % sur *Ægilops ovata*, 71 % sur *Secale cereale*; 70 % sur *Agropyrum caninum*, 66 % sur *Elymus sabulosus*, 64 % sur *Agropyrum pungens*, 50 % sur *Ægilops triaristata* et *Elymus virginicus*, 40 % sur *Agropyrum junceum*, 33 % sur *Elymus europaeus*, 14 % sur *Elymus canadensis* (les 14 espèces précitées de Graminées ont formé à la fois urédos et téleutos sur les feuilles contaminées); en outre, nous avons constaté des urédos sur *Agropyrum repens*, *Elymus arenarius* et *Hordeum murinum*, des taches nécrotiques sur *Bromus madritensis*, des taches chlorotiques sur l'Orge, aucun symptôme par contre sur le Blé ni sur de nombreuses espèces de Bromes.

A l'aide des urédospores formées sur les plantes infectées, nous avons contaminé diverses Graminées, avec des résultats variables; de nombreuses transmissions intergénériques ont été toutefois réalisées ([1]) :

II sur *Ægilops triuncialis* → II sur *Elymus virginicus* (souche Cl 16).

II sur *Agropyrum caninum* → II sur *Haynaldia villosa* et *Hordeum maritimum* (souche Cl 9).

II sur *Agropyrum junceum* → II sur *Elymus virginicus* (souche Cl 16).

II sur *Elymus virginicus* → II sur *Hordeum maritimum* (souche Cl 9).

II sur *Hordeum maritimum* → II sur *Elymus virginicus* (souche Cl 16).

II sur *Secale cereale* → II sur *Hordeum maritimum* (souche Cl 16).

II sur *Secale cereale* → II sur *Haynaldia villosa* (souche Cl 14).

II sur *Secale montanum* → II sur *Ægilops ovata* (souche Cl 16).

II sur *Secale cereale* → II et III sur *Agropyrum caninum* et *Elymus europæus* et *virginicus* (souche Cl 14).

II sur *Secale cereale* → II et III sur *Ægilops triaristata* et *triuncialis* et *Hordeum maritimum* (souche Cl 17).

La pléophagie remarquable de *Puccinia hordei-maritimi* ([2]) rappelle singulièrement le manque évident de spécialisation parasitaire dont témoigne *Puccinia glumarum* (Schm.) Erikss. et Henn. Ainsi, les degrés d'attaque constatés sur divers hôtes artificiellement contaminés sont les suivants [selon W. Straib (1937) pour la race 28 de *P. glumarum*, selon nous pour les souches Cl 8, Cl 10, Cl 15, Cl 17 et Cl 18 de *P. Hordei-maritimi*] :

([1]) II désigne le stade urédo, III désigne le stade téleuto.

([2]) *Hordeum maritimum*, sur lequel notre champignon a été caractérisé pour la première fois en 1948, sub nom. *P. hordei-maritimi* nov. spec., est l'hôte le plus réceptif à l'égard de cette Urédinée parasite.

	Puccinia glumarum (race 28).	Puccinia hordei-maritimi. Cl 8.	Cl 10.	Cl 15.	Cl 17.	Cl 18.
Ægilops ovata	IV	IV	o	IV	IV	III
Agropyrum caninum ...	III, IV	IV	III	i	IV	III
» *repens*	IV	i	i	i	i	II
Bromus madritensis	II+	o	i	i	i	i
Elymus arenarius	IV	I	i	–	–	
» *canadensis*	IV	–	–	IV	i	i
» *europæus*	i	i	–	–	–	–
» *virginicus*	IV	IV	III	i	i	i
Haynaldia villosa	III	I	IV	i	II	o
Hordeum maritimum ...	III, IV–	IV	IV	i	IV	i
» *murinum*	o	i	i	i	i	i
» *secalinum*	o	–	–	i	i	–

L'analogie entre *P. hordei-maritimi* et *P. glumarum* se prolonge sur le plan morphologique; on constate chez le premier :

au début de l'invasion des jeunes feuilles, les urédosores sont irrégulièrement distribués et non en ligne; sur feuille, les téliosores forment de petits groupes à la face inférieure du limbe, au niveau de la nervure principale;

les urédosores sont très petits, jaune orange, et évoluent très vite en téliosores; ceux-ci sont très petits, oblongs, ellipsoïdaux ou linéaires et demeurent longtemps recouverts par l'épiderme;

les urédospores, subglobuleuses ou ellipsoïdales, mesurent

$$\mathbf{24\text{–}28}\,(22\text{–}34) \times \mathbf{21\text{–}24}\,(20\text{–}26)\,\mu;$$

leur membrane est mince (1-1,5, rarement → 2 μ), hyaline, flavescente ou jaune brunâtre dilué, finement échinulée et percée de 7-9 (5-10) pores germinatifs;

le spectre biométrique des probasides est le suivant :

a. chez *Puccinia glumarum* (sur l'ensemble de ses hôtes) :

L. **32–61** (26–75) × l. s. **14–26** (11–29) × l. i. **12–22** (9–26),
moy. L. **37–55** × l. s. **16–23** × l. i. **13–20** μ;

b. chez *Puccinia hordei-maritimi* (sur l'ensemble de ses hôtes) :

L. **28–65** (25–75) × l. s. **13–22** (10–27) × l. i. **12–20** (10–24),
moy. L. **35–55** × l. s. **15–20** × l. i. **13–18** μ.

Une comparaison plus précise n'est pas possible pour l'instant entre *P. glumarum* et *P. hordei-maritimi*, ce dernier n'ayant été caractérisé par nous que sur jeunes plantules artificiellement contaminées en serre et non sur plantes adultes évoluées spontanément dans la nature.

P. hordei-maritimi n'est pas sans présenter non plus une étroite ressemblance

morphologique avec *Puccinia persistens* Plowr. *sensu lato*, dont le spectre biologique des probasides est le suivant :

L. 30-50 (25-60) × l. s. 13-22 (10-25) × l. i. 12-18 (10-22),
moy. L. 33-48 × l. s. 15-20 × l. i. 13-17 μ.

P. persistens est adapté essentiellement aux *Agropyrum* (*caninum* et *repens* surtout); J. Eriksson (1899) en a obtenu le passage sur *Bromus arvensis* et *Secale cereale*, et O. Treboux (1912) sur *Secale cereale*. Des formes structuralement équivalentes ont été observées par Eugène Mayor en Suisse sur *Elymus europaeus* et par W. Tranzschel en Russie sur *Elymus dasystachys*, *excelsus* et *salsuginosus*.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Jeunes écailles de* Ceterach officinarum *Willd.* Note de Mme **Lily Rohlfs**, présentée par M. Louis Blaringhem.

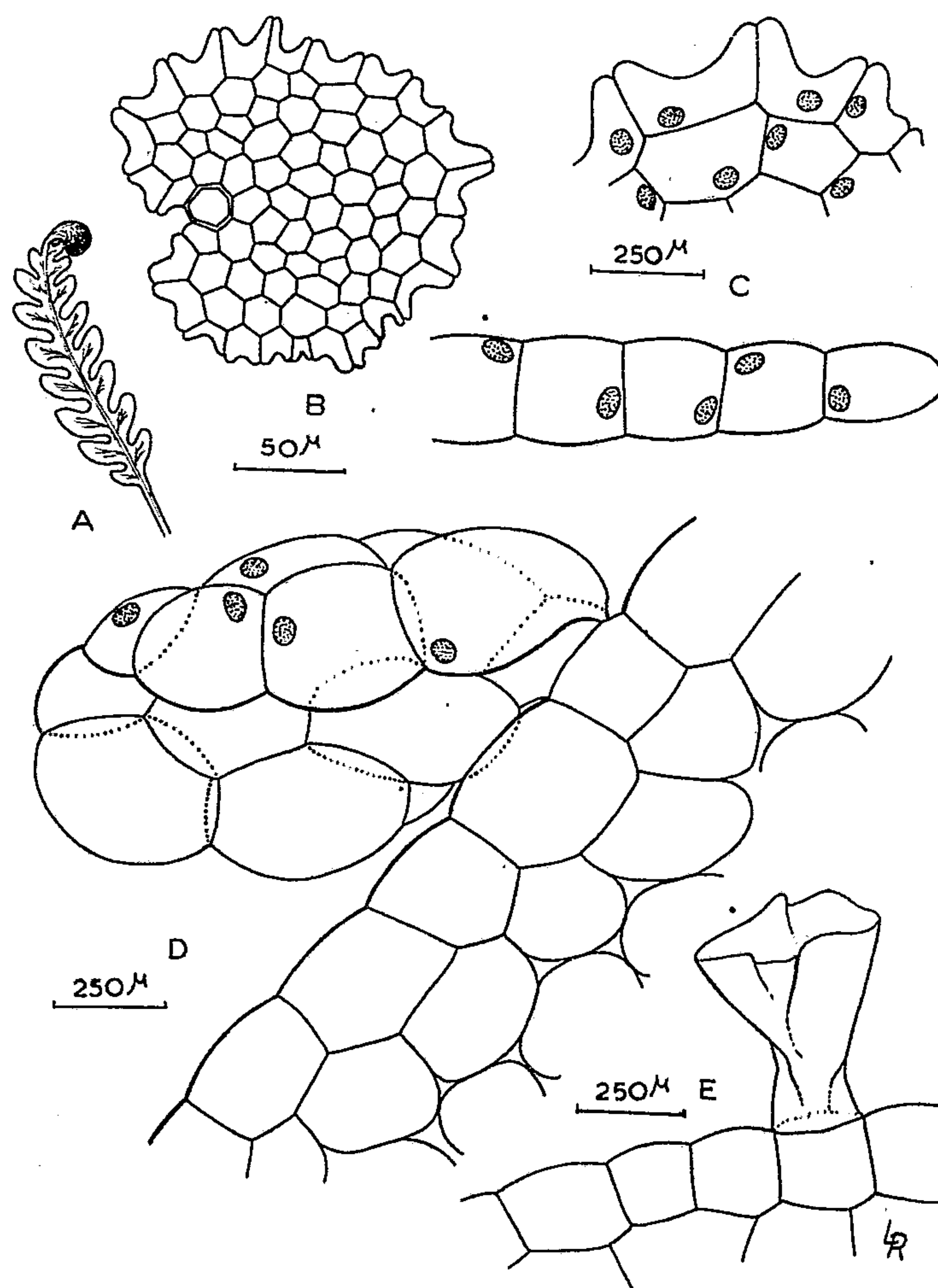
L'examen de nombreuses écailles de la face inférieure des pinnules de *Ceterach* nous a conduit à opposer la description, que nous croyons inédite, des écailles en voie de formation aux écailles-squelettes connues de tous. Celles-ci forment un tissu protecteur très efficace contre les radiations solaires, alors que, très jeunes, sous les frondes en voie de développement, ces organes sont, au début, des réserves protoplasmiques très actives et drainent l'eau accumulée dans le tissu sous-jacent qui est un parenchyme lacuneux.

Dans une station de *Ceterach officinarum* Willd. connue depuis près d'un siècle et située le long d'un sentier qui aboutit au lit de la Loire, nous avons récolté, le 17 octobre 1951, quelques plantes adultes et, plus rares, de jeunes plantules élevées au Laboratoire.

Sur une fronde en déroulement, ayant d'ailleurs tous les caractères d'une fronde du genre *Ceterach* (*fig.* A), nous avons trouvé, parmi les écailles adultes, une série d'écailles en cours de développement, encore entièrement transparentes et irisées par réflexion de la lumière. L'une des plus intéressantes (*fig.* B) est nettement cordiforme, avec un pédicelle limité à une seule cellule de la face inférieure de la pinnule. Cette cellule est polyédrique et, dans ce cas, à sept pans. Elle est figurée avec un épaississement qui n'existe qu'au point d'attache sur le plan de son écaille. Mais en variant la mise au point du microscope, nous constatons que la portion de cellule correspondante est à membrane aussi mince que les membranes des cellules voisines. Nous n'avons pas pu y trouver de noyau à la suite de plusieurs examens sur des écailles de même âge.

A un plus fort grossissement, la position des noyaux aussi exacte que possible est représentée dans la figure C. Au pédicelle, des cellules polyédriques, encore peu nombreuses, 70 à 80, sont nettement des cellules actives en voie de rapide multiplication. Doivent être signalées par leur

contour particulier, toutes celles qui forment les franges du pourtour; toutes, et ce fait a été constaté sur de nombreuses écailles, présentent des parois perpendiculaires au plan de la lame. Pour toutes les écailles jeunes ou adultes, il n'existe qu'une seule épaisseur de cellules; mais elles sont bien différentes par la rigidité ou par les ondulations des parois verticales au plan de la face inférieure de la pinnule qui les porte.



A, jeune fronde de *Ceterach*; B, jeune écaille en voie de formation; C, disposition des membranes et des noyaux sur la même écaille; D, très jeune écaille; E, pédicelle d'une autre jeune écaille.

Les cellules qui bordent l'écaille en voie de croissance sont intactes et possèdent chacune un noyau parfaitement visible, même sans colorant. Ces noyaux sont adossés à la paroi interne, tandis que la paroi très mince et flexible opposée présente une courbe indiquant clairement une charpente solide à l'intérieur de l'écaille et une membrane flexible à l'extérieur.

Nous étudierons ailleurs les écailles âgées dont les membranes des

cellules internes sont, à la fois, épaissies et toujours plus ou moins teintées par infiltration tardive d'un pigment brun.

Au cours de ces recherches, et tout à fait exceptionnellement, il nous a été possible d'assister au comportement d'une très jeune écaille (*fig.* D) composée de 12 cellules et n'ayant que 750 μ d'étalement; le pied en est nettement visible à la surface inférieure de la coupe de la pinnule; c'est une cellule étroite limitée comme ses voisines, supportant un amas de cellules toutes de même forme qui ressemblent à des ballonnets superposés. Leurs noyaux sont nettement visibles et nous ne les avons représentés que pour les cellules qui sont parfaitement au point en même temps que le tissu de la coupe de la pinnule qui les porte. Il s'agit d'une pinnule appartenant à une fronde parfaitement caractéristique du genre *Ceterach*, mais n'ayant atteint que les deux tiers de son développement. La surface de la pinnule est d'ailleurs bourrée de grains de chlorophylle qui ne permettent de faire les profils qu'après lavage. Mais, nous avons pu noter que la cellule-pédicelle en était toujours dépourvue, alors que les cellules voisines renferment ces leucites, éléments d'une forte chlorovaporisation, l'eau d'irrigation pouvant circuler facilement. La tension nous paraît expliquer, pour cette très jeune écaille, l'existence d'une lame monocellulaire composée de ballonnets tous de forme identique, à protoplasme aqueux.

D'ailleurs, cette indication physiologique nous a permis de comprendre l'incident survenu à la plus jeune de nos plantules qui a pu être sauvée après une dessiccation de trois semaines à l'obscurité. Placée dans une boîte de Petri, sur un papier filtre maintenant une atmosphère saturée d'eau, en moins d'un jour, elle a repris l'aspect et la vitalité de la jeune plantule à l'époque de son prélèvement. L'ensemble des trois lobes qui n'avaient pas encore le contour habituel des jeunes frondes de *Ceterach*, ne couvrait pas une surface d'un centimètre carré et, déjà, sous la troisième fronde, des écailles totalement transparentes et à reflets irisés, couvraient la moitié de la surface. L'examen de l'enveloppe qui a servi au transport n'a révélé aucune trace d'écailles détachées, donc en pleine activité.

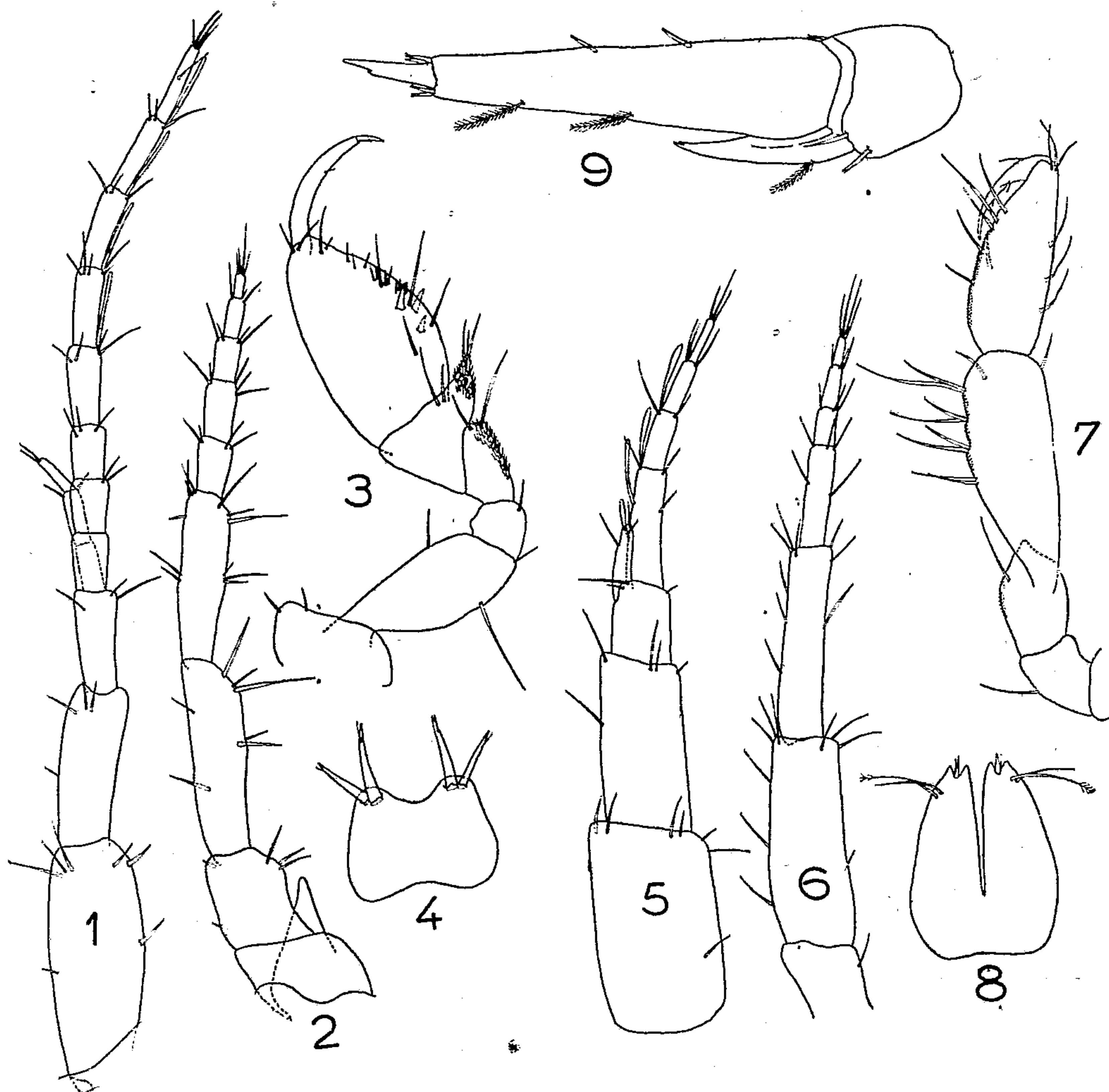
Enfin, nous avons observé (*fig.* E) la cellule-pédicelle d'écailles qui, jeunes encore, se sont détachées sous l'action du rasoir.

ZOOLOGIE. — *Deux nouveaux Amphipodes souterrains de France.* Salentinella Angelieri *n. sp. et* Bogidiella Chappuisi *n. sp.* Note de MM. **Sandro Ruffo** et **Claude Delamare-Deboutteville**, présentée par M. Louis Fage.

Les recherches sur la faune interstitielle phréatique ont été à l'origine d'un certain nombre de découvertes. Dans cette Note nous décrivons

deux espèces nouvelles d'Amphipodes particulièrement intéressantes tant du point de vue taxonomique que du point de vue biogéographique.

Bogidiella Chappuisi Ruffo n. sp. Caractères du genre, taille 1,7 mm, dépigmenté, aveugle. Première et seconde antennes comme sur les figures 1



Bogidiella Chappuisi n. sp. — 1, première antenne; 2, deuxième antenne; 3, premier gnathopode; 4, telson.

Salentinella Angelieri n. sp. — 5, première antenne; 6, deuxième antenne; 7, deuxième gnathopode; 8, telson; 9, troisième uropode.

et 2. Premier gnathopode : figure 3. Deuxième gnathopode à article carpal plus allongé et à propode nettement plus robuste. Bord palmaire avec deux grosses épines sur la face interne. Péréiopodes 3-4 subégaux, 5-7 progressivement croissant, le septième étant presque double du cinquième.

« Organe elliptique de Hertzog » présent sur la face externe de l'article basal des péréiopodes 3-7. Plaques coxales 5 et 6 avec une encoche et un lobe postérieur muni d'une épine robuste. Plaque coxale 7, identique mais sans épine. Pléopodes à une seule rame de trois articles. Telson : figure 4.

Espèce récoltée par E. Angelier dans l'eau interstitielle au Racou (Pyrénées Orientales) le 10 octobre 1950 et par P. A. Chappuis et Cl. Delamare, à la même station le 27 juillet 1951.

Salentinella Angelieri Delamare et Ruffo n. sp. Caractères du genre, taille 1,5 mm. Blanc, aveugle. Premières et secondes antennes subégales (*fig.* 5-6), pas plus longues que la tête et les deux premiers segments du mesosoma. Premier gnathopode à article basal très robuste; article carpal un peu plus long que le propode qui est pyriforme à bord palmaire mal défini et pourvu de quelques soies. Deuxième gnathopode : figure 7. Péréiopodes et uropodes très proches de ceux de *S. gracillina* Ruffo. Troisième uropode : rame interne 1/3 de la rame externe, second article de cette dernière 1/5 du premier (*fig.* 9). Telson : figure 8.

Espèce récoltée par E. Angelier dans l'eau phréatique du Torrent Casaluna (Corse), le 31 août 1950.

Bogidiella Chappuisi appartient à un genre très homogène dont on ne connaissait que trois espèces : l'une *B. albertimagni* Hertzog des eaux souterraines douces de Strasbourg, Bas-Rhin, France; une autre, *B. skopljensis* Kar., des eaux souterraines douces de Yougoslavie; une troisième *B. neotropica* Ruffo, des eaux superficielles douces de l'Amazone brésilienne.

L'amplitude de cette répartition jointe à la grande homogénéité taxonomique du groupe inclinent à penser que ce genre peut descendre d'animaux qui peuplaient jadis l'ancienne Tethys et qui se seraient, en Europe, adaptés à la vie souterraine, tandis qu'ils parvenaient à se maintenir dans les eaux superficielles néotropicales. La nouvelle espèce, euryhaline, vit dans des eaux légèrement saumâtres (2,3 à 12,6 g/l).

Salentinella Angelieri n. sp. est très proche de *S. gracillima* Ruffo, des eaux souterraines des Pouilles, en Italie méridionale. Tandis que l'espèce italienne vit dans des eaux de grottes très légèrement saumâtres, *S. Angelieri* vit dans de l'eau parfaitement douce et son adaptation à la vie souterraine semble être plus poussée. La présence d'une espèce de *Salentinella* en Corse, alors que le genre n'est connu que des Pouilles, démontre, une fois de plus, non seulement l'ancienneté des peuplements des eaux souterraines mais encore l'absolue nécessité d'une communication historique, directe ou indirecte, entre ces deux régions. Il y a là un document particulièrement intéressant, concernant la biogéographie corse.

ENTOMOLOGIE. — *La différenciation de l'appareil sonore élytral des mâles de Gryllides.* Note (*) de M. **Robert Sellier**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Nous étudierons ici la différenciation de la nervation caractéristique de l'élytre du mâle des Gryllides, comparativement à celle de la femelle, en nous fondant sur l'étude des trachées larvaires qui préfigurent, en effet, les nervures de l'adulte, puisque chez ce dernier, celles-ci ne sont que des replis chitineux contenant celles-là.

La technique employée est celle de Wigglesworth ([1]) (imprégnation des trachées par le naphténate de cobalt et réduction en sulfure insoluble). Nous avons utilisé *Gryllus bimaculatus* de Geer et, accessoirement *G. campestris* L. et *Acheta domestica L.*

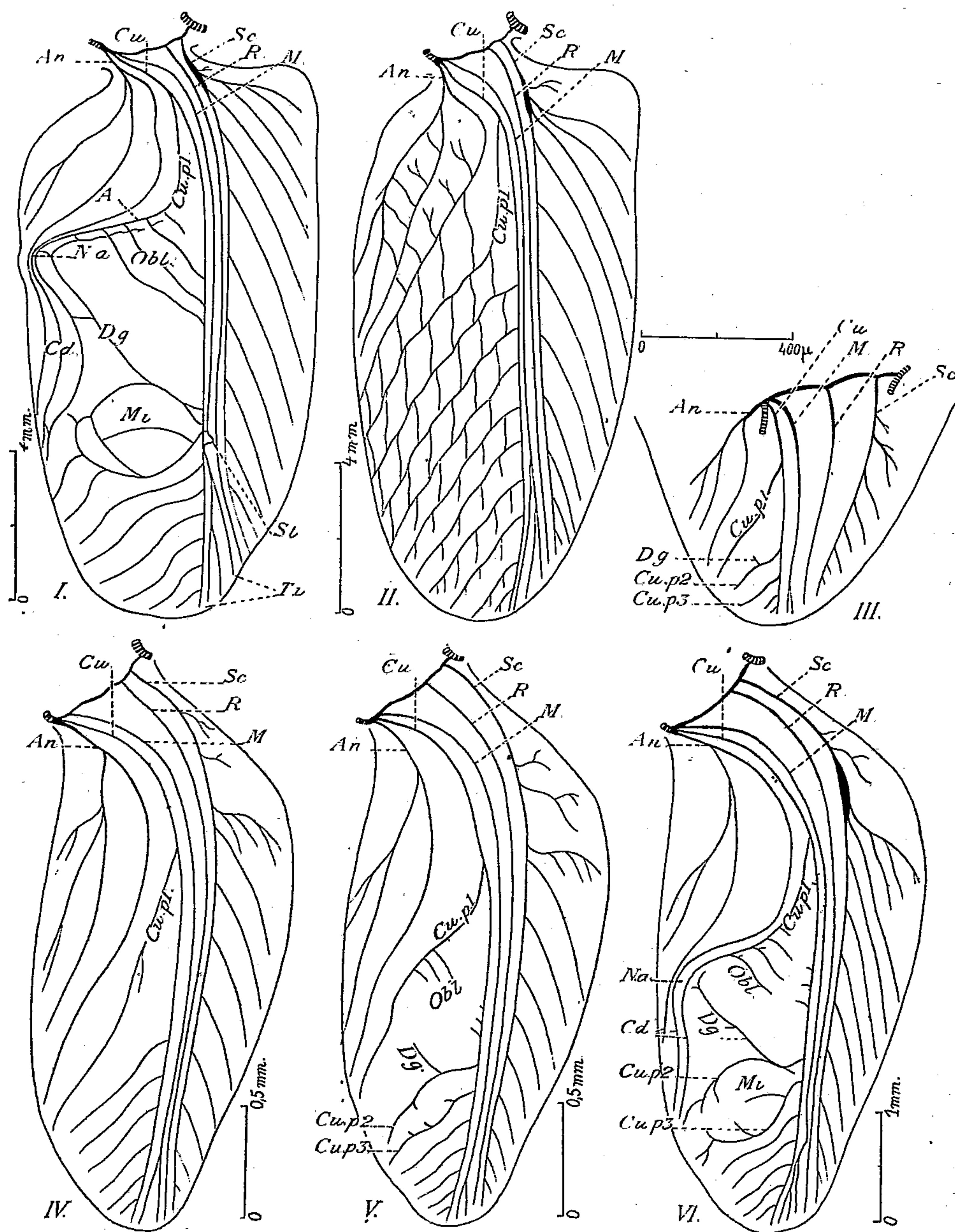
Les trachées ainsi mises en évidence tout d'abord chez l'imago, reproduisent exactement, tant chez le mâle (*fig.* 1) que chez la femelle (*fig.* 2) la nervation bien connue (sauf toutefois pour la région apicale dont les petites nervures transversales ne contiennent pas de trachées apparentes). Attribuant donc aux trachées la même nomenclature qu'aux nervures, nous distinguons : la *sous-costale* (Sc.) et ses nombreuses branches du champ latéral, la *radiale* (R.), la *médiane* (M.) coudée vers son tiers postérieur chez le mâle pour donner le *stigma* (St.) et se ramifiant ensuite pour constituer le *triangle intercalé* (T. i.), la *cubitale* (Cu.) et *l'anale* (An.) avec plusieurs branches (axillaires de certains auteurs). Chez le mâle (*fig.* 1), rappelons que l'appareil sonore qui occupe presque tout le champ dorsal est formé essentiellement de l'*archet* (A.), des *cordes* (Cd.), des *obliques* (Obl.), de la *diagonale* (Dg.) et du *miroir* (Mi.). Chez la femelle au contraire (*fig.* 2), la nervation reste indifférenciée. Remarquons dès maintenant que l'archet, communément identifié à la nervure anale, n'est en fait qu'une branche de la Cu, comme le montre par ailleurs l'évolution larvaire. Nous nommons ici cette branche Cu. p 1, pour suivre l'ordre d'apparition des rameaux postérieurs de la Cu chez la larve.

L'étude des trachées, faite à partir du 3e *stade larvaire* chez *G. bimaculatus* montre que les ébauches des élytres sont rigoureusement semblables dans les deux sexes, jusqu'au 5e stade. A ce stade (*fig.* 3), les deux sexes ne se différencient encore que par l'apparition, chez le mâle, d'un très court rameau Dg., sur la branche Cu. p 2 de la Cu. et qui deviendra la diagonale de l'imago. Par la suite, chez la femelle (*fig.* 4), la nervation se complète peu à peu sans se différencier spécialement. Chez le mâle,

(*) Séance du 7 avril 1952.

([1]) *Quart. Journ. micros. Sc.*, 91, part 2, 1950, p. 217-224.

la disposition des trachées reste sensiblement la même au cours des 6[e] et 7[e] stades. Au début du 8[e] stade, se produit le retournement des ébauches



alaires suivant le processus que nous avons antérieurement précisé (²). Chez le mâle (*fig.* 5), on voit alors apparaître sur Cu. p 1, les ébauches des

(²) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 923.

obliques (Obl.) tandis que Dg. s'allonge vers Cu. p 1 et que les branches Cu. p 2 à Cu. p 3 indiquent déjà la formation du futur miroir. Au 9e stade (dernier stade larvaire) (*fig.* 6), l'appareil sonore se précise : allongement des Obl. et de Dg., le miroir se différencie davantage, tandis que Cu. p 1 et deux branches de An, se rapprochent pour former le *nœud anal* (N. a) et les *cordes* (Cd.); à la mue imaginale on arrive à la nervation définitive (*fig.* 1).

En résumé, nous retiendrons de ce qui précède, que le dimorphisme sexuel de l'élytre des Gryllides n'est pas primitif mais qu'il apparaît au cours du développement larvaire (5e stade chez *G. bimaculatus*) et que d'autre part, l'*archet*, organe essentiel de l'appareil sonore est une branche de la Cu. et non la nervure anale comme il était jusqu'ici couramment interprété, d'après le seul examen d'imagos chez lesquels la jonction de Cu et Cu. p 1 n'est pas toujours apparente. La documentation complète et l'illustration détaillée, relatives à cette étude seront ultérieurement publiées.

BIOLOGIE. — *Conditionnement précoce de la métamorphose chez* Galleria mellonella *L*. Note (*) de M. **Paul Allégret**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Nous avons déjà signalé que les larves de *Galleria mellonella* L. peuvent recevoir, pendant leur dernier stade larvaire, une alimentation constituée uniquement par de la cire purifiée, très pauvre en protides (cire gaufrée des apiculteurs à 0,15-0,35 ‰ d'azote total), et accomplir en temps normal une métamorphose complète [1].

Des chenilles prélevées plus précocement dans un élevage effectué sur l'aliment le plus favorable à *Galleria* (gâteau de cire additionné de pollen frais) sont pesées et soigneusement isolées, dans des conditions identiques de température et d'hygrométrie, sur de la cire gaufrée. Cette alimentation satisfaisante pour les larves du dernier stade fait apparaître chez les larves plus jeunes deux types opposés d'évolution :

A. Les unes *meurent sans effectuer de mue nymphale* après une longue période d'activité (période pouvant dépasser 100 jours, soit plus du double de la durée normale du cycle de *Galleria*). La recherche systématique des capsules céphaliques, et surtout des exuvies mandibulaires qui ne sont en aucun cas digérées, montre que *ces larves subissent une série de mues larvaires* (*4 à 7 mues*). Une augmentation de la taille des pièces chiti-

(*) Séance du 7 avril 1952.

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 441.

nisées est visible à la première mue larvaire, mais une lente diminution est observée pour les suivantes.

B. Les autres chenilles (de poids en général supérieur à 14 mg) *se métamorphosent en même temps que les témoins après avoir effectué comme ceux-ci une mue larvaire.* Elles donnent alors naissance à des imagos nains de fécondité très faible (5 à 10 œufs parfois pour souvent plus de 600 chez les femelles normales) ([2]).

Le tableau ci-dessous montre que la proportion des chenilles qui subissent une mue nymphale augmente avec le poids initial des sujets lors de la mise en expérience; le nombre des larves en survie décroît parallèlement.

Poids des larves (mg) au moment de l'isolement................	moins de 14	14-19,75	20-25	25,25-30
Nombre des sujets isolés sur cire gauffrée......................	68	58	42	18
Sujets présentant une survie larvaire accompagnée de mues..........	65 (95,5 %)	38 (65,5 %)	9 (19,1 %)	0
Sujets présentant une mue nymphale précédée d'une seule mue larvaire.	2 (2,9 %)	20 (34,5 %)	34 (80,9 %)	18 (100 %)
Larves mortes rapidement........	1 (1,6 %)	0	0	0

(Résultats d'une seule de nos séries d'essais effectuée sur 186 larves prélevées dans un même élevage).

Cette expérience montre que l'alimentation sur cire gaufrée n'empêche par elle-même ni les mues larvaires, ni la métamorphose. Mais avec ce régime spécial, les larves évoluent soit vers une série de mues larvaires, soit vers la métamorphose, évolutions en rapport vraisemblablement avec un état physiologique critique que les sujets auraient ou non atteint lors de la mise en expérience.

Une seconde expérience va nous montrer, en effet, que le régime sur cire gaufrée n'inhibe pas définitivement la métamorphose pour les chenilles en survie larvaire. Des larves orientées vers la survie larvaire et ayant effectué, en 20 jours d'isolement sur cire purifiée, au moins deux mues larvaires, sont replacées sur l'aliment normal. La croissance pondérale reprend alors et, après au moins une mue larvaire, la métamorphose survient donnant naissance à des imagos de taille normale. Il est donc possible d'augmenter artificiellement le nombre des mues larvaires, par l'action d'une alimentation carencée en protides, chez des chenilles qui n'ont pas encore atteint l'état physiologique critique indispensable à la métamorphose, et ceci sans nuire à leur évolution ultérieure lorsqu'elles retrouvent une alimentation normale.

([2]) *Revue du Ver à soie*, II, 1, 1949.

Ce point critique de l'évolution de la larve ne se manifeste par aucun signe extérieur et nos expériences montrent qu'il peut survenir après un nombre variable de mues larvaires. Rappelons à ce propos qu'il est impossible de fixer exactement le nombre des mues de *Galleria* jouissant d'une alimentation normale [6 à 9 d'après les auteurs (³)].

Par contre, une fois ce point critique atteint, l'évolution de la chenille s'oriente vers la métamorphose après une ultime mue larvaire. Le point critique est donc situé avant la dernière mue larvaire. L'étude anatomique des larves à cette période nous permettra peut-être de relier cette étape physiologique à des modifications histologiques ou cytologiques. On ne peut préciser pour l'instant si les modifications physiologiques liées à ce point critique de l'évolution larvaire sont seulement indispensables à la métamorphose ou si elles la provoquent.

Les expériences des auteurs sur le jeûne partiel ou total des larves de *Galleria* au dernier âge, inhibant toute mue larvaire ou nymphale, les avaient conduits à indiquer comme indispensable à la métamorphose une certaine période d'alimentation. Nos expériences, utilisant un régime carencé en protides, montrent que cette « alimentation indispensable » du dernier stade n'a, sans doute qu'une signification énergétique, l'un des processus indispensables au déclenchement de la métamorphose étant antérieur à la dernière mue larvaire.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action d'un traitement de longue durée par la thiourée sur la structure et le fonctionnement de la thyroïde et de l'hypophyse chez le* Lebistes reticulatus; *modification du rythme de la croissance staturale et des processus de la différenciation génitale pubérale.* Note (*) de M. **Jean Vivien** et Mlle **Marie-Louise Gaiser**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les résultats très divers enregistrés chez les Cyprinodontes par quelques auteurs (¹), après traitement par la thiourée, nous ont incités à faire, sur *Lebistes reticulatus*, l'étude de l'action prolongée d'anti-thyroïdiens de synthèse administrés à dose faible dès la naissance et entretenue jusqu'au delà de la période normale de maturité génitale.

(³) R. W. Chase, *Trans. Wisc. Acad. Sc. Arts Lett.*, 20, 1921, p. 263-267; A. Borchert, *Zool. Jahrb.*, 57, 1933, p. 105-109; W. Niemierko, *Cepelewicz S. Acta Biol. Exp.*, 15, 1950, p. 57-78.

(*) Séance du 7 avril 1952.

(¹) Goldsmith, Nigrelli, Charipper et Gordon, *Endocrinology*, 35, 1944, p. 132; Lever, Miltembourg et van Oordt, *Proc. K. Ned. Akad.*, 51, 1948, p. 6; Patane, *Soc. Ital. Biol.*, 25, 1949, p. 1509.

Les *Lebistes*, provenant d'une même souche et issus de mêmes portées pour chaque série expérimentale, sont placés, dès la naissance, par groupes de 6 à 10, dans des aquariums de 1500 cm^3 contenant la thiourée dissoute à 0,03 % dans l'eau ordinaire. Témoins et traités, élevés à 22° C, sont régulièrement nourris d'Anchytrées vivantes et de Daphnies séchées. 115 jeunes *Lebistes* ont été étudiés durant une période de 131 jours.

Les vésicules thyroïdiennes du *Lebistes* normal sont dispersées au sein d'un parenchyme conjonctif lâche, dans la région hypoglosse, le long de l'aorte ventrale et près des racines artérielles branchiales afférentes.

Après 50 jours de traitement par la thiourée, on observe une multiplication importante du nombre des vésicules qui tendent à envahir tout l'espace conjonctif libre de la région hypoglosse autour des gros troncs vasculaires; les vésicules néoformées sont petites avec une lumière très réduite, généralement vide; les vésicules anciennes, largement dilatées, gardent une masse colloïdale compacte très chromophile; pour toutes les vésicules, l'épithélium sécrétoire est beaucoup plus élevé que chez les témoins de même âge.

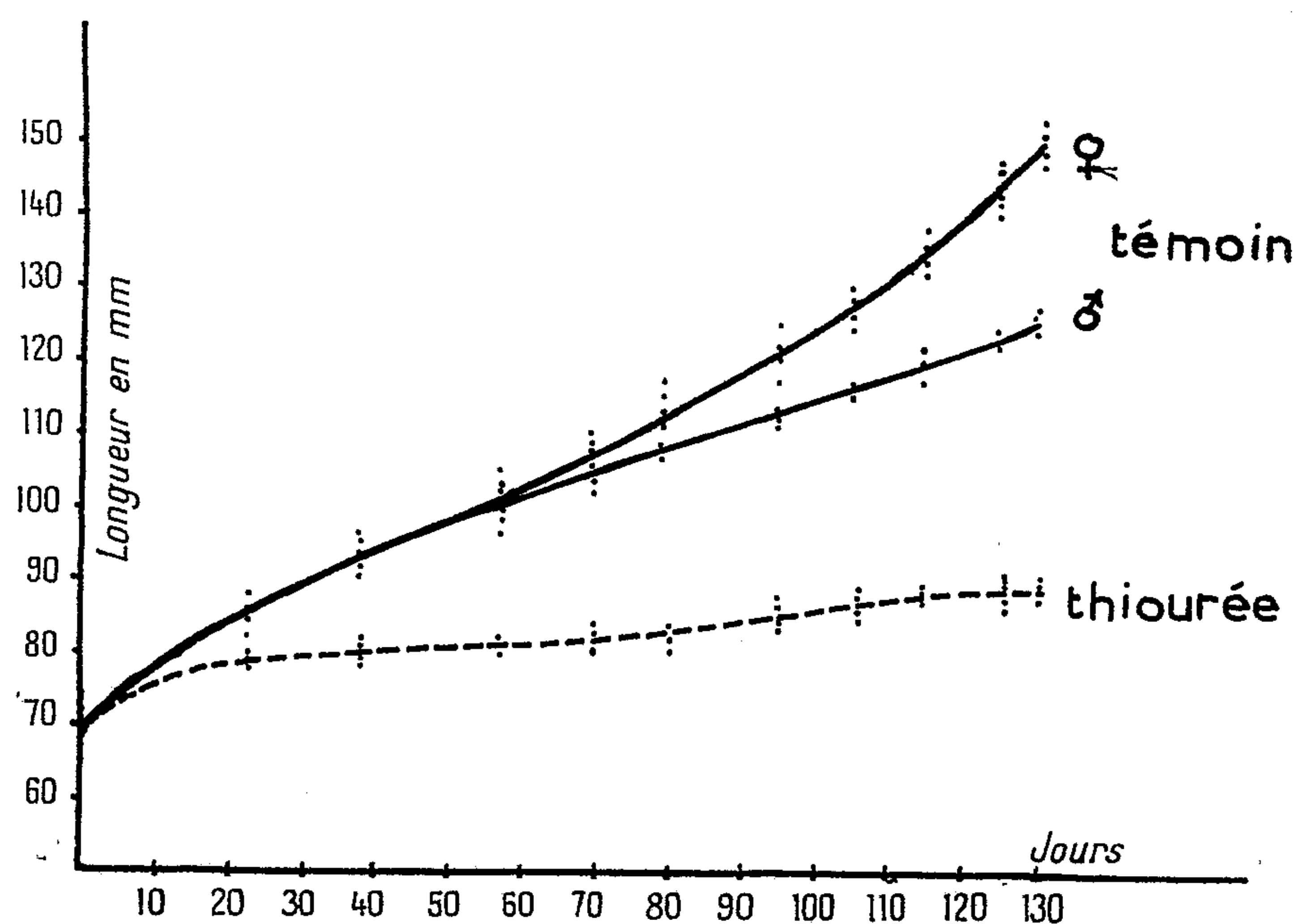
100 jours après le début du traitement, la thyroïde, massive, compacte, remplit tout l'espace libre hypopharygien; la structure vésiculaire, difficile à distinguer dans la masse du parenchyme thyroïdien, fait place, en certains endroits, à une structure pseudo-cordonnaire; quelques vésicules présentent encore une lumière réduite, avec quelques grains d'un colloïde faiblement éosinophile; les cellules de l'épithélium thyroïdien, très hypertrophiées, présentent un noyau à chromatine vivement colorable, central et un cytoplasme très granuleux, souvent plus clair au pôle vésiculaire qu'au pôle basilaire; de très nombreux capillaires traversent la masse compacte de la glande. Des mesures planimétriques, sur coupes sériées, montrent que le volume du parenchyme thyroïdien peut atteindre, après 100 à 130 jours, jusqu'à 125 fois celui relevé chez les témoins de même âge.

Au niveau de l'hypophyse, on remarque, dès le début du traitement, une hyperhémie des lobes épithéliaux et une dilatation des capillaires, ainsi qu'une diminution du nombre des cellules éosinophiles et leur intense dégranulation, dans les lobes antérieurs et moyens.

Chez les *Lebistes* traités par la thiourée de façon continue, le rythme de la croissance générale est très sensiblement ralenti par rapport à celui des témoins. Les courbes de variation de la longueur du corps, mesurée de la pointe antérieure du museau au bord postérieur de la palette hypurale, rendent compte de ces faits.

La différenciation sexuelle externe se manifeste, chez les ♂ témoins, entre le 50e et le 90e jours; les ♂ sont mûres au 95e jour. Aucune manifestation de différenciation ou de maturation génitale n'est apparue chez

les animaux traités par la thiourée au 130ᵉ jour; il y a eu inhibition totale de la différenciation morphologique externe. Les gonades de ces animaux ont conservé un aspect infantile prépubertaire, les voies génitales ♂, faiblement dilatées, présentent parfois quelques sécrétions qui témoignent d'une faible activité hormonogène sexuelle; chez les ♀, la vitellogénèse est à peine amorcée.



Courbe de croissance des *Lebistes* témoins et traités par la thiourée.

Conclusions. — Le traitement prolongé par la thiourée, instauré dès la naissance, entraîne des modifications importantes de la structure thyroïdienne chez *Lebistes* (forme compacte inusitée chez les Téléostéens), par hyperplasie et hypertrophie des tissus sécrétoires. L'hyperhémie importante et les modifications histologiques des lobes sécrétoires hypophysaires suggèrent l'hypothèse d'une intervention de l'hypophyse dans les processus goîtrigènes.

Nous ne pouvons dire présentement si la thiourée agit directement et primitivement sur l'hypophyse, ou indirectement par l'intermédiaire de la thyroïde perturbée dans sa fonction sécrétoire. L'action sur la croissance et sur la différenciation génitale pourrait s'exercer à la fois par un freinage de certaines fonctions sécrétoires de l'hypophyse et la disparition de l'activité thyroïdienne.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Intervention des pyridines-nucléotides dans une mutation observée chez* Streptobacterium plantarum. Note (*) de M. **Benoît Wurtz** et Mlle **Rolande Mursch**, présentée par M. Roger Heim.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons décrit une mutation non signalée à notre connaissance, se manifestant chez *Sbm. plantarum* Orla-Jensen. La réalité du phénomène est démontrée par une technique apparentée à celle des mutations dirigées [Griffith ([2])]. On cultive *Sbm. plantarum* en bouillon de viande peptoné, glucosé à 1 %; les bactéries éliminées par centrifugation, le milieu est neutralisé, glucosé et stérilisé : nous l'appelons « bouillon lactique ». Le mutant (mobile, Gram négatif), cultivé sur ce milieu, s'y développe avec des caractères morphologiques et biochimiques particuliers : un certain nombre de cellules redeviennent Gram positives, le milieu s'acidifie fortement : après 2 à 4 jours de culture à 22° C, son pH est de 4,0, valeur qui est précisément celle que présentent, après le même laps de temps, les cultures de *Sbm. plantarum*, et qui est notablement inférieure au pH d'arrêt normal du mutant ([5]), ([1]). Nous voulons préciser ici le mécanisme de l'acidification des cultures du mutant sur bouillon lactique, les raisons qui permettent d'éliminer l'hypothèse d'une contamination ayant été exposées antérieurement ([6]).

Les conditions nécessaires à la manifestation du phénomène sont les suivantes :

1° *Addition de glucose.* — Le bouillon lactique, même s'il renferme encore une notable proportion de glucose (7-8 ‰), ne donne pas lieu au phénomène si l'on n'ajoute pas une nouvelle quantité de glucose n'ayant encore subi aucune transformation (phosphorylation).

2° *Présence d'oxygène.* — En anaérobiose (relative) le pH n'atteint que 5,2.

3° *Présence d'une substance thermostable, élaborée par* Sbm. plantarum. — N'existant pas dans le bouillon initial.

Le phénomène ne s'explique pas par l'épuisement du milieu, car l'addition au bouillon lactique d'extrait de viande et de peptone dans les proportions initiales, n'empêche pas l'acidification, elle la retarde seulement de 2 à 3 jours. Ce dernier point a été précisé par l'identification de l'acide apparaissant dans les cultures du mutant sur bouillon lactique dans la

(*) Séance du 7 avril 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 327.

([2]) *J. Hyg.*, 27, 1928, p. 113.

([5]) Berg, *Bull. Soc. Chim.*, 11, 1894, p. 882.

([6]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 456.

dégradation aérobie du glucose. Parmi les substances susceptibles de se former dans ces conditions figure l'acide gluconique (libre ou phosphorylé). Nous avons cherché à le caractériser en utilisant la technique de Warburg, Christian et Griese ([4]) légèrement modifiée : extraction de l'acide sous forme de sel de Ba insoluble dans l'alcool à 50 %, dissolution dans l'eau chaude, filtration et nouvelle précipitation à l'alcool. Le corps ainsi purifié, ne renfermant plus de glucose, donne la réaction des acides-alcools à $FeCl_3$ [Berg ([1])] et un faible précipité à l'acétate de Pb. Le filtrat additionné de 3 % d'ammoniaque donne un fort précipité caractéristique, dans les conditions où a été faite l'extraction, de l'acide gluconique [Müller ([3])]. Cette conclusion est confirmée par trois essais-témoins faits, le premier sur bouillon peptoné glucosé non ensemencé : négatif; le deuxième sur le même milieu additionné de 0,4 % d'acide gluconique : positif; le troisième sur une culture de *Sbm. plantarum* : négatif. L'oxydation du glucose en acide gluconique nécessitant la présence du tri-phosphopyridinenucléotide (coenzyme II), la substance thermostable élaborée dans le bouillon lactique par *Sbm. plantarum*, pourrait être une fraction de ce coenzyme qui, sous forme de di-phosphopyridinenucléotide (coenzyme I) intervient précisément dans la formation de l'acide lactique. Des essais en cours sont destinés à contrôler cette hypothèse.

MICROBIOLOGIE. — *Obtention* in vivo *des formes* L *de* Salmonella typhimurium. Note de MM. **Louis Carrère** et **Jacques Roux**, présentée par M. Gaston Ramon.

A la suite des recherches, en particulier de Tulasne ([1]), sur les formes L des bactéries, nous poursuivons, depuis quelques mois, cette étude sur une souche de *Salmonella typhimurium* obtenue, par isolement, d'une colonie, après deux passages sur souris.

In vitro, en eau peptonée, en présence de pénicilline et de plasma humain, on obtient de curieuses formes évolutives de passage de la bactérie aux corps globuleux (formes en « mongolfière »; « parachute »; « régulateur »; « remorqueur ») traduisant l'individualité et les potentialités métaboliques des cellules microbiennes.

Après quelques essais d'obtention *in vivo* (inoculation intracornéenne, intracamérienne) de formes L chez le Lapin, nous avons utilisé la technique

---

([3]) *Ergeb. Enzymf.*, 5, 1936, p. 259.
([4]) *Biochem. Z.*, 282, 1935, p. 157.

([1]) *Revue d'Immunologie*, 15, n° 4, 1951, p. 223-251.

suivante : des cylindres de verre rodés (2 cm de long, 3 mm de diamètre) sont obstrués à une extrémité par de la gélose (30 °/₀₀), 0,2 ml d'une culture de *Salmonella typhimurium*, de 6 h, en eau peptonée, sont déposés à l'intérieur des cylindres dont l'obturation est faite, ensuite, avec une goutte de paraffine. On introduit, sous anesthésie locale, un tube ainsi préparé, dans la cavité péritonéale chez deux cobayes.

Pour un cobaye le tube a été extrait au 4ᵉ jour; l'animal ne présentait aucune réaction pariétale ni péritonéale. L'examen, au contraste de phase, entre lame et lamelle, d'une goutte de la culture prélevée dans le tube, montre : de très rares bacilles mobiles, des corps globuleux de dimensions diverses à des stades plus ou moins avancés de leur évolution, de très rares formes L. Le tube est conservé en chambre humide à 37°; après 12 h, on trouve un nombre très accru de bacilles, de rares corps globuleux; après 24 h, seules existent des formes bacillaires. Les ensemencements de ces divers prélèvements en milieux liquides ou semi-liquides ont donné uniquement croissance à des bacilles.

Le deuxième cobaye a présenté, au 6ᵉ jour, un empâtement induré de la paroi abdominale, il est sacrifié le 8ᵉ jour; à l'autopsie, on note un œdème sous-cutané rosé, dur, des régions abdominale et thoracique; liquide péritonéal abondant, clair. Le tube est accolé à la paroi antérieure de l'abdomen par une gangue fibrineuse. Une goutte de culture, prélevée dans le tube, montre, à l'examen au contraste de phase, un véritable essaim de granules à la limite de la visibilité (grossissement 2 000) avec de nombreux corps globuleux vacuolisés ou entièrement emplis de fins granules animés de rapides mouvements browniens, surtout au moment de l'éclatement.

Le liquide péritonéal, examiné dans les mêmes conditions, présente, des éléments cellulaires (surtout plasmocytes) de nombreux corps globuleux homogènes ou en évolution, très rares bacilles mobiles. Dans la sérosité d'œdème, il n'a pu être décelé aucun élément microbien visible.

Les ensemencements du prélèvement fait dans le tube, sur milieux ordinaires, n'ont donné naissance à aucune culture. Par contre, en milieu semi-solide, des colonies de formes L ont été obtenues, n'ayant pas, jusqu'ici, évolué vers les formes normales, tandis que des colonies de bacilles ont été obtenues pour le prélèvement péritonéal.

On peut conclure de ces faits que, placés dans la cavité péritonéale d'un cobaye, les bacilles jeunes, d'une souche de *Salmonella Typhimurium*, protégés de l'action phagocytaire, sont incités à évoluer vers les formes L, en passant par les formes géantes ou corps globuleux; que ces formes sont obtenues après un certain laps de temps et sont alors fixées à ce stade, au moins pour les premières cultures *in vitro* en milieu approprié. L'appa-

rition de corps globuleux et de formes L dans le péritoine à côté de bacilles mobiles, indique qu'il y a eu culture, de proche en proche, dans la petite masse de gélose obturant le tube et passage dans la cavité péritonéale. On peut se demander si ce sont les bacilles qui, au contact direct des humeurs et des cellules de l'animal, se sont transformés en corps globuleux et formes L ou inversement; le fait que nous n'avons obtenu en culture *in vitro* que des formes normales nous incite à accepter la deuxième hypothèse. Quoi qu'il en soit, l'obtention expérimentale, *in vivo*, de formes L nous paraît un fait d'un haut intérêt pour l'étude biologique de ces formes, dont le rôle pathogène n'est pas encore déterminé avec certitude, malgré leur présence dans diverses affections locales, par inclusion ou enrobement de formes jeunes, normales, dans divers tissus d'un organisme vivant.

La séance est levée à 15 h 45 m.

L. B.

ERRATA

(*Comptes rendus* du 10 septembre 1951.)

Note présentée le même jour, de M. *Paul Lévy*, La mesure de Hausdorff de la courbe du mouvement brownien à n dimensions :

Page 601, 2e ligne, *au lieu de* en arcs consécutifs γ_ν, *lire* en arcs consécutifs γ_ν à chacun desquels nous associerons une sphère de rayon ρ_ν qui le contient.

(*Comptes rendus* du 26 novembre 1951.)

Note présentée le même jour, de M. *Paul Pellas*, Sur la destruction spontanée des réseaux cristallins de minéraux radioactifs :

Page 1371, 2e ligne, *au lieu de* $K' = 0,85/[\Sigma(C_s/A)]$, *lire* $K' = 0,85/[\Sigma(C.s/A)]$.

(*Comptes rendus* du 28 janvier 1952.)

Note présentée le même jour, de M. *Paul Pellas*, Sur la transition ordre-désordre dans les réseaux cristallins des minéraux radioactifs :

Page 539, 2e colonne du tableau, *au lieu de* Flux nécessaire à la transition ordre-désordre, *lire* Flux de rayons α nécessaire à la transition ordre-désordre.

Même page, 3e colonne du tableau, 3e ligne, *au lieu de* 49,0, *lire* 490.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de mars 1952.

Les prix Nobel en 1950 *avec une table des auteurs des années* 1901 *à* 1950. Stockholm, Imprimerie royale P. A. Norstedt, 1951 ; 1 vol. 25 cm.

Cours de la Faculté des sciences de Toulouse. *Cours de mécanique rationnelle*, par Louis Roy. T. I. *Éléments*. Troisième édition revue et augmentée. Paris, Gauthier-Villars, 1952 ; 1 vol. 25 cm.

Cérémonie commémorative en l'honneur du centenaire de la naissance du professeur Arsène d'Arsonval 1851-1940, organisée par l'Union des associations scientifiques et industrielles françaises. 1 vol. 26 cm (présenté par M. A. de Gramont).

Flore de Madagascar et des Comores (Plantes vasculaires). 6e à 11e familles : *Parkériacées; Gleichéniacées; Schizéacées; Osmondacées; Marsiléacées; Salviniacées*, par Mme Tardieu-Blot. 52e à 54e familles : *Salicacées; Myricacées; Ulmacées*, par J.-F. Leroy. 79e famille : *Myristicacées* par Henri Perrier de La Bâthie. 112e et 113e familles : *Callitrichacées; Buxacées*, par Henri Perrier de La Bâthie. 119e famille : *Icacinacées*, par Henri Perrier de La Bâthie. Paris, Typographie Firmin-Didot, 1952 ; 5 fasc. 25,5 cm.

Le relief de la Bretagne méridionale de la baie de Douarnenez à la Vilaine, par André Guilcher. La Roche-sur-Yon, Henri Potier, 1948 ; 1 vol. 25 cm (présenté par M. Em. de Martonne).

Traité de manipulation et d'analyses des gaz, par Henri Guérin. Préface de Paul Lebeau. Paris, Masson, 1952 ; 1 vol. 24,5 cm.

Chimie populaire à l'usage des curieux, par Jacques Duclaux. Paris, Gauthier-Villars, 1952 ; 1 vol. 18 cm.

Royal Observatory Greenwich. *Observations made with the Cookson floating zenith telescope in the years* 1927-1936 *at the Royal Observatory, Greenwich and the determination of the variation of latitude and the constant of nutation from observations in the years* 1911-1936, by H. Spencer Jones. London, His Majesty's stationery office, 1939 ; 1 vol. 31 cm.

Faune de France. 56. *Orthoptéroïdes*, par Lucien Chopard, in *Fédération française des sociétés de sciences naturelles, Office central de faunistique*. Paris, Paul Lechevalier, 1951 ; 1 vol.

El papel de la Ciencia, par Bernardo A. Houssay. Extrait de *Revista de la Facultad de Humanidades y Ciencias*, no 7. Montevideo, 1952 ; 1 fasc. 25 cm.

Dynamique du sol. T. I. *Principes d'agronomie*, par Albert Demolon. Cinquième édition, Paris, Dunod, 1952 ; 1 vol. 24 cm.

Reports of the Swedish deep-see expedition 1947-1948, edited by HANS PETTERSSON. Vol. II. Fasc. 1. *Zoology*. Vol. III. Fasc. 1. *Physics and Chemistry*. Göteborg Elanders Boktryckeri Aktiebolag, 1951; 2 fasc. 30 cm.

Traité de spéléologie, par FÉLIX TROMBE. Avec 120 figures. Préface de LOUIS FAGE. Paris, Payot, 1952; 1 vol. 22,5 cm.

Cours de chimie industrielle, par GEORGES DUPONT. T. I. *Généralités. Les Combustibles*, 2e édition, 1950. T. II. *Les Industries minérales*, 2e édition revue et mise à jour par RENÉ LOMBARD, 1952. Paris, Gauthier-Villars; 2 vol. 25 cm (présenté par M. Hackspill).

Jefferson's gift of fossils to the Museum of natural history in Paris, par HOWARD C. RICE, Jr. Extrait des *Proceedings of the American Philosophical Society*. Vol. LXXXXV, n° 6, décembre 1951. *Philadelphie, American philosophical Society*; 1 fasc. 26,5 cm.

Nouvelle collection scientifique dirigée par ÉMILE BOREL et PAUL COUDERC. *Les Planètes*, par GEORGES BRUHAT et EVRY SCHATZMAN. Paris, Presses universitaires de France, 1952; 1 vol. 19 cm (présenté par M. Danjon).

Association des services géologiques africains. Sous-Commission du Congrès géologique international. *Compléments à la Bibliographie géologique de l'Afrique centrale publiée en* 1937. *Congo Belge. Période* 1945-1949. *Addenda et Errata aux éditions de* 1937 *et* 1948, par ANDRÉ JAMOTTE. Paris, Bureau d'études géologiques et minières coloniales, et Bruxelles, Commission de géologie du Ministère des Colonies de Belgique, 1951; 1 fasc. 24 cm.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 AVRIL 1952.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Julio Palacios**, Professeur à la Faculté des sciences, Membre des Académies des sciences et de médecine de Madrid, **Beniamino Segre**, Professeur à l'Université de Rome, qui assistent à la séance.

Notice nécrologique sur Theodor Mortensen,

par M. **Louis Fage** (*).

Le Docteur **Theodor Mortensen**, décédé à Copenhague à l'âge de 84 ans, le 3 avril 1952, avait été élu Correspondant pour la Section d'Anatomie et de Zoologie le 26 janvier 1948. Avec lui disparaît un de nos meilleurs zoologistes et un grand ami de la France.

Né à Hillerød (Danemark), le 22 février 1868, il y étudia d'abord, pour complaire au désir de ses parents, la Théologie et devint pasteur. Mais là n'était point sa vocation. Attiré vers les Sciences naturelles, il ne tarda pas à entrer comme assistant au Musée d'Histoire naturelle de Copenhague où il fit toute sa carrière et dont il devint le Directeur.

Ses travaux ont porté essentiellement sur le groupe des Échinodermes. Systématicien au sens le plus élevé du mot, il n'a jamais séparé l'étude des animaux de celle du milieu qui les entoure. C'est pourquoi on trouve dans son œuvre de précieuses données sur l'écologie marine et c'est aussi pourquoi il fut un grand voyageur qui explora, à plusieurs reprises, les eaux côtières de l'Océan Indien et du Pacifique.

Sa thèse de doctorat, soutenue en 1897, porte sur les larves d'Échi-

(*) Séance du 16 avril 1952.

nodermes. Dans ce travail, et dans ceux qui suivirent, il montre la diversité de ces formes larvaires et l'utilité de leur connaissance pour saisir les affinités des espèces. C'est en 1920 que parut son remarquable Mémoire sur le développement des Crinoïdes. Mais, dès 1899, il était allé étudier sur place les Échinodermes du Golfe de Siam et profita de ce séjour pour explorer, à l'aide d'engins construits ou perfectionnés par lui-même, la faune marine de cette région. En zoologiste averti, il en rapporta d'abondants matériaux, surtout riches en petites formes jusque là inconnues, et qui furent confiées ensuite à des spécialistes.

C'est après avoir décrit les Échinides recueillis dans l'Atlantique Nord par l'*Ingolf* (1907) et dans les mers australes par la *Deutsche Südpolar-Expedition* (1910) qu'il entreprit sa première exploration dans le Pacifique durant les années 1914 à 1916. Les résultats en ont été publiés dans une série de Mémoires parus sous le titre : *Papers from Dr Mortensen's Pacific Expedition.*

Quelques années après son retour, il fait connaître (1918) les Crinoïdes de l'*Expédition Antarctique Suédoise* et les matériaux rapportés d'Australie par la Mission du Dr Mjöbergs.

Puis, en 1921, il repart pour la Malaisie, avec l'intention, arrêtée depuis son premier voyage dans le Pacifique, de créer une station océanographique dans ces parages exceptionnellement riches. A l'aide d'un petit navire, mis obligeamment à sa disposition par le Gouvernement de l'Inde, il explore durant une année les côtes des îles de l'Archipel : Amboine, Kei, Banda, Java, à la recherche de l'endroit le plus favorable. C'est sur les îles Kei qu'il jette son dévolu, dont les splendeurs de la faune sont décrites par lui dans les comptes rendus scientifiques de cette Expédition extrêmement fructueuse.

La réputation mondiale du Dr Mortensen avait fait affluer vers lui les matériaux provenant des principales croisières océanographiques. C'est ainsi qu'il eut à s'occuper, entre autres, des Échinodermes du *Travailleur* et du *Talisman*, de l'*Albatross* (1927), de ceux rapportés de l'Océan Indien par l'*Expédition John Murray* (1939) et de ceux de l'*Expédition Norvégienne à Tristan da Cunha* (1941). Mais il avait eu également en main ceux récoltés dans le Canal de Suez (1926) par la *Cambridge Expedition* et ceci le conduisit à aller, en 1936, en Mer Rouge voir sur place les conditions de vie si spéciales offertes aux organismes qu'il avait décrits.

C'est cette confrontation permanente avec la Nature qui rend l'œuvre du Dr Mortensen si solide et, en même temps, si attachante. Ses nombreuses missions, il les a presque toujours accomplies seul sans grands frais, maniant lui-même ses engins qu'il adapte aux circonstances, installant sur place un laboratoire de fortune et se livrant alors à ce qui fut la passion de sa vie : l'observation et la découverte de faunes nouvelles.

Mais, son œuvre maîtresse, la somme de tous ses travaux les plus importants, reste cette magistrale *Monographie des Échinides des Mers du Globe*, commencée en 1928 et qu'il venait à peine d'achever. Quand, atteint par la limite d'âge, il s'installa chez lui dans son clair laboratoire orné des souvenirs de ses nombreux voyages et des portraits offerts en hommage par les savants les plus illustres du monde entier, il n'eut plus d'autre ambition que d'achever cette œuvre. Son vœu a été exaucé et le 22 février dernier, alors qu'il venait d'atteindre sa 84e année, il pouvait, chez son éditeur, présenter à ses admirateurs, à ses amis, le 16e et dernier tome de sa *Monographie*.

Puis, comme s'il n'avait vraiment survécu que pour terminer cette tâche, ses forces l'abandonnèrent peu à peu et doucement il s'éteignit quelques semaines plus tard.

Son dernier passage en France remonte à 1946. Il y vint alors présider l'Assemblée générale de la Société Zoologique et nous dit, en termes émouvants, tous les liens d'affection qui l'unissaient à notre pays, où il ne comptait que des amis.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action du milieu aquatique sur l'absorption des minéraux chez deux plantes amphibies*, Lysimachia nummularia *et* Alisma Plantago. Note de M. **Raoul Combes**, Mlles **Yvonne Martin** et **Marie-Rose Brunel**.

La nature des éléments minéraux dont la vie en milieu aquatique accroît l'absorption et la fixation chez les plantes amphibies, varie avec les espèces; ce sont les nitrates et les sels d'ammonium chez *Veronica Anagallis*, le potassium chez *Œnanthe Phellandrium*, le calcium chez *Lysimachia nummularia* et *Alisma Plantago*.

Les recherches de M.-T. Gertrude relatives à l'action du milieu aquatique sur l'absorption des minéraux par les plantes, ont montré que, contrairement à ce que l'on aurait pu supposer, le milieu aquatique, quoiqu'il supprime la transpiration, accroît cependant notablement la fixation des minéraux par les tissus (1).

R. Combes, A. Brunel et A. Chabert ont constaté que, chez *Veronica Anagallis*, la teneur des plantes en nitrates pouvait dépasser 10 % de la matière sèche chez les individus immergés, tandis que ceux qui croissent à l'air en sont dépourvus ou n'en renferment que de très petites quantités (2).

(1) *Revue générale de Botanique*, 49, 1937.

(2) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1107.

Chez cette espèce la fixation des sels d'ammonium est également accrue dans une proportion presque aussi importante que celle des nitrates par la vie dans l'eau; celle du potassium l'est aussi, mais à un moindre degré.

R. Combes, M.-T. Gertrude et G. Lévigne ont constaté que chez l'*Œnanthe Phellandrium* l'accroissement de la fixation des minéraux porte surtout sur le potassium, dont le taux peut être presque quintuplé dans la racine, et plus que triplé dans les tiges feuillées, sous l'action du milieu aquatique (³).

R. Combes et ses collaborateurs ont émis l'hypothèse que cet accroissement de la fixation des minéraux par les tissus des plantes vivant en immersion pouvait être dû à une adsorption particulièrement active de certains minéraux par les colloïdes élaborés en milieu aquatique.

En vue de réunir des données qui puissent permettre de juger de la valeur de cette hypothèse, nous avons recherché expérimentalement comment deux autres espèces amphibies, *Lysimachia nummularia* et *Alisma Plantago*, réagissaient à l'action du milieu aquatique.

Des lots des deux plantes ont été cultivés en pots, dans une terre identique à celle qui avait été utilisée dans les expériences sur *Veronica Anagallis* et *Œnanthe Phellandrium* (mélange à parties égales de terre du Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau et de terreau de feuilles). Un lot de chaque espèce a été immergé dans une eau courante, également semblable à celle qui avait été utilisée dans les expériences précédentes, et un autre lot a été laissé à l'air libre. Après trois mois de développement, les plantes étaient récoltées et analysées.

Les résultats obtenus sont réunis dans le tableau ci-dessous. Ils sont rapportés à 100 parties de substance sèche.

		Minéraux fixes totaux.	Phosphore.	Potassium.	Calcium.	Magnésium.
Lysimachia.	Air.....	9,4	0,32	1,51	1,04	0,25
	Eau	15	0,98	3,54	4,54	0,16
Alisma.	Air.....	10,68	0,38	4,12	1,16	0,26
	Eau	31,20	0,90	5,95	5,73	0,26

Chez les deux plantes, tous les éléments, sauf le magnésium, sont fixés en plus grande quantité par les individus vivant en immersion dans l'eau; mais chez les deux également, c'est surtout le calcium dont la fixation est plus notablement accrue par la vie en milieu aquatique. Elle devient 4,3 fois plus grande que dans les plantes d'air chez le Lysimaque, et 4,9 fois plus grande chez l'Alisma.

Les accroissements sont moins accusés, mais encore importants pour le phosphore : 3 fois plus chez le Lysimaque et 2,3 fois plus chez l'Alisma,

(³) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1553.

et pour le potassium, 2,3 fois plus chez le Lysimaque et 1,4 fois plus chez l'Alisma.

Ainsi, fixées dans un même sol, immergées dans une eau de même composition, les diverses espèces réagissent à l'action du milieu de façon extrêmement différente quant à leur minéralisation.

Parmi les plantes étudiées, en se plaçant au point de vue de l'accroissement de minéralisation que provoque dans les tissus l'action du milieu aquatique, trois types de plantes sont actuellement à distinguer, le type *Veronica Anagallis*, où c'est surtout la fixation des nitrates et des sels d'ammonium qui se trouve accrue, le type *Œnanthe Phellandrium* qui fixe le potassium, et le type *Lysimachia nummularia-Alisma Plantago*, caractérisé par l'accroissement de la fixation du calcium.

IMMUNOLOGIE. — *Sur la production, chez les Bovidés, de l'antitoxine staphylococcique α au moyen de l'anatoxine spécifique seule, ou additionnée d'hydroxyde d'aluminium.* Note (*) de MM. **Gaston Ramon, Rémy Richou, Georges Delauney** et **Claude Gerbeaux.**

Au cours de recherches effectuées récemment ([1]), nous avons constaté que l'immunité obtenue, chez les Bovidés, au moyen de quatre injections d'une anatoxine staphylococcique, titrant 10 unités antigènes au centimètre cube, était de beaucoup inférieure à celle enregistrée ([2]) avec une anatoxine de même valeur antigène, injectée aux mêmes doses et aux mêmes intervalles de temps, mais additionnée de 2 % d'alun de potassium.

L'action thérapeutique de l'anatoxine staphylococcique étant fonction du taux de l'antitoxine spécifique développée dans l'organisme des animaux immunisés, cette constatation fait apparaître la nécessité d'ajouter, à l'anatoxine spécifique, une substance adjuvante et stimulante de l'immunité. Cette substance pourrait être, disions-nous, l'hydroxyde d'aluminium, dont les propriétés stimulantes de l'immunité sont bien connues et qui possède, sur l'alun de potassium, l'avantage d'entraîner des réactions plus faibles.

Aussi, au cours de nouveaux essais, avons-nous étudié la production de l'antitoxine staphylococcique chez des bovidés immunisés au moyen d'une anatoxine staphylococcique, titrant également 10 unités antigènes au centimètre cube, soit injectée seule, soit injectée en mélange avec 10 % d'hydroxyde d'aluminium.

(*) Séance du 16 avril 1952.

([1]) G. Ramon, R. Richou, P. Julienne, J. Jacquet et Cl. Gerbeaux, *Revue d'Immunologie*, 15, 1951, p. 321.

([2]) R. Richou et G. Holstein, *Recueil Méd. Vét.*, 117, 1941, p. 11; *Revue d'immunologie*, 6, 1940-1941, p. 363; R. Richou et J. Renauldon, *C. R. Soc. Biol.*, séance du 14 juin 1941.

Vingt-neuf bovidés, âgés de 1 à 3 ans, ont été ainsi immunisés. Tous reçurent, à 4 à 5 jours d'intervalle, quatre injections (10, 15, 20 et 20 cm³) d'anatoxine. Les injections d'anatoxine seule ne furent suivies d'aucune réaction; les animaux injectés avec l'anatoxine additionnée d'hydroxyde d'aluminium présentèrent, au point d'injection, une induration de 5 à 10 cm de diamètre.

Tous furent saignés 8 jours après la dernière injection d'anatoxine et l'antitoxine staphylococcique fut évaluée dans leur sérum par la méthode hémolytique, en utilisant les globules de lapin comme indicateurs de la réaction.

Nous donnons, dans le tableau suivant, les résultats obtenus.

Antigène injecté.	N° des animaux.	Age des animaux.	Titre (en unités antitoxiques internationales) Avant toute injection (immunité naturelle).	Après les injections d'anatoxine.
Anatoxine staphylococcique seule.	4	3 ans	+ 0,5 — 1	+ 7 — 10
	5	3 »	+ 2 — 3	+ 15 — 20
	6	2 ans 1/2	+ 0,2 — 0,5	+ 7 — 10
	7	3 ans	+ 1 — 2	+ 40 — 50
	23	1 an	— 0,1	+ 3 — 5
	24	1 »	1	+ 7 — 10
	25	1 »	+ 0,5 — 1	+ 10 — 15
	26	9 mois	+ 1 — 2	+ 7 — 10
	27	1 an 1/2	+ 0,2 — 0,5	+ 20 — 30
	28	1 an	— 0,1	+ 5 — 7
	29	3 ans	+ 0,2 — 0,5	+ 1 — 3
Anatoxine staphylococcique + 10 % hydroxyde d'aluminium.	1	3 ans	+ 0,5 — 1	+ 15 — 20
	2	3 ans 1/2	+ 1 — 2	20
	3	3 ans	+ 1 — 2	+ 20 — 30
	8	2 »	+ 0,1 — 0,2	+ 10 — 15
	9	2 »	+ 0,5 — 1	+ 75 — 100
	10	1 an 1/2	0,1	+ 7 — 10
	11	1 »	+ 0,1 — 0,2	+ 50 — 75
	12	2 ans	+ 0,1 — 0,2	+ 40 — 50
	13	9 mois	+ 0,2 — 0,5	+ 100 — 150
	14	2 ans	+ 0,1 — 0,2	+ 10 — 15
	15	2 »	— 0,1	+ 10 — 15
	16	2 »	— 0,1	+ 15 — 20
	17	1 an	+ 0,2 — 0,5	+ 50 — 75
	18	1 »	— 0,1	+ 7 — 10
	19	1 »	+ 0,5 — 1	+ 20 — 30
	20	1 »	+ 0,2 — 0,5	+ 15 — 20
	21	1 »	+ 0,2 — 0,5	+ 10 — 15
	22	1 »	— 0,1	+ 5 — 7

On constate, à l'examen de ce tableau, que les injections d'anatoxine

staphylococcique ont entraîné, chez presque tous les animaux, une augmentation relativement importante du taux antitoxique de leur sérum.

L'influence des substances adjuvantes et stimulantes de l'immunité mises en évidence, il y a vingt-cinq ans, par l'un de nous et qui ont déjà rendu tant de services en immunologie, apparaît particulièrement nette dans cette expérience. En effet, chez les Bovins immunisés avec l'anatoxine seule, le taux moyen de l'antitoxine spécifique est compris entre 10 et 15 unités, alors qu'il est d'environ 30 unités chez ceux ayant reçu l'anatoxine additionnée d'hydroxyde d'aluminium. De plus, chez presque la moitié de ces derniers animaux, le taux antitoxique dépasse 20 unités, atteignant, chez certains, plus de 50 et chez l'un plus de 100 unités, alors que chez les premiers, un seul animal a un titre supérieur à 40 unités et que deux ont un titre relativement faible, inférieur à 5 unités. *L'addition à l'anatoxine de l'hydroxyde d'aluminium a donc permis d'obtenir une immunité très supérieure à celle qui a fait suite aux injections d'anatoxine seule.*

Ces résultats nous apparaissent très intéressants du point de vue pratique. On sait, en effet, que l'hydroxyde d'aluminium a déjà été utilisé avec succès dans la préparation de certains vaccins antimicrobiens. On peut donc espérer préparer, pour lutter contre les diverses mammites des Bovidés, un vaccin mixte renfermant, outre l'anatoxine staphylococcique, des anavaccins (obtenus par l'action du formol et de la chaleur ménagée sur des cultures de streptocoques, de colibacilles... particulièrement virulents, isolés de la mamelle de la Vache), et dont l'action serait renforcée par l'addition d'une certaine quantité d'hydroxyde d'aluminium. Nous continuons nos essais dans ce sens.

M. **Roger Heim** présente en ces termes le premier volume de la *Flore de l'Afrique du Nord* de René Maire :

« Il s'agit du premier Tome, consacré par notre regretté Confrère aux Ptéridophytes, aux Gymnospermes et à une partie des Graminées, de l'ouvrage posthume, de la flore monumentale qui formera la synthèse de multiples observations, fruits de nombreux voyages à travers toute l'Afrique du Nord et le Sahara, traduction de la maîtrise incomparable acquise par René Maire dans la connaissance de la végétation nord-africaine. La collection, comportera environ 8 000 pages [1], accompagnées d'un grand nombre de dessins, réparties entre 20 volumes dont 6 seront consacrés aux Ptéridophytes, Gymnospermes et Monocotylédones, 4 aux Dicotylédones-Apétales, 10 aux Dialypétales. La fin des Dialypétales et la totalité des descriptions relatives aux Gamopétales resteront à rédiger par les héritiers spirituels de

---

(1) *La Flore de l'Afrique du Nord*, Paul Lechevalier, Paris, 1952.

l'éminent botaniste. Diagnoses et observations, originales les unes et les autres, s'appliqueront à la flore non seulement de l'Afrique du Nord française et du Sahara, mais de la Tripolitaine et de la Cyrénaïque. On mesure l'ampleur de l'œuvre ainsi réunie, dont MM. Louis Faurel et Marcel Guinochet assumeront la publication, et qui place définitivement René Maire au premier plan non seulement des savants français ayant voué leur vie à l'étude des richesses nord-africaines, mais aussi des grands serviteurs de notre pays dans nos territoires d'Outre-Mer. »

CORRESPONDANCE.

L'Académie est informée de la réunion à Buenos Aires, du 12 au 16 juillet 1953, du **Congrès panaméricain de la Presse médicale** et de la **Semaine de haute culture médicale européenne.**

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Pascual Pezzano, *Transmision hidraulica y comando electronico en maquinas herramientas.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Surfaces de Riemann avec un nombre fini d'extrémités simplement et doublement périodiques.* Note (*) de M. **Hans P. Künzi**, présentée par M. Paul Montel.

Une Note précédente ([1]) traitait des surfaces de Riemann dont le réseau de Speiser-Nevanlinna peut être représenté par un nombre fini d'extrémités doublement périodiques. Nous nous proposons maintenant d'étudier la répartition des valeurs pour une classe plus étendue de surfaces : celles dont le réseau présente, à côté d'un nombre fini d'extrémités simplement périodiques, un nombre également fini d'extrémités doublement périodiques. Cette nouvelle classe de surfaces appartient également, selon Wittich ([2]), au type parabolique. Il est particulièrement intéressant d'étudier ici l'influence mutuelle entre les extrémités simplement et doublement périodiques. La figure 1 représente un exemple simple d'un tel réseau avec $p = 3$ extrémités simplement périodiques et $q = 1$ extrémité doublement périodique. Pour simplifier, nous supposerons de

(*) Séance du 16 avril 1952.

([1]) Künzi, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 793.

([2]) *Z. Math.*, 45, 1939, p. 642-668.

nouveau l'extrémité doublement périodique engendrée par la fonction $\wp$ de Weierstrass. Pour l'uniformisation de telles extrémités doublement périodiques, *cf.* la Note (1) citée au début. Par contre, indiquons brièvement comment nous appliquons les extrémités simplement périodiques du réseau. La méthode adoptée ici diffère de celles de Le-Van (3) et Pöschl (4), elle peut être considérée comme une extension d'un procédé indiqué par Wittich (5) pour un exemple concret.

Parmi les p extrémités simplement périodiques, nous nous intéressons particulièrement à celle E_μ qui est située entre les deux points de ramification logarithmiques a_μ et $a_{\mu+1}$. E_μ est la moitié d'un réseau γ_μ, auquel correspond à son tour une surface de Riemann F_μ, celle-ci est appliquée sur le plan d'une variable ζ_μ par la fonction inverse de $w_\mu = R_\mu(e^{\zeta_\mu})$, R_μ désignant une fonction rationnelle. Nous traçons autour de chaque point de ramification logarithmique $a_\mu(\mu = 1, \ldots, p+q)$ un cercle de rayon t ($w_\mu - a_\mu = te^{i\varphi}$) et calquons ces voisinages G_μ sur toutes les feuilles de la surface w. Chaque G_μ est uniformisé par le logarithme, qui l'applique sur un demi-plan z_μ. Ce qui reste de la surface de Riemann après l'uniformisation de ces G_μ et des extrémités doublement périodiques, ce sont les demi-bandes qui entourent les extrémités simplement périodiques, comme le montre le réseau. Pour une telle extrémité E_μ, on connaît, au voisinage du point de ramification logarithmique, le développement asymptotique

$$(1)\qquad \left\{\begin{aligned} &\frac{1}{w_\mu - a_{\mu+1}} = d_{\mu'}\, e^{-1)^{\mu+1}\omega_{\mu'}\zeta_\mu}[1 + \alpha_{\mu'}(\zeta_\mu)]; \qquad (-1)^{\mu+1}\,\mathfrak{R}\,\zeta_\mu > 0,\\ &\frac{1}{w_\mu - a_\mu} = d_\mu\, e^{(-1)^\mu \omega_\mu \zeta_\mu}\,[1 + \alpha_\mu(\zeta_\mu)]; \qquad (-1^\mu)\ \mathfrak{R}\,\zeta_\mu > 0,\end{aligned}\right.$$

où $\alpha_\mu(\zeta_\mu)$ et $\alpha_{\mu'}(\zeta_\mu) \to \theta$ pour $|\mathfrak{R}\,\zeta_u| \to \infty$.

Nous désignons par $2\omega_\mu$, resp. $2\omega_{\mu'}$ le nombre de nœuds qui forment le côté droit, resp. le côté gauche, d'une extrémité d'une période. Comme la figure 2 l'indique, nous écrirons par la suite z_μ resp. $z_{\mu'}$ pour z_μ resp. $z_{\mu+1}$. Aux cercles C_w correspondent selon (1), dans l'image conforme du plan des $\zeta_\mu = \xi_\mu + i\eta$, les courbes K_{ζ_μ} resp. $K_{\zeta_{\mu'}}$. Par $z_\mu \to w_\mu \to \zeta_\mu$ et $z_{\mu'} \to w_\mu \to \zeta_{\mu'}$, les droites $\mathfrak{R}\,z_\mu = \ln t$, resp. $\mathfrak{R}\,z_{\mu'} = -\ln t$, sont transformées en K_{ζ_μ}, resp. $K_{\zeta_{\mu'}}$, les rapports entre ces arcs-frontières correspondants sont donnés par les formules

$$(2)\qquad \left\{\begin{aligned} &\xi_\mu = \frac{1}{\omega_\mu}\ln t + \frac{1}{\omega_\mu}\ln|d_\mu| + \frac{1}{\omega_\mu}\ln|1 + \alpha_\mu(\zeta_\mu)|,\\ &\eta_\mu = \frac{1}{\omega_\mu}\rho_\mu + \frac{1}{\omega_\mu}\arg[1 + \alpha_\mu(\zeta_\mu)]; \qquad \text{avec}\quad \rho_\mu = \varphi + \arg d_\mu\end{aligned}\right.$$

(et de même pour $\xi_{\mu'}$ et $\eta_{\mu'}$.)

---

(3) *Com. Math. Helv.*, 1949, p. 26-49.

(4) *Math, Ann.*, 1951, p. 79-95.

(5) *Z. Math.*, 51, 1943, p. 1-16.

Comme dans la Note citée ([1]), on peut trouver une application quasi conforme satisfaisant aux hypothèses du théorème de Teichmüller-Wittich, qui transforme les bandes (*fig.* 2*a* et 2*b*) S_{ζ_μ} de frontières $\mathfrak{R}\zeta_\mu = 0$ et K_{ζ_μ}, ainsi que $S_{\zeta_{\mu'}}$ de frontières $\mathfrak{R}\zeta_{\mu'} = 0$ et $K_{\zeta_{\mu'}}$, dans les bandes S_{z_μ} de frontières $\mathfrak{R}z_\mu = 0$ et K_{z_μ}; et $S_{z_{\mu'}}$ de frontières $\mathfrak{R}z_{\mu'} = 0$ et $K_{z_{\mu'}}$, la correspondance des frontières

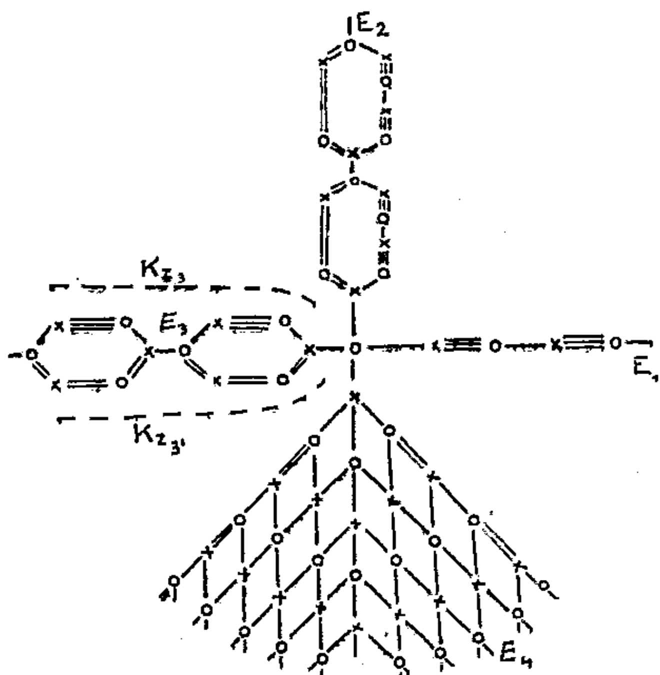


Fig. 1.

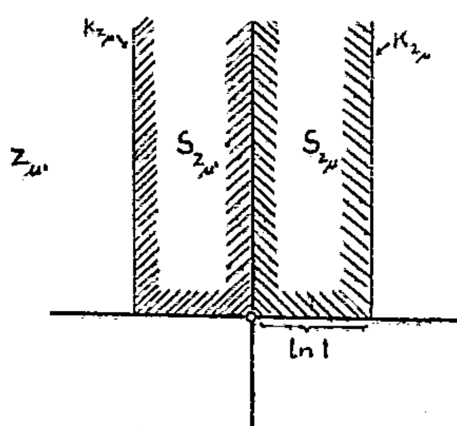


Fig. 2 *a*.

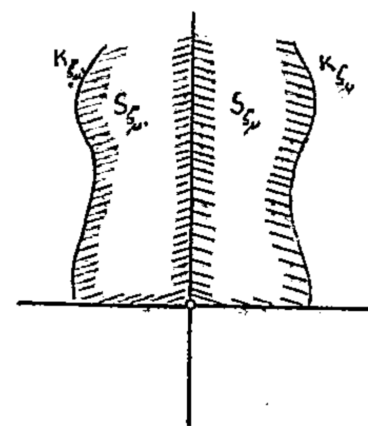


Fig. 2 *b*.

étant prescrite. Nous pouvons maintenant coller le quart de plan z_μ à la bande S_{z_μ} le long de $\mathfrak{R}z_\mu = \ln t$. Deux tels quarts de plan se laissent encore compléter le long de $\mathfrak{I}z = 0$, en sorte de former un demi-plan. Nous obtenons $p+2q$ demi-plans en tout. En une extrémité doublement périodique, $\omega_\mu/\omega_{\mu'} = 1$. Ces demi-plans doivent être collés, dans l'ordre, le long des demi-axes imaginaires positif et négatif. Des transformations affines sont encore nécessaires dans ce but. Pour déterminer les grandeurs caractérisant la répartition des valeurs, nous avons de nouveau recours au théorème de déformation de Teichmüller-Wittich, qui permet de transposer les fonctions caractéristiques de Nevanlinna de l'image quasi conforme à l'image conforme. On trouve :

$$(3)\qquad n(\rho) = C_1\rho^\lambda + C_2\rho^{2\lambda} \quad \text{avec} \quad \lambda = \beta\frac{p+2q}{2},$$

$$\beta = 1 + \left(\frac{2}{p+2q}\,\frac{\ln A}{2\pi}\right)^2 \quad \text{et} \quad A = \prod_{\mu=1}^{p+q}\frac{\omega_\mu}{\omega_{\mu'}},$$

où les C_1 et C_2 sont des constantes qui se calculent à l'aide des grandeurs données par les extrémités.

L'exemple simple de la figure 1 donne de nouveau $\delta(a_k) = 0$, $\varepsilon(a_k) = 1/2$.

Le théorème suivant est valable en toute généralité. — *Dans un réseau ayant un nombre fini d'extrémités simplement et doublement périodiques, il ne peut y avoir de valeurs exceptionnelles au sens de Nevanlinna.*

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *L'anneau d'équivalence sur une variété algébrique.* Note de M. **Beniamino Segre**, transmise par M. Jacques Hadamard.

1. L'introduction des variétés virtuelles, de leurs intersections et de leurs relations d'équivalence (Severi) se révèle de plus en plus féconde dans la géométrie algébrique. D'après MM. Severi et J. A. Todd, les sous-variétés algébriques d'une variété algébrique V donnée se distribuent en classes d'équivalence, constituant un anneau commutatif gradué, $\mathfrak{A}_V$, qui a V comme élément unité. En disant qu'une de ces classes appartient à une autre classe lorsqu'il y a un représentant de la première qui appartient à un représentant de la seconde, et en faisant intervenir d'une façon convenable les relations d'inclusion ainsi définies, on fait acquérir à cet anneau une *structure* très remarquable, dont je signalerai ici quelques unes des propriétés. Toutes les variétés (effectives ou virtuelles) envisagées dans la suite seront supposées virtuellement dépourvues de points multiples.

Des résultats analogues peuvent être obtenus pour les sous-variétés topologiques d'une variété topologique, en se servant de la théorie de l'homologie relative de M. Lefschetz. Dans une prochaine Note j'indiquerai quelques applications à la géométrie algébrique et à la topologie.

2. Les éléments de $\mathfrak{A}_V$ seront désignés par des lettres rondes majuscules, en réservant les majuscules ordinaires aux éléments homogènes (c'est-à-dire, à ceux qui sont représentés par des variétés pures), la dimension desquels sera toujours notée avec la même lettre minuscule. Le *produit* P de deux éléments M, N de V est alors un élément homogène, de dimension $p = m + n - v$, en entendant qu'un élément de dimension $p < 0$ soit le zéro de $\mathfrak{A}_V$. Nous noterons un tel produit avec $P = (MN)_V$, ou simplement avec $P = MN$ lorsqu'il n'y aura pas lieu à confusion; si M, N sont représentés par des sous-variétés effectives de V, situées génériquement dans V, un représentant de P est donné par l'*intersection* de M et N. On démontre les propriétés suivantes :

a. Si M, N, ..., P appartiennent à V, et $R \subset V' \subset V$, en posant

$$M' = (MV')_V, \quad \ldots \quad P' = (PV')_V,$$

on a

$$(RMN \ldots P)_V = (RM'N' \ldots P')_{V'}.$$

b. De $P \subset M \subset V$, $Q \subset N \subset V$ suit :

$$(PQ)_V = \big((PN)_V \, (QM)_V\big)_{(MN)_V}.$$

c. Si $P \subset V$, $V' \subset V$, $P' \subset P$, $P'' \subset P$, alors :

$$\big((P' P'')_P V'\big)_V = \big((P'V')_V (P''V')_V\big)_{(PV')_V}.$$

d. Si $P \subset M \subset N \subset V$, $M' \subset M$, $N' \subset N$, alors :

$$\big((PM')_M N'\big)_N = \big(P(M'N')_N\big)_M.$$

e. Si $P \subset M \subset V$, $P' \subset P$, $P'' \subset P$, $M' \subset M$, $M'' \subset M$, alors :

$$\big((P'M')_M\,(P''M'')_M\big)_P = \big((P'P'')_P\,(M'M'')_M\big)_M.$$

f. Si $P = (MN)_V$, $M' \subset M$, $M'' \subset M$, $N' \subset N$, $N'' \subset N$, alors :

$$\big((M'N')_V\,(M''N'')_V\big)_P = \big((M'M'')_M\,(N'N'')_N\big)_V.$$

3. Une *suite de support* P, où P est une sous-variété de V, est définie comme une suite d'éléments de $\mathfrak{A}_P$

$$\{P\} = \{P_0, P_1, P_2, \ldots\},$$

tels que $P_0 = P$, et P_i ait la dimension $p - i$ (on aura donc $P_i = 0$ dès que $i > p$). Une telle suite est associée à un élément $\mathfrak{T}$ de $\mathfrak{A}_P$, la somme directe $P_0 \dotplus P_1 \dotplus P_2 \dotplus \ldots$, qui admet en $\mathfrak{A}_P$ un élément inverse $\mathfrak{T}^{-1}$, encore du même type. Celui-ci est donc associé à une autre suite de support P, que nous noterons

$$\{\widetilde{P}\} = \{\widetilde{P}_0, \widetilde{P}_1, \widetilde{P}_2, \ldots\} \qquad (\widetilde{P}_0 = P),$$

de façon qu'on aura

$$\sum_{j=0}^{i} (P_j \widetilde{P}_{i-j})_P = \begin{cases} P & \text{si } i = 0 \\ 0 & \text{si } i > 0. \end{cases}$$

Si l'on considère deux suites $\{P\}$, $\{P'\}$ de même support P, le produit en $\mathfrak{A}_P$ de leurs associés est un élément de $\mathfrak{A}_P$, associé à son tour à une suite de support P, qui sera nommée le *produit* de $\{P\}$ et $\{P'\}$. Vis-à-vis de cette multiplication, les suites de support P forment un *groupe abélien.*

Considérons, plus généralement, deux suites $\{P\}$, $\{Q\}$ dont les supports P, Q appartiennent à une variété M de V. Les deux suites sont associées à deux éléments de $\mathfrak{A}_M$, dont le produit en $\mathfrak{A}_M$ est associé à une suite de support $(PQ)_M$, *produit* en M des deux suites données, qui sera indiquée avec le symbole $(\{P\}\{Q\})_M$. Ces produits jouissent de propriétés analogues à celles énoncées au n° 2. Ainsi, par exemple, si P, M, N, M′, N′ vérifient les conditions indiquées sous *d*, et si $\{P\}$, $\{M'\}$, $\{N'\}$ sont des suites de supports P, M′, N′, on a

$$\big((\{P\}\{M'\})_M\{N'\}\big)_N = \big(\{P\}(\{M'\}\{N'\})_N\big)_M.$$

4. Soient M, N deux éléments (homogènes) de l'anneau $\mathfrak{A}_V$, tels qu'il existe dans celui-ci un élément T satisfaisant aux conditions $T \subset M$, $T \subset N$, $t \geq m + n - v$. Ces éléments définissent alors un élément $S = (MN)_V^T$ de dimension $s = m + n - v$, tel que, si M, N sont représentés par des sous-variétés de V se coupant simplement le long de T, et du reste situées génériquement dans V, un représentant de S est donné par l'*intersection de* M, N *résiduelle à* T. Lorsque $t = s$, on a donc tout simplement $S = (MN)_V \dot{-} T$;

en outre, lorsque $t > s$, $(MN)_V - (MN)_V^T$ donne l'équivalence fonctionnelle de T dans l'intersection de M et N.

D'une façon analogue on définit le symbole $(M^{(1)}M^{(2)} \ldots M^{(n)})_V^T$, lorsque $n > 2$, $t \geqq \Sigma m^{(i)} - (n-1)\varphi$ et dans l'hypothèse que T appartienne aux M. On introduit de la sorte des nouvelles opérations commutatives vis-à-vis des M, qui jouissent de propriétés en partie analogues à celles envisagées au paragraphe 2 pour les produits $(M^{(1)}M^{(2)} \ldots M^{(n)})_V$. Ainsi, par exemple, sous les conditions indiquées sous *a*, on a

$$(RMN \ldots P)_V^Q = (RM'N' \ldots P')_V^Q,$$

pourvu que le premier membre ait un sens.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur un système d'équations aux différentielles totales généralisant les équations canoniques*. Note de M. **Marcel Mendes**, transmise par M. Jean Chazy.

Étude d'un système aux différentielles totales généralisant d'une façon immédiate les équations canoniques et possédant leurs propriétés; il se pose cependant en outre ici des questions d'intégrabilité.

Les propriétés canoniques s'étendent aisément aux systèmes d'équations aux différentielles totales complètement intégrables engendrées par des fonctions $H_k(q, p, t)$

$$(1) \qquad dq_i = \sum_k \frac{\partial H_k}{\partial p_i} dt_k, \qquad dp_i = -\sum_k \frac{\partial H_k}{\partial q_i} dt_k \qquad (i = 1, \ldots, n;\ k = 1, \ldots, r).$$

1. Les conditions d'intégrabilité de ce système expriment que les quantités

$$U_{kl} = \frac{\partial H_k}{\partial t_l} - \frac{\partial H_l}{\partial t_k} + (H_k, H_l)$$

sont indépendantes des q et des p. Elles entraînent, pour trois indices h, k, l, les relations

$$(2) \qquad \frac{\partial U_{kl}}{\partial t_h} + \frac{\partial U_{lh}}{\partial t_k} + \frac{\partial U_{hk}}{\partial t_l} = 0.$$

Le système (1) étant supposé complètement intégrable, posons

$$H'_k = H_k + \varphi_k(t).$$

Les fonctions H'_k engendrent encore le système (1) et l'on peut déterminer, par la résolution d'un système de Kœnig [1], complètement intégrable grâce

[1] Goursat, *Leçons sur l'intégration des équations aux dérivées partielles du premier ordre*, p. 41.

aux relations (2), les fonctions φ de façon que les nouvelles fonctions analogues aux U soient identiquement nulles. Nous dirons alors que le système obtenu satisfait à la condition (C).

2. La condition nécessaire et suffisante pour que les q, p vérifient un système de la forme (1) est que la quantité $\omega = \Sigma p\,\delta q$ vérifie une relation telle que

$$d\omega = \sum_k \delta G_k(q, p, t)\,dt_k.$$

3. La condition nécessaire et suffisante pour qu'une transformation $(q, p) \to (Q, P)$ pouvant dépendre des t, conserve la forme des équations (1), s'exprime, comme pour les équations canoniques, sous trois formes équivalentes [2], qui s'obtiennent en généralisant l'une quelconque des démonstrations données dans le Mémoire cité.

4. Étant donné deux systèmes complètement intégrables à même nombre de variables de la forme (1), on passe de l'un à l'autre par le changement de variables défini par les relations

$$\lambda P_i = \frac{\partial V}{\partial Q_i}, \qquad p_i = -\frac{\partial V}{\partial q_i} \qquad (\lambda, \text{ constante arbitraire}),$$

$V(q, Q, t)$ étant une intégrale particulière d'un système d'équations dont les conditions d'intégrabilité sont satisfaites si nous avons fait en sorte que les deux systèmes donnés réalisent la condition (C).

5. Si l'on tire les p des égalités $\partial H_k/\partial p_i = q'_{ik}$ (k fixe), puis que l'on exprime en fonction des q_i, q'_{ik} et des t les fonctions $G_k = \sum_i p_i q'_{ik} - H_k$, on obtient, comme généralisation des équations de Lagrange, avec $q'_{ik} = \partial q_i/\partial t_k$, le système

$$d\left(\frac{\partial G_k}{\partial q'_{ik}}\right) = \sum_l \frac{\partial G_l}{\partial q_i}\,dt_l,$$

qui fournit un extremum de l'intégrale

$$I = \sum_k \int G_k(q_i, q'_{ik}, t_l)\,dt_k.$$

Une combinaison analogue à celle des forces vives fournit une intégrale, si l'on a une égalité de la forme

$$\sum_k \sum_l \alpha_l \frac{\partial G_k}{\partial t_l}\,dt_k = d\,V(q, t) \qquad (\alpha = \text{const.}).$$

Une transformation canonique convenable permet alors de se ramener au cas $V \equiv 0$.

---

(2) *Voir* notre Mémoire du *Bulletin Astronomique*, 15, 1950, p. 307.

6. La réciprocité signalée dans une Note précédente ([3]), subsiste entre les fonctions H_k et G_k, mais *le système engendré par les fonctions* $G_k(q, p, t)$, *n'est pas nécessairement complètement intégrable en même temps que celui engendré par les* $H_k(q, p, t)$.

7. Les résultats classiques de Poincaré et E. Cartan sur les équations aux variations, le théorème de Poisson, les invariants intégraux se généralisent immédiatement, et aussi ceux de M. Chazy, relatifs aux systèmes plus généraux ([4])

$$dq_i = \sum_k H_k(q, p, t)\, dt_k, \qquad dp_i = -\sum_k L_k(q, p, t)\, dt_k.$$

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *La double résonance de Poincaré et les migrations des pôles terrestres*. Note de M. **Hervé Fabre**, transmise par M. Jean Chazy.

Explication nouvelle des grandes dérives des pôles terrestres au cours des époques géologiques.

Deux théories sont en présence pour expliquer les grands déplacements subis, jadis, par l'axe de rotation de la Terre relativement à sa surface, déplacements auxquels il faut attribuer les surprenantes variations de climat dont on reconnaît les traces dans les couches géologiques d'un même lieu : superposition, par exemple, de vestiges glaciaires et de fossiles de fougères arborescentes; flore tropicale du Groenland et du Spitzberg à l'époque primaire, tandis que l'Afrique centrale avait des glaces permanentes.

Certains expliquent la variation de l'axe de rotation par un *mouvement de masse* qui a réalisé, à la longue, l'adaptation de la Terre (pâteuse dans son ensemble, bien que recouverte d'une écorce) à la forme d'équilibre relatif dans laquelle l'axe de plus grande inertie coïncide avec l'axe de rotation, ce qui n'avait pas lieu dans les temps primordiaux ([1]).

D'autres voient seulement un *mouvement d'écorce*, qui serait une dérive d'ensemble sur le sphéroïde plastique sous-jacent ([2]), ce qui n'exclut pas la possibilité de dérives secondaires telles que les translations continentales imaginées par Wegener.

([3]) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1574.
([4]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 19.

([1]) Schiaparelli, *De la rotation de la Terre sous l'influence des actions géologiques*, Observatoire de Poulkova, 1889, p. 15 et 31; Sir Thomson, *Report of the British Association, Section of Mathematics and Physics*, 1876, p. 11.
([2]) Véronnet, *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 621; Dauvillier, *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 452.

Le problème, à notre avis, doit être considéré en prenant un modèle de *globe terrestre à rotations internes différenciées* ([3]). *Dans ce modèle, soumis à la précession lunisolaire, se produisent inévitablement des dérives que l'on peut rattacher au phénomène de double résonance examiné par Poincaré* ([4]).

La première résonance rentre dans le cas traité par Poincaré lui-même; elle a lieu entre la variation de la rotation propre terrestre dans l'hypothèse d'un léger déplacement de l'axe (variation en direction seulement), et la variation imposée à la même rotation lorsque la précession agit. L'effet bien connu de cette résonance est une précession forcée, dont la période peut être posée égale à une quantité de l'ordre de $1/\varepsilon$ (avec ε très petit).

La deuxième résonance doit être envisagée en supposant dans notre modèle terrestre, libre de toute action extérieure, un petit dérangement mutuel des couches de vitesse angulaire constante. Cela donne une perturbation du système des rotations différenciées, chacune étant affectée en grandeur aussi bien qu'en direction, mais la rotation moyenne restant inchangée. Une infinité d'oscillations propres s'établiront aussitôt dans la masse, avec de longues périodes ou presque-périodes dont l'ordre de grandeur peut encore être posé égal à $1/\varepsilon$. Dans le même ordre de grandeur nous avons les périodes avec lesquelles se manifestent les actions perturbatrices extérieures, qui produisent des précessions variables d'une couche à l'autre, les axes de chaque couche décrivant le cône de précession avec des vitesses différentes. Nous avons donc des résonances entre les oscillations propres qui seraient consécutives à un petit dérangement des couches, et les oscillations contraintes dues aux forces de précession et à *l'inégalité de leurs actions d'une couche à l'autre*. Toutes les périodes mises en jeu sont, comme la période de la première résonance, de l'ordre de $1/\varepsilon$.

Voyons maintenant comment les choses se passeraient en réalité. La première résonance sans la deuxième produirait le phénomène de rigidité gyrostatique pour la Terre tournant en bloc, et la précession devrait être calculée comme pour un corps solide. Si la Terre, au contraire, est douée de rotations internes, chaque couche possède sa rigidité gyrostatique et il y a autant de précessions que de rotations. En outre, *les mouvements de dérangement des axes des couches se trouvent amplifiés par la deuxième résonance, et le cône unique de précession est remplacé par une série de cônes de précession-nutation avec d'amples nutations*. Enfin, en tenant compte de la viscosité, on voit que les axes de chaque couche ne peuvent rester

---

([3]) DIVE, *Rotations internes des astres fluides*, Paris, Dunod, 1930.
([4]) POINCARÉ, *Sur la précession des corps déformables* (*Bull. Astron.*, 27, 1910, p. 321-356).

fixes chacun par rapport à sa couche, qui doit glisser sur les couches voisines pour réaliser les vitesses précessionnelles différentes. *Il y a, par conséquent, mouvement de chaque axe relativement à sa couche, en même temps que dérive de la couche par rapport aux couches voisines, et la figure de la Terre évolue de cette manière, les pôles géographiques pouvant subir, à cause de la double résonance, de grands déplacements sur la surface*, jusqu'à ce que la viscosité devienne suffisante pour éteindre pratiquement les rotations différenciées.

C'est à l'époque permo-carbonifère que remontent les traces fossiles les plus accusées des migrations polaires. Si le phénomène persiste de nos jours, son ampleur a disparu, et il ne peut se manifester que par d'infinitésimales variations de latitude, qu'il serait souhaitable de discerner parmi d'autres mieux connues.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les connections relativistes entre la fréquence, la longueur d'onde, la vitesse de phase et la vitesse de groupe.* Note (*) de M. **John L. Synge**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une Note ([1]) M. L. de Broglie a donné les expressions suivantes :

$$\nu(\mu) = \frac{1}{1-\sqrt{1-\frac{U^2(\mu)}{c^2}}}\int_0^\mu U(\mu)\,d\mu, \tag{1}$$

$$V(\mu) = \frac{1}{\mu\left[1-\sqrt{1-\frac{U^2(\mu)}{c^2}}\right]}\int_0^\mu U(\mu)\,d\mu. \tag{2}$$

Dans ces expressions ν est la fréquence, V la vitesse de phase, U la vitesse de groupe, $\mu = 1/\lambda$, et λ la longueur d'onde. L'auteur a été conduit à ces formules par des considérations d'invariance relativiste. Je montrerai que l'invariance relativiste exige plus; en effet, il faut que la fonction $U(\mu)$ ait une forme tout à fait spéciale.

Considérons une onde scalaire

$$\Psi = \Psi_0 \sin 2\pi(\mu x - \nu t). \tag{3}$$

En écrivant

$$x_1 = x, \qquad x_4 = ict, \qquad p_1 = \mu, \qquad p_4 = \frac{i\nu}{c}, \tag{4}$$

(*) Séance du 7 avril 1952.

([1]) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 361.

on peut exprimer l'onde sous la forme

$$\Psi = \Psi_0 \sin 2\pi (p_1 x_1 + p_4 x_4). \tag{5}$$

Nous savons que (x_1, x_4) est un vecteur minkowskien, et (p_1, p_4) l'est aussi. On cherche une relation invariante (dans le sens relativiste) entre μ et ν, c'est-à-dire entre p_1 et p_4. Cette relation, pour être invariante, ne peut être autre que

$$p_1^2 + p_4^2 = -A, \tag{6}$$

A étant une constante.

Pour se convaincre que l'équation (6) est vraiment la seule possible, on remarque que c'est en effet l'équation d'un cercle minkowskien dans l'espace de p_1 et p_4. Or, dans une transformation de Lorentz, les cercles minkowskiens sont les seules courbes qui se transforment en elles-mêmes; on peut dire, les seules courbes invariantes. Je dis donc que l'équation (6) exprime la seule relation entre p_1 et p_4 qui satisfait aux considérations de l'invariance relativiste.

On peut écrire l'équation (6) dans les formes

$$\mu^2 - \frac{\nu^2}{c^2} = -A, \qquad \nu(\mu) = c\sqrt{\mu^2 + A}, \tag{7}$$

et l'on a pour la vitesse de groupe l'expression

$$U(\mu) = \frac{d\nu}{d\mu} = \frac{c\mu}{\sqrt{\mu^2 + A}}. \tag{8}$$

La vitesse de phase est

$$V(\mu) = \frac{\nu}{\mu} = \frac{c\sqrt{\mu^2 + A}}{\mu}, \tag{9}$$

et l'on vérifie la relation basique

$$U(\mu)\,V(\mu) = c^2. \tag{10}$$

Si l'on insère l'expression (8) dans les intégrales des équations (1) et (2), on les vérifie immédiatement.

On conclut que les expressions (1) et (2) sont vraies en effet, mais qu'il faut ne penser qu'aux fonctions $U(\mu)$ de la forme (8). C'est-à-dire, les équations (7) et (9) expriment les relations les plus générales qui peuvent exister sous la condition de l'invariance relativiste, pourvu que l'on interprète cette condition dans le sens indiqué ci-dessus.

On remarque que dans l'équation (9) de la Note de M. de Broglie la fonction $U(\mu)$ a précisément la forme (8).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la théorie relativiste des forces nucléaires. IV. Calcul de l'interaction neutron-proton produite par un champ pseudo-scalaire.* Note de M. **Maurice Lévy**, présentée par M. Louis de Broglie.

On utilise le formalisme décrit dans deux Notes précédentes (¹) pour calculer l'interaction d'un neutron et d'un proton produite par un champ mésique pseudo-scalaire symétriquement chargé.

On considère d'abord les termes d'interaction de l'équation générale (I, 4) qui n'incluent aucun effet d'énergie propre ou de polarisation du vide. L'interaction du deuxième ordre s'écrit, dans le système du centre de gravité

$$(1)\qquad \Delta^{(2)}(\mathbf{p}, \mathbf{p}') = G^2 \frac{\vec{\Gamma}^{(1)}_{11}(\mathbf{p}, \mathbf{p}')\,\vec{\Gamma}^{(2)}_{11}(\mathbf{p}, \mathbf{p}')}{\omega(\mathbf{p}, \mathbf{p}')\,[\omega(\mathbf{p}, \mathbf{p}') + E_p + E_{p'} - W]},$$

où $\mathbf{p}' = \mathbf{p} + \vec{\varkappa}$ et $\omega(\mathbf{p}, \mathbf{p}') = \omega_\varkappa$. Les quantités $\Gamma^{(r)}_{ik}$, définies en général par (II, 3), ont ici pour expression (²)

$$(2)\qquad \vec{\Gamma}^{(r)}_{ik} = \left\{ \frac{[M + E_i(p)]\,[M + E_k(p')]}{4\,E_i(p)\,E_k(p')} \right\}^{\frac{1}{2}} \sigma^{(\mu)}\,[\mathbf{R}_i(\mathbf{p}) - \mathbf{R}_k(\mathbf{p}')]\,\vec{\tau}^{(\mu)}.$$

Pour des distances comparables à $(\hbar/Mc)$, l'interaction (1) se comporte comme un opérateur non local qui équivaut, dans l'espace des coordonnées, à un potentiel $V_1(r)$ défini par

$$(3)\qquad V_1(r)\,\psi^{(0,0)}(\mathbf{r}) = -\frac{G^2}{3}(\vec{\tau}_1.\vec{\tau}_2)(\sigma_1.\sigma_2)\frac{K_1(M_r)}{r}\int \frac{K_1(Mr')}{4M^2 r'}\,\psi^{(0,0)}(\mathbf{r}')\,d\mathbf{r}',$$

où $\psi^{(0,0)}(\mathbf{r})$ est la transformée de Fourier de $\mathbf{a}^{(0,0)}(\mathbf{p})$, et où $K_n(x)$ désigne la fonction de Hankel d'argument imaginaire d'ordre n. Ce potentiel est répulsif dans les états triplets et singulets, et son intensité est beaucoup plus forte que celle de la partie non relativiste de l'interaction, qui est proportionnelle à $G^2(\mu/2M)^2$.

En analysant les termes d'interaction d'ordre supérieur au second, il faut tenir compte de deux faits essentiels :

a. seule la partie non relativiste de ces termes doit être calculée car, dans la région relativiste, l'existence d'une forte interaction répulsive vient masquer complètement leur influence. Ils se comportent, en effet, de façon régulière dans cette région, à l'exception de ceux qui, résultant de l'itération de (1), contribuent à augmenter l'intensité de (3);

(¹) M. Lévy, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 815, 922. Ces Notes seront désignées dans la suite par I et II.

(²) On ne considère, bien entendu, que le couplage pseudoscalaire. Les notations sont les mêmes que dans : M. Lévy, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1255.

b. la constante de structure fine $(1/4\pi)(G^2/\hbar c)$ du champ pseudoscalaire peut prendre des valeurs élevées (comprises, pour fixer les idées, entre 1 et 10).

Dans ces conditions, la partie la plus importante de l'interaction du quatrième ordre provient des processus qui font intervenir la création de deux paires de nucléons virtuels et l'échange simultané de deux mésons. Dans la région non relativiste, le potentiel correspondant

$$(4) \qquad V_4(r) = -3\left(\frac{G}{4\pi}\right)^2\left(\frac{\mu}{2M}\right)^2\frac{1}{\mu r^2}\left\{\frac{2}{\pi}K_1(2\mu r) + \frac{\mu}{2M}\left[\frac{2}{\pi}K_0(\mu r)\right]^2\right\},$$

est indépendant des spins des nucléons, ainsi que des opérateurs de spin isotopique $\vec{\tau}(r)$; il est attractif dans tous les états.

L'analyse des termes d'ordre supérieur au quatrième montre que ceux-ci sont négligeables dans la région non relativiste, pour deux raisons :

a. leur intensité décroît rapidement, malgré la forte valeur de G^2, en raison du nombre élevé de facteurs $(\mu/2M)$ qui interviennent. Par exemple, les termes d'interaction du sixième ordre sont proportionnels à $(G^2/4\pi)^3(\mu/2M)^4$;

b. leur rayon d'action devient de plus en plus petit, car un processus virtuel qui fait intervenir l'échange de m mésons produit une interaction qui ne s'étend guère au delà de $(1/m)(\hbar/\mu c)$.

Pour calculer le potentiel qui résulte des processus virtuels incluant des effets d'énergie propre et de polarisation du vide, il est commode de partir de l'équation de Bethe et Salpeter, à laquelle on applique la transformation qui permet de passer à la représentation à temps propres égaux, transformation qui a été décrite brièvement dans (II). Il suffit pour cela de modifier, dans (II,2), les quantités $\Gamma_{ik}^{(r)}(p, p')$ et $\Delta_F(x)$, qui s'écrivent, après renormalisation (3)

$$(5) \qquad \Gamma_{ik}'^{(r)} = \Gamma_{ik}^{(r)}[1 - U(p' - p)],$$

$$(6) \qquad \Delta_F'(x) = -\frac{2i}{(2\pi)^4}\int e^{ikx}\frac{d^4k}{k^2+\mu^2}[1 - 2U(k)],$$

où nous avons posé

$$(7) \qquad U(k) = \frac{G^2}{4\pi^2}\int_0^1\frac{k^2 y(1-2y)\,dy}{y(1-y)k^2 + M^2}.$$

On montre sans difficulté que les termes d'interaction qui s'en déduisent sont au maximum de l'ordre de $(G^2/4\pi)(\mu/2M)^2$ par rapport à ceux qui ne résultent pas de processus radiatifs.

(3) On néglige ici les termes qui proviennent de ce que les états initiaux et finaux des nucléons sont des états liés. Ces termes produisent des corrections de l'ordre de $(G^2/4\pi)(\mu/2M)^3\log(\mu/2M)$.

SYSTÈMES D'UNITÉS. — *Sur un système simple de mesures électrotechniques.* Note de (*) M. **Moiz Eskenazi**, présentée par M. Albert Pérard.

En vue de supprimer les exposants fractionnaires des équations aux dimensions, dans les systèmes électromagnétiques et électrostatiques, M. Brylinsky [1] a proposé de prendre comme grandeur fondamentale la charge électrique Q au lieu de la masse M.

M. Tarbouriech [2] a simplifié encore les équations aux dimensions en introduisant simultanément la résistance R et l'intensité I au lieu de la masse et de la perméabilité dans le système à quatre grandeurs fondamentales L M T P (longueur, masse, temps, perméabilité) de la C E I.

Le système R E L T (résistance, force électromotrice, longueur, temps), que nous proposons, comprend comme celui de M. Tarbouriech deux grandeurs électriques et deux grandeurs mécaniques fondamentales.

Cependant outre les avantages du système de M. Tarbouriech, le système R E L T en possède deux autres essentiels tant du point de vue théorique que du point de vue pratique.

1° Les grandeurs fondamentales ne sont pas hypothétiques (d'après la terminologie du Professeur Budeanu [3]; les unités de base peuvent être, en effet, directement représentées par des étalons matériels permettant une définition additive de ces grandeurs fondamentales.

2° Les unités fondamentales de ce système sont précisément celles dont les étalons constituent les bases de comparaisons auxquelles on se réfère quotidiennement dans la pratique courante des Laboratoires de Mesures Électriques de précision.

Nous donnons ci-dessous les équations des principales grandeurs mécaniques, électriques et magnétiques dans le système R E L T.

1. *Grandeurs mécaniques.*

Grandeurs.	Équations de définition.	Équations aux dimensions.
Energie	$W = EIT$	$W = R^{-1}E^2T$
Force	$F = \frac{W}{LT}$	$F = R^{-1}E^2L^{-1}T$
Masse	$M = \frac{F}{\gamma}$	$M = R^{-1}E^2L^{-2}T^3$

(*) Séance du 16 avril 1952.

(1) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 103.

(2) *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 221.

(3) *Revue générale de l'Électricité*, 32, 1932, p. 239.

2. *Grandeurs électriques et magnétiques.*

Grandeurs.	Équations de définition.	Équations aux dimensions.
Courant électrique	$I = \frac{E}{R}$	$I = R^{-1}E$
Charge électrique	$Q = IT$	$Q = R^{-1}ET$
Champ électrique	$H = \frac{E}{L}$	$H = EL^{-1}$
Champ magnétique	$\mathcal{H} = \frac{kI}{L}$	$\mathcal{H} = R^{-1}EL^{-1}$
Flux magnétique	$\Phi = ET$	$\Phi = ET$
Induction magnétique	$\mathcal{B} = \frac{\Phi}{S}$	$\mathcal{B} = ETL^{-2}$

3. *Grandeurs caractérisant les milieux ou les éléments de circuit.*

Capacité	$C = \frac{Q}{E}$	$C = R^{-1}T$
Inductance	$\mathcal{L}, \mathcal{M} = \frac{\Phi}{I}$	$\mathcal{L}, \mathcal{M} = RT$
Réluctance	$\mathcal{R} = \frac{kI}{\Phi}$	$\mathcal{R} = R^{-1}T^{-1}$
Pouvoir inducteur spécifique (permitivité)	$\varepsilon = k\frac{CL}{S}$	$\varepsilon = R^{-1}L^{-1}T$
Perméabilité	$\mu = \frac{\mathcal{B}}{\mathcal{H}}$	$\mu = RL^{-1}T$

On voit sur ce tableau que les équations aux dimensions sont sans exposants fractionnaires et qu'elles permettent de repérer facilement la nature de la grandeur considérée. Ainsi, les grandeurs mécaniques contiennent toutes E^2/R; les grandeurs caractérisant les milieux (ε et μ) ne contiennent pas E; les grandeurs caractérisant les éléments de circuit ne contiennent, ni E, ni L.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la détermination de conditions d'intégration des équations de propagation de l'électricité sur une ligne hétérogène.* Note de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Louis de Broglie.

En régime permanent, en introduisant les impédances série et déviation $Z(x)$ et $Y(x)$, on sait que les valeurs complexes de l'intensité du courant $I(x)$ et de la tension $V(x)$, au point d'abscisse x, satisfont aux équations

$$\frac{d^2V}{dx^2} - \frac{Z'}{Z}\frac{dV}{dx} - YZV = 0, \qquad \frac{d^2I}{dx^2} - \frac{Y'}{Y}\frac{dI}{dx} - YZI = 0.$$

Nous raisonnerons sur la première, les résultats que nous obtiendrons se

transposant à l'autre par permutation de Y et Z. Nous sommes en présence d'une équation de la forme

$$(1) \qquad \frac{d^2y}{dx^2} - \frac{d}{dx}\log Z\frac{dy}{dx} - A(x)y = 0,$$

où $A(x) = Y(x)Z(x)$ et elle est à rapprocher d'un type étudié par Moutard.

Posons

$$\frac{dy}{dx} = Ay_1,$$

alors

$$\frac{d^2y}{dx^2} = A\frac{dy_1}{dx} + y_1\frac{dA}{dx}$$

et, en portant ces expressions dans (1), il vient

$$y = \frac{dy_1}{dx} + y_1\left[\frac{1}{A}\frac{dA}{dx} - \frac{d}{dx}\log Z\right] = \frac{dy_1}{dx} - y_1\frac{d}{dx}\log\frac{Z}{A}.$$

Dérivant cette dernière équation par rapport à x, on obtient

$$\frac{dy}{dx} = Ay_1 = \frac{d^2y_1}{dx} - \frac{d}{dx}\log\frac{Z}{A}\frac{dy_1}{dx} - y_1\frac{d^2}{dx^2}\log\frac{Z}{A}$$

et par suite y_1 est solution de l'équation

$$(2) \qquad \frac{d^2y_1}{dx^2} - \frac{d}{dx}\log\frac{Z}{A}\frac{dy_1}{dx} - A_1y_1 = 0$$

où

$$A_1 = A + \frac{d^2}{dx^2}\log\frac{Z}{A}.$$

Si A_1 était nul, l'équation (2) s'intégrerait par une quadrature et la relation

$$\frac{dy}{dx} = Ay_1$$

permettrait d'obtenir y par une nouvelle quadrature.

En remplaçant A par son expression $A = YZ$, il apparaît donc qu'un cas d'intégration de l'équation (1) s'écrit

$$Z + \frac{1}{Y}\frac{d^2}{dx^2}\log\left(\frac{1}{Y}\right) = 0.$$

Mais, on peut remarquer que l'équation (2) est du même type que (1), on peut donc répéter l'opération en posant

$$\frac{dy_1}{dx} = A_1y_2$$

et y_2 sera solution de l'équation

$$(3) \qquad \frac{d^2y_2}{dx^2} - \frac{d}{dx}\log\frac{Z}{AA_1}\frac{dy_2}{dx} - A_2y_2 = 0,$$

avec

$$A_2 = A_1 + \frac{d^2}{dx^2} \log \frac{Z}{AA_1}$$

et si $A_2 = 0$, on pourra intégrer (3) et remonter par deux quadratures à y.

Ainsi un nouveau cas d'intégration est le suivant :

$$YZ + \frac{d^2}{dx^2} \log\left(\frac{1}{Y}\right) + \frac{d^2}{dx^2} \frac{1}{Y\left[YZ + \frac{d^2}{dx^2} \log \frac{1}{Y}\right]} = 0.$$

En itérant le procédé, on pourra en obtenir une infinité d'autres.

ÉLECTROLYSE. — *L'adsorption de cations par les métaux, démontrée avec les traceurs radioactifs.* Note de MM. **Julio Palacios** et **A. Baptista**, présentée par M. Gaston Dupouy.

La théorie de Nernst, par laquelle on explique la force électromotrice des piles galvaniques, ne considère que le cas d'un métal avec ses propres ions. Nous avons développé une théorie (¹) plus générale basée sur l'hypothèse que *les potentiels d'électrodes sont produits par l'adsorption de cations.* Pour montrer la différence entre ces deux théories, il suffit de dire que, avec la nouvelle, tous les potentiels individuels doivent être positifs.

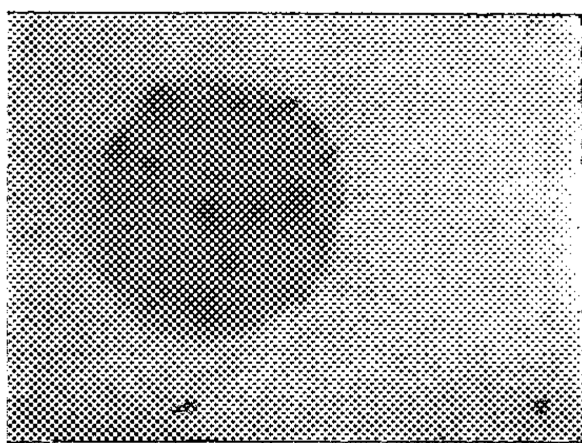
Des expériences faites dans notre laboratoire, et qui seront publiées bientôt, démontrent que, si la solution électrolytique contient plusieurs espèces de cations, toutes contribuent à la formation du potentiel électrolytique, mais seulement sont adsorbés les cations pour lesquels le métal a une adsorption sélective. Il semble aussi que, dans beaucoup de cas, il y a des cations du métal qui vont dans la solution et sont remplacés par d'autres cations provenant de celle-ci.

L'épreuve directe de l'adsorption et de l'échange de cations a été obtenue avec les traceurs radioactifs. Une solution qui contenait 5 g de Zn irradié, transformé en SO_4Zn, avec une activité de 7 mC provenant du ^{65}Zn, était diluée jusqu'à une molarité de 0,27. Un fil de chaque métal (environ 25 mm de longueur et 0,55 de diamètre), était immergé dans une portion de la solution, et après un lavage très soigné était essayé avec un compteur de Geiger-Müller. Un dispositif pour échanger les échantillons permettait la reproduction exacte des conditions géométriques. Le tableau qui suit donne les résultats obtenus, après soustraction des coups par minute produits par le fond :

Métal.	Durée de l'immersion (jours).	Coups par minute.	Métal.	Durée de l'immersion (jours).	Coups par minute.
Pt	14	32	Ag	45	985
Pd	14	31	Cu	32	174
Au	14	36	Fe	45	251

(¹) J. Palacios, *Revista da Faculdade de Ciencias de Lisboa*, 2ᵉ série, B, 1, 1950, p. 1.

L'effet est relativement petit dans les métaux nobles, mais il devient surprenant dans tous les autres. Nous considérons ce résultat comme une preuve de ce qu'il y a pure adsorption dans le premier cas, tandis que l'adsorption est accompagnée d'un échange de cations dans le second cas.



Autoradiographie d'une lame d'aluminium après immersion pendant 12 jours dans une solution 0,27 molaire de SO_4Zn activée. On voit que seulement des petits domaines isolés sont devenus radioactifs. Avec Cu, Pb, Fe et Ni on a eu des résultats analogues.

Avec des lames métalliques on peut mesurer la totalité des atomes de Zn, radioactifs et non radioactifs, qui sont entrés par centimètre carré. Voici les résultats obtenus avec du Pb. Le Cu et le Ni ont montré un comportement analogue.

Métal.	Concentration (m).	Durée de l'immersion.	Atomes par centimètre carré.
Pb	0,27	1 heure	$4,1.10^{16}$
»	–	22 heures	11,3 »
»	–	22 jours	8800 »
»	0,0027	22 heures	7,5 »
»	–	22 jours	200 »

Des autoradiographies obtenues avec les métaux activés par immersion dans la solution radioactive montrent (*figure*), que l'échange commence dans des petits domaines isolés.

OPTIQUE. — *Utilisation d'un filament de tungstène comme support pour l'argenture des surfaces par évaporation dans le vide.* Note (*) de M. **Jean Roig** et Mlle **Émilienne Collet**, présentée par M. Jean Cabannes.

On obtient une bonne adhérence des globules d'argent fondu sur le tungstène après avoir fait subir à ce dernier un traitement électrolytique.

I. Une des principales difficultés des techniques d'évaporation dans le vide est de porter à une température suffisante le métal à évaporer, sans

(*) Séance du 31 mars 1952.

faire apparaître des tensions de vapeur gênantes du support. Une bonne solution [1] est le bombardement du métal par un canon à électrons; la cible s'échauffe plus fortement que le support. L'emploi de filaments chauffants est néanmoins intéressant, étant donné sa grande simplicité. Le métal à vaporiser peut être placé dans un creuset réfractaire, entouré par un filament de tungstène; la perte par rayonnement du creuset conduit à utiliser des courants intenses de l'ordre de 50 A; le creuset est de toutes façons plus chaud que le métal, et le filament plus chaud que le creuset. On risque d'atteindre pour le fil des températures pour lesquelles sa vaporisation n'est pas négligeable. Kuhn a utilisé avec succès à 2 000° des creusets de thorine [2].

II. Il est souvent commode d'utiliser des courants moins intenses, qui, échauffant moins la cloche d'évaporation, provoquent des dégazages moins importants. Signalons qu'un procédé commode pour dégazer une cloche en verre consiste à la soumettre pendant un quart d'heure environ à la décharge sans électrodes en approchant de sa paroi extérieure le pôle d'un vibreur type Homoflux qui donne des ondes amorties. On prendra donc, pour opérer à faible courant, un simple filament garni de cavaliers du métal à vaporiser.

Dunoyer [3] a utilisé le tantale pour support de l'aluminium. Il convient aussi pour l'argent; les globules d'argent fondu adhèrent assez bien à un fil de tantale de 5/10 de millimètre de diamètre; si toutefois le fil est neuf. Il y a néanmoins en moyenne 50 % d'insuccès en ce qui concerne l'adhérence des globules. On peut augmenter le diamètre du fil, mais cela entraîne des courants plus intenses et une consommation plus importante d'un métal coûteux.

Tolansky [4] a eu de bons résultats avec un ruban étroit de molybdène portant plusieurs replis en forme de U, de manière que l'argent fondu forme une lentille verticale remplissant la cavité; l'émission a lieu dans une direction horizontale; le filament se présente par la tranche devant la surface à argenter.

Nous avons [5] utilisé des rubans de tantale de 0,1 mm d'épaisseur et de 3 mm de large; ces rubans sont pliés en gouttière, à l'intérieur de laquelle sont déposés des fragments de fil d'argent. Les globules ne peuvent tomber et le courant de travail est de l'ordre de 15 A. Néanmoins, la surface d'évaporation du tantale est alors grande par rapport à celle de l'argent et il

---

(1) BROCHARD, GIACOMO, JACQUINOT et ROIZEN, *J. Phys. Rad.*, 12, 1951, p. 632.
(2) *Proc. Roy. Soc.*, 64, 1951, p. 1090.
(3) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 919.
(4) *Proc. Phys. Soc.*, 1946, p. 654; *Physica*, 1946, p. 649.
(5) J. ROIG et C. DESCAMPS, *J. Phys. Rad.*, 11, 1950, p. 365.

semble que l'on n'évite pas complètement des traces de tantale sur les dépôts d'argent. Nos meilleures argentures ont été obtenues avec le fil de tantale de 0,5 mm de diamètre.

III. Le tungstène serait un support intéressant; son point de fusion est encore plus élevé que celui du tantale et son prix de revient inférieur. Mais l'argent fondu adhère très mal à un fil de tungstène; pour un diamètre de 0,5 mm, aucun des globules d'argent ne reste sur le fil. On peut faire un creuset en enroulant du fil de tungstène à spires jointives, de manière à constituer une petite coupelle; mais le métal fondu risque de court-circuiter les spires. Ritschl [6] enroulait sur le tungstène un mince fil de platine; l'argent fondu adhère bien au platine; mais le platine doit être plus chaud que l'argent et le tungstène est plus chaud que le platine; il est difficile d'éviter une légère vaporisation du platine et du support.

Nous avons remplacé le fil auxiliaire de platine par du fil de tantale moins fusible; ces filaments sont assez longs à préparer et ne donnent pas de gain appréciable en ce qui concerne l'adhérence des globules et la non-volatilisation du support.

Nous avons alors pensé que si certains globules d'argent adhéraient quelquefois au tungstène, il devait être possible d'obtenir, par une technique appropriée, 100 % de succès.

Le filament de tungstène, de 0,5 mm de diamètre, subit un premier traitement électrolytique qui a pour but de décaper sa surface. L'électrolyte est une solution commerciale d'acide sulfurique à 66° B étendue à 10 fois son volume; le tungstène sert de cathode; l'anode est un ruban de platine.

Un courant de 0,4 A fourni par une batterie de 6 V est envoyé durant 5 m dans l'appareil; ces chiffres peuvent être largement variés. Le voltamètre ainsi formé constitue d'ailleurs un excellent redresseur électrolytique et l'on pourrait par suite opérer en courant alternatif. Le fil de tungstène décapé est ensuite recouvert par électrolyse d'un mince dépôt d'argent. Le tungstène sert de cathode, un fil d'argent constitue l'anode. La composition du bain [7] est la suivante :

Cyanure de potassium	25 g
Eau distillée	1 l
Nitrate d'argent cristallisé	15 g

On n'a pas intérêt à former un dépôt abondant qui court-circuiterait le tungstène. Nous avons pu varier assez largement les conditions de l'opération sans nuire au résultat; pour un fil de 10 cm de long on peut utiliser

(6) *Z. Physik*, 69, 1931, p. 578.
(7) A. Soulier, *Galvanoplastie*, Garnier, Paris, p. 88.

un courant de 1,5 mA durant 10 m. Le filament ainsi préparé est séché, puis chargé d'une dizaine de cavaliers d'argent (fil de 0,5 mm de diamètre, longueur 1 cm) que l'on enroule autour du filament; le courant de chauffage est compris entre 8 et 9 A; 90 % des globules restent accrochés au fil. Un filament ne peut être utilisé que pour une seule opération; il semble qu'il y ait intérêt à prendre des fils fraîchement préparés.

Le procédé ne convient pas au tantale; le dépôt électrolytique d'argent n'adhère pas au tantale non décapé; et le décapage électrolytique rend le tantale extrêmement cassant.

SPECTROSCOPIE. — *Étude de la fréquence de valence du groupe carbonyle chez quelques quinones.* Note (*) de Mlle **Marie-Louise Josien** et M. **Nelson Fuson**, présentée par M. Paul Pascal.

Au cours de ces dernières années, les travaux se sont multipliés en vue d'étudier, tant du point de vue expérimental que du point de vue théorique, les variations de la fréquence de valence C = O en fonction de l'environnement moléculaire (1,) (2). Poursuivant une analyse déjà amorcée (2), l'examen d'une série aussi nombreuse que possible de para et d'orthoquinones a paru souhaitable. Les résultats suivants, obtenus par spectrographie infrarouge, et dont les détails seront publiés ailleurs, sont dès maintenant acquis. Toutes les fréquences, obtenues en solution dans le tétrachlorure de carbone, sont exprimées en cm^{-1}; la précision des résultats est ± 1 ou $\pm 2\ cm^{-1}$.

1. *Les paraquinones ont une fréquence de valence* C = O *inférieure à celle des orthoquinones correspondantes.* — On trouve 1667 et 1669 respectivement pour les para et orthobenzoquinones, 1675 et 1678 pour les para et orthonaphtoquinones, 1678 et 1684 pour les 9,10-anthraquinone et phénanthraquinone.

2. *L'addition successive de noyaux benzéniques en ligne droite provoque un accroissement de la fréquence de la parabenzoquinone.* — C'est ainsi que les valeurs suivantes ont été observées : 1.4-benzoquinone, 1667;

(*) Séance du 16 avril 1952.

(1) J. Lecomte *J. Phys.*, 6, 1945, p. 260; M. St. C. Flett, *J. Chem. Soc.*, London, 1948, p. 1441; R. N. Jones et coll., *J. Amer. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 2026; 71, 1949, p. 247; 72, 1950, p. 956; G. B. Bonino et E. Scrocco, *Rend. Acc. Linc.*, VIII, 6, 1949, p. 421; VIII, 8, 1950, p. 183; E. Scrocco et P. Chiorboli, *idem*, VIII, 8, p. 248; M.-L. Josien et N. Fuson, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1511; M.-L. Josien et N. Fuson, *J. Amer. Chem. Soc.*, 73, 1951, p. 478; Hadzi et Sheppard, *J. Amer. Chem. Soc.*, 73, 1951, p. 5460; Bergmann, et coll., *Bull. Soc. chim. France*, 18, 1951, p. 661-669; G. Berthier, B. Pullman et J. Pontis, *J. Chim. phys.*, (sous presse).

(2) M.-L. Josien et N. Fuson, *Bull. Soc. Chim. France*, 19, 1952, (sous presse).

1,4-naphtoquinone, 1675; 9,10-anthraquinone, 1678; naphtacènequinone, 1682; 2,3, 6,7-dibenzanthra-9,10-quinone, 1680. Un phénomène analogue existe pour les orthoquinones (1,2-benzoquinone, 1669; 1,2-naphtoquinone, 1678; 1,2-phénantraquinone, 1677; 9,10-phénanthrènequinone, 1684; 1,2-benzanthra-3,4-quinone, 1685). Il est à noter que l'addition d'un noyau benzénique adjacent au noyau quinonoïde est plus effective que les additions ultérieures. De plus, pour les deux séries d'ortho et de paraquinones considérées dans ce paragraphe, la fréquence apparaît comme une fonction linéaire décroissante du potentiel d'oxydoréduction et comme une fonction linéaire croissante de l'indice de valence libre sur les atomes de carbone correspondants, dans les hydrocarbures aromatiques ayant même squelette (3).

3. *L'addition d'un noyau benzénique formant un angle concave par rapport aux groupes carbonyles abaisse au contraire la fréquence.* — Il en est ainsi pour la 3,4-phénanthraquinone (1668) par rapport à la 1,2-naphtoquinone (1678); pour la chrysènequinone (1679) par rapport à la 9,10-phénanthraquinone (1684); pour la 1,2-benzanthra-9,10-quinone (1670), la 1, 2, 3, 4-dibenzanthra-9,10-quinone (1668) et la 1, 2, 5, 6-dibenzanthra-9, 10-quinone (1660) par rapport à l'anthraquinone (1678).

Conclusion. — La fréquence de valence C = O dans les quinones apparaît donc comme dépendant étroitement de la structure moléculaire; le nombre de noyaux benzéniques n'est pas l'unique facteur. C'est ainsi que l'addition d'un noyau benzénique à la 1,2-naphtoquinone (1678) peut se faire soit sans modifier pratiquement la fréquence C = O si le nouveau noyau n'est pas adjacent au noyau quinonoïde et n'a pas d'effet d'angle (1,2-phénanthraquinone 1677), soit en élevant la fréquence si le noyau nouveau est adjacent au noyau quinonoïde [9,10-phénanthraquinone (1684), soit en l'abaissant s'il y a « effet d'angle » (3,4-phénanthraquinone 1668)].

L'explication théorique de ces observations doit sans doute être cherchée à la fois dans la considération de phénomènes de mésomérie et de phénomènes d'induction.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Un spectrographe pour rayons β à plan de symétrie et double focalisation réalisé au moyen de bobines sans fer.* Note (*) de MM. **André Moussa** et **Jean-Baptiste Bellicard**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Le spectrographe β à plan de symétrie et double focalisation présente

(3) B. Pullman et A. Pullman, *Les théories électroniques de la Chimie organique*, Masson, Paris, 1952, p. 587.

(*) Séance du 7 avril 1952.

des caractéristiques très intéressantes mises en évidence par Svartholm et Siegbahn ([1]). Dans les diverses réalisations de cet appareil ([2]) le champ magnétique a été produit par un circuit à fer, avec des pièces polaires de forme convenable. Pour des rayons de la trajectoire électronique assez grands et les faibles énergies des rayons β, le champ magnétique est alors faible, et la topographie du champ se modifie quand on fait varier celui-ci, à cause de l'influence du fer. Cet inconvénient est complètement éliminé, et une proportionnalité rigoureuse du champ au courant est obtenue par l'emploi de bobines sans fer.

Le champ devant présenter un plan de symétrie, il faut n'utiliser que des couples de bobines symétriques par rapport à ce plan et choisir ces couples de manière que, au voisinage de la trajectoire électronique moyenne, le champ varie suivant la loi $H\sqrt{r} = \text{const.}$ Désignons par R le rayon d'une bobine assimilée d'abord à un courant filiforme, par l sa distance au plan médian, on est conduit à calculer la composante axiale du champ créé par le courant circulaire $h = i/R\, f(\alpha, \zeta)$, en fonction des paramètres $\alpha = r/R$, $\zeta = l/R$.

Nous avons effectué ce calcul dans le domaine $0 < \alpha < 1,3$, $0 < \zeta < 1,2$, puis nous avons tracé les courbes $f\sqrt{\alpha}$ dont quelques-unes sont figurées ci-contre (*fig.* 1). On voit immédiatement qu'un seul couple de bobines ne peut donner une solution du problème que pour un spectrographe de faible ouverture, en choisissant le point de fonctionnement au sommet d'une de ces courbes.

Si l'on désire rendre constante la quantité $H\sqrt{r}$ dans un domai e plus étendu, on voit immédiatement qu'on doit associer au moins deux couples de bobines dont les points de fonctionnement sont choisis dans des régions où la courbe $f\sqrt{\alpha}$ présente des pentes opposées et des courbures autant que possible faibles et opposées. Si la première condition est facilement remplie, il n'en est pas de même de la seconde, et l'on trouve que les seules régions utilisables, compte tenu de la présence de la cuve à vide, sont celles hachurées sur la figure. D'autre part le nombre d'ampères-tours à utiliser est d'autant plus grand qu'on choisit sur la courbe des points de moindre ordonnée, ce qui introduit une nouvelle limitation.

Le calcul a été conduit de la manière suivante. Désignant par 1 et 2 les deux couples de bobines, on choisit un ensemble de valeurs $\alpha_1, \zeta_1; \alpha_2, \zeta_2$ pour la trajectoire électronique moyenne, de rayon r_0. On a alors dans le plan médian :

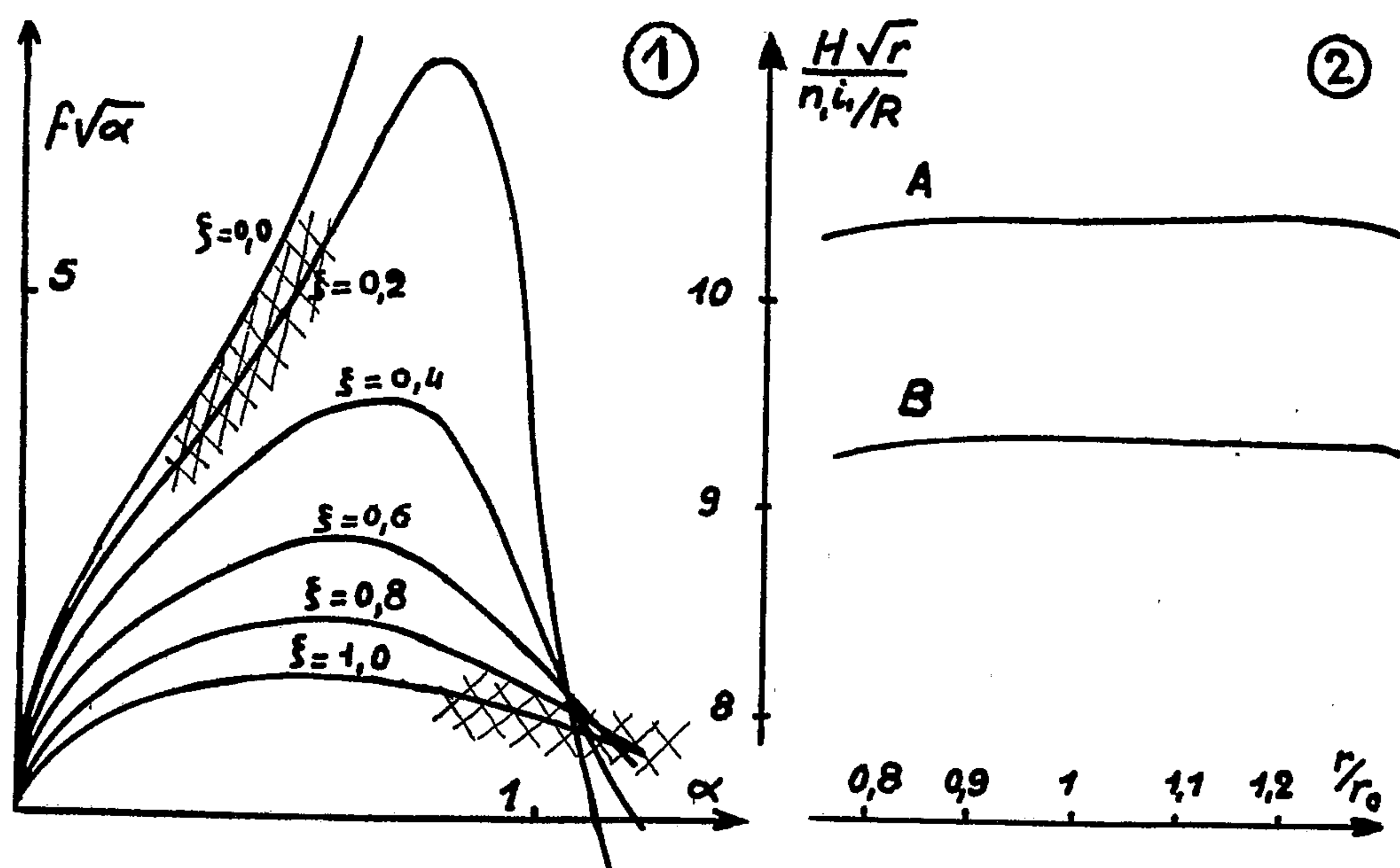
$$H = \frac{n_1 i_1}{R_1} f(\alpha_1, \zeta_1) + \frac{n_2 i_2}{R_2} f(\alpha_2, \zeta_2) = \frac{n_1 i_1}{R_1}\left[f(\alpha_1 \zeta_1) + \frac{n_2 i_2}{n_1 i_1}\frac{R_1}{R_2} f(\alpha_2, \zeta_2)\right].$$

Le rapport $n_2 i_2/n_1 i_1$ des nombres d'ampères-tours est alors ajusté de façon à

([1]) *Ark. Mat. Astr. Fys. Sver.*, 33, N 4 A, 1947, p. 21.

([2]) E. Persico et G. Geoffrion, *R. S. I.*, 21, 1950, p. 945.

avoir $H(r')\sqrt{r'} = H(r'')\sqrt{r''}$ pour $r' = 1,1\,r_0$; $r'' = 0,9\,r_0$. On calcule ensuite H pour diverses valeurs de r entre $0,7\,r_0$ et $1,3\,r_0$ et l'on trace la courbe représentant $H\sqrt{r}$. Le problème est évidemment susceptible de nombreuses solutions et nous sommes parvenus, par tâtonnements systématiques, aux deux combinaisons suivantes, retenues pour la construction du spectrographe en cours de réalisation.



Les courbes $H\sqrt{r}$ correspondantes sont représentées (*fig.* 2). Pour $r_0 = 20$ cm elles correspondent à :

A. Deux bobines de 4650 tours; rayon moyen $R_1 = 33,33$ cm; distance au plan médian $l_1 = 6,66$ cm et deux bobines de 8430 tours; $R_2 = 19,05$ cm; $l_2 = 17,13$ cm.

B. Deux bobines de 6080 tours; $R_1 = 39,22$ cm; $l_1 = 9,80$ cm et deux bobines de 12 350 tours; $R_2 = 18,18$ cm; $l_2 = 21,82$ cm.

Chacune de ces combinaisons, les bobines placées en série étant parcourues par un courant de 0,5 A, permet la focalisation d'électrons de 0,5 MeV ($H_\rho = 2900$ Oe-cm). L'ensemble des deux combinaisons permet la focalisation jusqu'à 1,3 MeV. La puissance dépensée s'élève à 3,6 kW dans ce dernier cas, et le poids de cuivre à 115 kg. La solution adoptée permet l'emploi d'une stabilisation électronique directe pour le courant des bobines.

L'angle solide maximum utilisable est égal à 0,105, soit un pourcentage de collection égal à 0,84 % pour un pouvoir séparateur théorique $\Delta(H\rho)/H\rho = 1,2$ % et une surface de source d'environ 3 cm². Le pouvoir séparateur peut être augmenté en diminuant l'ouverture.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Mise en évidence de la réaction* ^{64}Zn$(n, \alpha)^{61}$Ni *provoquée par les neutrons lents*. Note de Mme **Henriette Faraggi** et M. **René Bernas**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Nous avons montré que l'isotope 64 du zinc, concentré à 95% à l'aide de notre séparateur d'isotopes, émet des rayons α sous l'action des neutrons thermiques. La section efficace de la réaction ^{64}Zn$(n, \alpha)^{61}$Ni est de l'ordre de $1{,}5.10^{-29}$ cm^2 et l'énergie des α est d'environ 6,6 MeV.

Nous avons poursuivi la recherche de réactions (n, α) provoquées par les neutrons lents sur des éléments de nombre atomique moyen, en utilisant des neutrons de pile et des émulsions nucléaires (1). Nous avons constaté la nécessité de mettre au point une technique spécialement adaptée à notre problème : obtenir des traces de trajectoires α visibles et bien différenciées des protons dans une émulsion comportant un voile de fond important. Grâce aux résultats obtenus (2) nous avons pu mettre en évidence l'émission de particules α par le zinc sous l'action des neutrons thermiques.

Dans une première série d'expériences, nous avons exposé une émulsion Ilford C_2 de 50 μ, maintenue en contact étroit avec une couche épaisse de zinc naturel pur, à un flux total de neutrons de $1{,}2.10^{12}$ neutrons/cm^2 (mesuré par activation d'une couche mince de manganèse étalonnée au préalable). Une émulsion identique dépourvue de cible était irradiée en même temps. Les deux plaques étaient ensuite développées ensemble, par le procédé suivant :

a. refroidissement des émulsions sèches à 5° C pendant 20 m;

b. développement pendant 5 m à 30° C dans le révélateur suivant : hydroquinone 0,5 g, carbonate de Na, 50 g, sulfite de Na, 10 g, bromure de potassium, 0,5 g, pour un litre de révélateur. Bain d'arrêt, fixage et lavage habituels.

Le dépouillement a porté sur 29 mm^2 de chacune des deux émulsions : on a mesuré dans chacune d'elles les trajectoires de particules α de longueur supérieure à 10 μ partant de la surface de l'émulsion. Les parcours obliques étaient corrigés du facteur de contraction. Les résultats représentés figure 1 montrent que la plaque en contact avec la cible de zinc présente une distribution continue de trajectoires α, de parcours maximum 50 μ, avec une fréquence de l'ordre de 800 traces/cm^2. Dans la plaque témoin, la fréquence des traces est de l'ordre de 100 par centimètre carré et leur parcours à une exception près, est inférieur à 22 μ.

---

(1) H. Faraggi, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1475.

(2) H. Faraggi, A. Bonnet et J. Cohen, *J. Phys.* (sous presse).

Il n'est pas possible dans le cas d'une cible épaisse de déterminer si la réaction (n, α) ainsi mise en évidence est due à l'action des neutrons thermiques (groupe monocinétique de particules ralenties dans l'épaisseur de la cible et donnant dans l'émulsion une répartition continue), ou à celle des neutrons rapides présents dans le flux de neutrons thermiques (formation de particules α de toutes énergies). Pour élucider ce dernier point, il fallait disposer de cibles minces, et pouvoir compenser la diminution correspondante du nombre de noyaux-cibles par un enrichissement isotopique; en utilisant des isotopes séparés, nous pouvons déterminer en outre le ou les isotopes reponsables de la réaction.

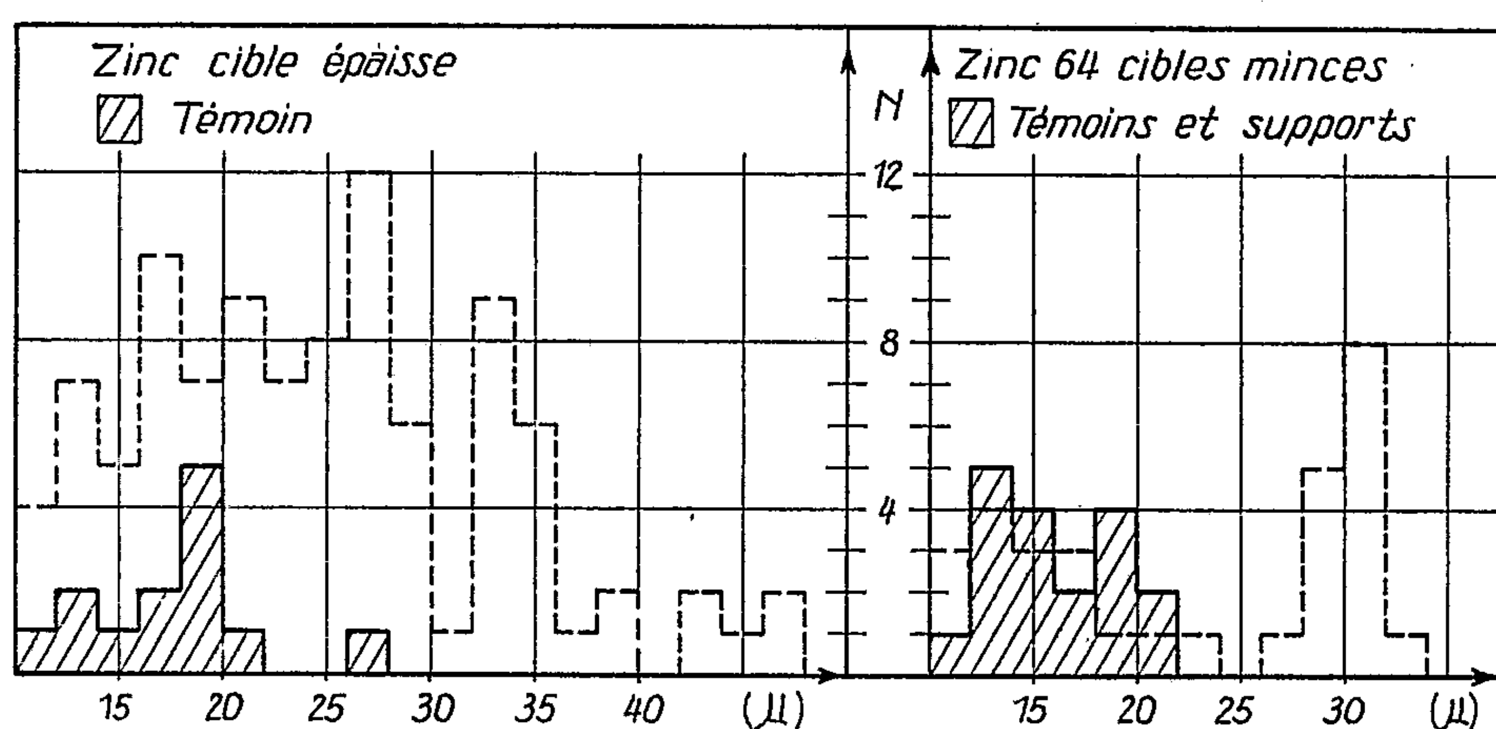


Fig. 1. Fig. 2.

Nous avons donc procédé à la séparation des isotopes 64, 66, 67 et 68 du zinc, en utilisant le séparateur construit au Commissariat à l'Énergie Atomique par l'un de nous ([3]). Les quatre isotopes furent collectés simultanément dans des cibles en graphite, la quantité totale obtenue étant supérieure à 6 mg. L'absence d'un spectromètre de masse pour analyse de substances solides ne nous permet pas de donner plus qu'un ordre de grandeur de la pureté des échantillons isotopiques recueillis. Pour ^{64}Zn, C $\geqq$ 95 %; pour ^{66,67,68}Zn, C $\geqq$ 75 % ([4]). L'analyse spectrographique a confirmé d'autre part la pureté chimique du zinc séparé.

Les isotopes séparés étaient ensuite déposés électrolytiquement sur nickel en couches homogènes d'épaisseur connue. Nous donnons ici les résultats obtenus avec l'isotope 64. Nous avons utilisé deux cibles, l'une de 0,85 mg/cm^2, irradiée par 7,5.10^{11} neutrons/cm^2, l'autre de 1,26 mg/cm^2

([3]) R. Bernas, *J. Phys.* (à paraître).

([4]) C, pourcentage de l'isotope mentionné dans le zinc déposé sur cible.

irradiée par $7,2.10^{11}$ neutrons/cm², les procédés de mesure de flux et de développement étant les mêmes que précédemment. Le dépouillement portait sur l'émulsion témoin, sur les zones d'émulsions situées en face des cibles, et sur les zones d'émulsions situées en face des supports de nickel. Les résultats sont rassemblés figure 2. Ici, les traces de longueur inférieure à 22 μ ont sensiblement la même fréquence dans les deux émulsions pour des surfaces équivalentes (25 mm² sur chacune d'elles). Par contre, on constate la présence d'un groupe de particules α de parcours moyen 31 μ, obtenu seulement dans l'émulsion au zinc et qui doit être attribué à la réaction $^{64}Zn(n, \alpha)^{61}Ni$. Compte tenu de l'épaisseur des cibles et des fluctuations de mesure, ce groupe correspond à une seule énergie moyenne de particules α, et la réaction doit être attribuée à l'action des neutrons thermiques.

La fréquence des trajectoires observées conduit pour l'une des cibles à une section efficace de $1,38.10^{-29}$ cm² et pour l'autre à $1,46.10^{-29}$ cm², valeurs parfaitement concordantes. L'énergie moyenne des particules α est de 6,6 MeV. Compte tenu du recul du noyau, et du fait que la séparation du zinc 64 n'est pas totale, on trouve, pour l'isotope 64 pur, $\sigma \sim 1,5.10^{-29}$ cm² et $Q \sim 7$ MeV.

La comparaison avec la théorie ainsi que les dépouillements concernant les isotopes 66, 67 et 68 sont en cours et feront l'objet d'une communication ultérieure.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Échange isotopique entre argent métallique et ses ions en solution.* Note (*) de Mme **Maria do Carmo Anta** et M. **Maurice Cottin**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Les recherches antérieures [1] sur les échanges entre les métaux et leurs ions en solution ont montré le rôle essentiel de l'état de surface du métal. Il nous a paru intéressant de reprendre l'étude du système $Ag/AgNO_3$, déjà faite sur les lames métalliques par B. V. Rollin [2] et C. C. Coffin et L. L. Tingley [3], en employant de l'argent en poudre afin d'augmenter la surface de contact métal-solution.

La poudre d'argent a été préparée soit par réduction chimique de $AgNO_3$ par NaH_2PO_2, soit par dépôt électrolytique en solution $AgNO_3$ à 15 %. La poudre était tamisée de manière que le diamètre moyen des grains

(*) Séance du 16 avril 1952.

(1) M. Haïssinsky, M. Cottin et B. Varjabedian, *J. Chim. Phys.*, 45, 1948, p. 207; M. Haïssinsky, *Ibid.*, 45, 1948, p. 224.

(2) *J. Amer. Chem. Soc.*, 62, 1940, p. 86.

(3) *J. Chem. Phys.*, 17, 1949, p. 502.

soit de 0,005 cm environ. L'analyse aux rayons X, effectuée par M. Méring au Laboratoire central des Services chimiques, a montré que les poudres préparées par ces deux méthodes étaient formées de cristaux métalliques, cependant la poudre d'origine chimique présentait des raies moins fines que la poudre d'origine électrolytique. Les expériences ont été faites en marquant soit la solution, soit la poudre métallique par ^{110}Ag de période 225 jours fourni par le Commissariat à l'Énergie Atomique. Chaque essai était fait en mettant en contact 10 cm^3 de $AgNO_3$ 0,2 M avec une quantité d'argent métallique équivalente aux ions Ag^+ en solution. Après séparation des deux phases, la solution était réduite par NaH_2PO_2, afin que les mesures de l'activité au compteur de Geiger-Müller soient faites sur des échantillons se trouvant sous la même forme. Les essais préliminaires ayant montré que la présence d'oxygène augmentait considérablement l'attaque du métal, la plupart de nos expériences ont été faites en ampoules scellées en atmosphère d'azote purifié.

Ces mesures ont permis les conclusions suivantes :

1° La méthode de préparation de la poudre joue un rôle prépondérant dans cet échange, ainsi toutes autres conditions étant égales (100° C, atmosphère d'azote, durée 20 h), l'échange est d'environ : 30 couches monoatomiques avec l'argent préparé par électrolyse; 7 500 couches monoatomiques avec l'argent préparé par réduction chimique.

2° Pour les temps courts, compatibles avec la technique de séparation, c'est-à-dire quelques minutes, l'échange intéresse à 100° en atmosphère d'azote une vingtaine de couches avec l'argent électrolytique et un millier de couches avec l'argent d'origine chimique. Les quantités échangées augmentent ensuite avec le temps, mais la vitesse du processus diminue.

3° L'échange augmente avec la température; c'est ainsi qu'après 100 h, l'argent d'origine chimique échange environ 12 000 couches à 100° C et 25 000 couches à 150° C. A cette dernière température, les activités des deux phases étant sensiblement les mêmes, l'échange est complet pour cette durée.

4° Les quantités échangées diminuent lorsque la poudre d'origine chimique a été préalablement en contact avec des ions Ag^+.

5° Au cours d'échange de longue durée, l'aspect de la poudre d'origine chimique se modifie : elle se recristallise au contact de la solution.

Les valeurs du coefficient d'autodiffusion de l'argent trouvées par divers auteurs ([4]), excluent la possibilité que la vitesse de cet échange soit déterminée par l'autodiffusion dans la phase métallique. Ces premiers

---

([4]) W. A. JOHNSON, *Trans. Amer. Minning Met. Engrs.*, 143, 1941, p. 107; R. E. HOFFMAN et D. TURNBULL, *J. Appl. Phys.*, 22, 1951, p. 634.

résultats conduisent plutôt à penser que l'altération de la surface métallique et la recristallisation au contact de la solution doivent être les phénomènes déterminant la vitesse de cet échange.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les mélanges binaires des liquides non électrolytes.* Note de MM. **Henry Brusset** et **David Bono**, présentée par M. Paul Pascal.

L'applicabilité de la théorie des solutions normales peut être élargie moyennant certaines hypothèses simples. Une seule donnée expérimentale (solubilité mutuelle à une température ou point critique de solubilité) fournit la courbe de démixtion de deux liquides non électrolytes et parfois tout entière. Nous nous sommes bornés à l'étude des systèmes à solubilité endothermique. Des cas d'application ont été cités.

Parmi les solutions liquides binaires non idéales, il existe des solutions dites normales dont H. Hildebrand a développé la théorie ([1]). L'équation de solubilité des mélanges normaux est la suivante :

$$\text{(X)} \qquad \mathrm{RT\,Log}\,a_1 = \mathrm{RT\,Log}\,x_1 + v_1\varphi_2^2(d_1 - d_2)^2.$$

Cette équation peut servir de définition des solutions normales.

a_1, activité du constituant (I);

x_1, fraction molaire du (I);

v_1, volume moléculaire du (I);

$$\varphi_2 = \frac{v_2 x_2}{v_1 x_1 + v_2 x_2};$$

$$(d_1 - d_2)^2 = \left[\sqrt{\frac{E_1}{v_1}} - \sqrt{\frac{E_2}{v_2}}\right]^2;$$

E_1, énergie de vaporisation moléculaire.

Nous résolvons l'équation (X) par une méthode graphique simple ([2]).

Déterminons $(d_1 - d_2)^2 = D^2$, à partir des données de la solubilité mutuelle; à l'équilibre

$$\mathrm{Log}\,a_1 = \mathrm{Log}\,x_1 + v_1\varphi_2^2\frac{(d_1 - d_2)^2}{\mathrm{RT}},$$

$$\mathrm{Log}\,a_1 = \mathrm{Log}\,x'_1 + v_1\varphi_2'^2\frac{(d_1 - d_2)^2}{\mathrm{RT}};$$

x_1 et x'_1 = fraction molaire du constituant (I) respectivement dans chacune des deux couches en équilibre.

([1]) H. Hildebrand et R. Scott, *Solubility of nonelectrolytes*. Reinhold, New-York, 1950.

([2]) H. Brusset et D. Bono, *Bull. Soc. Chim.*, 18, 1951, p. 568.

On obtient

$$\text{(X}'\text{)} \qquad \frac{D^2}{R} = \frac{T \operatorname{Log} \frac{x_1}{x'_1}}{v_1[\varphi_2'^2 - \varphi_2^2]}.$$

De plus, en écrivant qu'au point critique, on a simultanément

$$\frac{da}{dx} = 0, \qquad \frac{d^2a}{dx^2} = 0.$$

On obtient pour T_c et x_c les relations (Y) et (Z) qui permettent de calculer D^2/R :

$$\text{(Y)} \qquad RT_C = \frac{2x_1x_2v_1^2v_2^2(d_1 - d_2)^2}{(x_1v_1 + x_2v_2)^3},$$

$$\text{(Z)} \qquad x_1 = 1 - x_2 = \frac{[v_1^2 + v_2^2 - v_1v_2]^{\frac{1}{2}} - v_1}{v_2 - v_1}.$$

Une bibliographie systématique nous a permis de constater l'existence de systèmes binaires qui, tout en n'étant pas normaux au sens théorique, possèdent un point critique où les compositions x_1 et x_2 vérifient bien la relation notée (Z), applicable aux liquides normaux. Pour représenter ces systèmes, nous avons fait l'hypothèse que la relation (X) reste applicable si l'on donne à D^2 un sens purement expérimental, en supposant qu'il est constant, par rapport à x, mais peut varier avec T. Nous le désignerons par D'^2. Posons

$$d'_1 = K\, d_1, \qquad d'_2 = K\, d_2.$$

On remplace, à une même température $(d_1 - d_2)^2/R$ par $(d'_1 - d'_2)^2/R$ reliés par l'égalité

$$\text{(U)} \qquad \frac{(d'_1 - d'_2)^2}{R} = K^2 \frac{(d_1 - d_2)^2}{R},$$

d'après la définition théorique, on trouve pour d :

$$\text{(S)} \qquad \frac{d \operatorname{Log} d}{dT} = -1,25\,\alpha,$$

α coefficient de dilatation thermique du liquide. Intégrons la relation (5) et combinons le résultat avec (U). Nous obtenons

$$d'_1 = K\, d_{01}\, e^{-1,25\alpha_1(T-T_0)}, \qquad d'_2 = K\, d_{02}\, e^{-1,25\alpha_2(T-T_0)}.$$

Nous admettons pour d' les mêmes variations avec la température que celles de d. Ainsi K reste constant par rapport à la température le long de la courbe de démixtion. C'est ce que nous avons constaté dans le cas de l'eau et du phénol. Pour ce mélange, la formule (Z) est bien vérifiée, bien que le système ne soit pas normal au sens de H. Hildebrand :

Constituant (I) : *eau.*	*Constituant* (II) : *phénol.*
Compositions critiques calculées.	Compositions critiques mesurées.
$x_1 = 0,892$, $x_2 = 0,108$	$x_1 = 0,902$, $x_2 = 0,098$.

Si l'on considère toute la courbe de démixtion, on constate que D^2/R varie de 12,2 à 11,9 et nos hypothèses permettent de fixer ces variations de 12,2 à 12. La courbe théorique sera donc très voisine de la courbe expérimentale. Disons que les systèmes eau-crésols sont aussi bien représentés, ainsi que les mélanges suivants :

Sulfure de carbone avec acétonitrile ou homologues suivants; avec anhydride acétique; avec nitrométhane; avec acétone; alcool isoamylique et glycérine; pentène I et paratoluidine; isothiocyanate d'allyle et acide formique.

La série des systèmes dont nous avons calculé la démixtion sera appelée quasi normale.

Nous avons remarqué que si deux liquides formaient un mélange quasi normal, des corps voisins de chacun d'eux en donnaient aussi.

Les systèmes quasi normaux englobent donc la série des systèmes normaux comme cas particuliers.

CHIMIE MACROMOLÉCULAIRE. — *Sur la présence de monoacides non décrits dans les huiles de lin polymérisées thermiquement.* Note de M. **Jean Petit**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

En dehors des acides normaux à 18 atomes de carbone et des diacides à 36 atomes de carbone provenant de la dimérisation des premiers, il a été possible de mettre en évidence dans l'huile de lin polymérisée un monoacide à 30 atomes de carbone, en proportion non négligeable.

La réaction de polymérisation thermique de l'huile de lin et des huiles siccatives est habituellement considérée comme due principalement à une réaction du type Diels-Alder. Cette dernière amène la soudure des différentes molécules de triesters glycériques par l'intermédiaire des radicaux acides polyéniques conduisant à la formation d'un réseau macromoléculaire de polyester.

La destruction d'un tel réseau par des moyens chimiques tels que l'hydrolyse, l'alcoolyse ou la saponification permet d'isoler les constituants acides du réseau. Il est ensuite facile de scinder ce mélange en deux fractions nettement différenciées, par distillation sous pression réduite. La fraction distillable représente les acides gras monomères n'ayant pas réagi (acides en C_{18} principalement), tandis que la fraction indistillable est habituellement considérée comme formée d'acides dimères, à 36 atomes de carbone ([1]), ([2]).

Des anomalies systématiques concernant les résultats du titrage des groupes carboxyles des acides indistillables, quelle que soit la méthode employée (neutra-

([1]) G. Champetier et J. Petit, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 748; J. Petit, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 829.

([2]) G. Champetier et J. Petit, *Bull. Soc. Chim.*, 12, 1945, p. 680.

lisation directe, saponification prolongée des acides ou de leurs esters) nous ont obligé d'admettre qu'une impureté venait fausser les résultats, toujours trop faibles par rapport aux chiffres théoriques.

Cette impureté ne peut être un composé insaponifiable, car il serait très facile de l'éliminer par les méthodes classiques, et nous ne l'avons jamais observé.

Ceci nous a conduit à envisager une purification des acides indistillables en vue d'isoler le dimère pur.

Nous avons opéré par chromatographie des esters éthyliques sur alumine. Ces opérations très longues et menées méthodiquement à la manière d'une distillation fractionnée, nous ont permis de scinder la masse de ces esters en deux fractions principales : l'une possédant l'indice de saponification normal des esters d'acides en C_{18}, ou de leurs dimères : 180 ± 1, l'autre ayant un indice de saponification beaucoup plus faible : 116,8.

Une telle valeur ne correspond à aucun des acides initiaux contenus dans l'huile crue, pas plus qu'à leurs dimères.

Cet ester se présente sous forme d'une huile visqueuse faiblement colorée en jaune verdâtre et sans aucune fluorescence à la lumière solaire.

Il répond aux principales caractéristiques suivantes :

Indice de réfraction n_D^{25}	1,4852
Indice de saponification	116,8
Indice d'iode (Wijs)	117,5
Poids moléculaire (cryoscopie benzène)	485 ± 10
C %	80,8
H %	12,06

Ces différentes constantes amènent à considérer ce corps comme étant l'ester éthylique d'un monoacide en C_{30}, possédant au moins deux doubles liaisons.

La formule brute correspondante $C_{32}H_{60}O_2$ donnerait les constantes suivantes :

Indice de saponification	117,4
Indice d'iode (2Δ)	106,5
Poids moléculaire	476,8
C %	80,6
H %	12,68

L'acide libre aurait la formule $C_{30}H_{56}O_2$, mais il est à peu près certain que, malgré tout le soin apporté à la purification, nous sommes en présence d'un mélange de corps extrêmement voisins, de même condensation en carbone.

La formation de cette catégorie d'acides ne peut s'expliquer que par des réactions secondaires de craquage des chaînes carbonées au cours de la polymérisation, amenant soit une dégradation des diacides déjà formés, soit une complication des monoacides, susceptibles de fixer des radicaux hydrocarbonés.

Dans le cas étudié ici, le mélange d'acides indistillables était constitué par 85 % d'acides dimères et 15 % de l'acide que nous avons identifié.

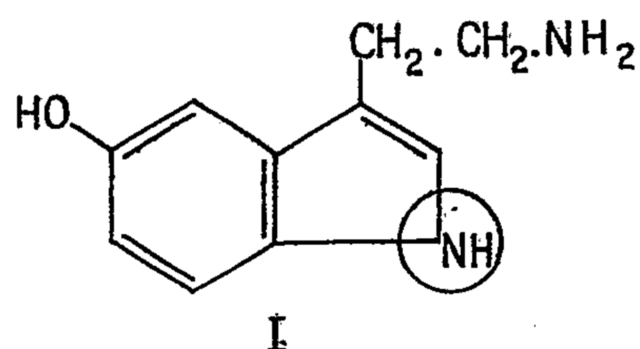
Il ne s'agit d'ailleurs pas d'un cas fortuit, car nous l'avons observé sur des échantillons d'origines les plus diverses.

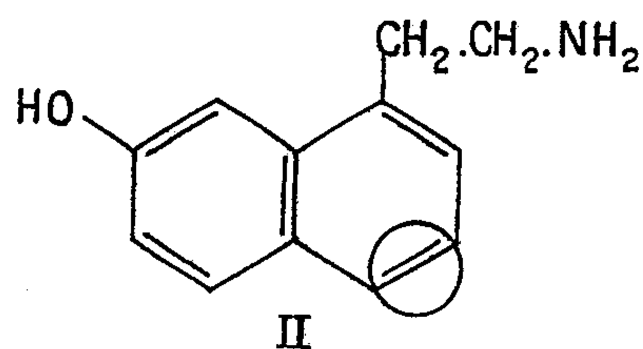
La présence d'une telle sorte d'acides dans les acides d'huiles polymérisées thermiquement permet d'expliquer beaucoup mieux les anomalies observées jusqu'ici, et revêt une grande importance dans l'utilisation ultérieure des diacides auxquels ils se trouvent mélangés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un analogue naphtalénique de la sérotonine.* Note (*) de MM. **Charles Mentzer** et **Camille Beaudet**, présentée par M. Marcel Delépine.

Au cours de nos recherches sur les analogues structuraux des hypertenseurs naturels, nous avons été amenés à la synthèse de la méthoxy-7 α-naphtyléthylamine qui peut être considérée comme un isostère de l'éther *o*-méthylé de la sérotonine.

La sérotonine [1] ou hydroxy-5 tryptamine I dont la structure vient d'être vérifiée par plusieurs synthèses totales [2], [3], peut être considérée à l'heure actuelle comme l'une des substances naturelles responsables de certaines formes d'hypertension. En appliquant la notion d'isostérie à l'élaboration d'analogues structuraux de ce composé, nous avons été amenés à préparer tout d'abord l'hydroxy-7 α-naphtyléthylamine II dont les électrons π sont répartis de la même manière que dans la sérotonine elle-même.





En effet, les deux substances ne diffèrent que par les groupements d'atomes (NH) et (CH=CH). L'éther méthylique de la substance II a été obtenu en partant de la méthoxy-7 tétralone. L'action du monobromacétate d'éthyle sur cette cétone, en présence de zinc, selon Réformatzky, aboutit au méthoxy-7 α-tétralydène-acétate d'éthyle. En chauffant cet ester en présence de soufre, il est possible de le déshydrogéner en méthoxy-7 naphtylacétate

(*) Séance du 31 mars 1952.

(1) M. Rapport, *J. Biol. Chem.*, 174, 1948, p. 735; 176, 1948, p. 1243; 180, 1949, p. 961.

(2) Hamlin et coll., *J. Amer Chem. Soc.*, 73, 1951, p. 5007.

(3) M. E. Speeter et coll., *J. Amer. Chem. Soc.*, 73, 1951, p. 5514.

d'éthyle. Pour remplacer dans cette substance le groupement $CH_2-COOC_2H_5$ par $CH_2-CH_2-NH_2$, un certain nombre d'obstacles ont dû être surmontés : la réduction en alcool et le passage par le dérivé halogéné ne nous ont pas donné satisfaction. Après plusieurs échecs, nous avons été amenés à préparer l'amide $ArCH_2-CONH_2$ (Ar étant un reste méthoxy-7 α-naphtyle) qui a pu être finalement réduit en amine correspondante grâce à l'hydrure de lithium et d'aluminium. La déméthylation qui présente certaines difficultés est actuellement à l'étude.

PARTIE EXPÉRIMENTALE. — *Méthoxy-7 α-tétralydène acétate d'éthyle*, $C_{15}H_{18}O_3$. — Suivant la méthode classique de Réformatky, on fait réagir la méthoxy-7 tétralone (15 g) sur le monobromacétate d'éthyle pur (14,2 g) en solution benzénique en présence de zinc (8,5 g) et d'une trace d'iode à 75°. Après déshydratation du dérivé hydroxylé et purification, on obtient l'ester qui se présente sous la forme d'un liquide jaune pâle. É 138-140° sous 0,4 mm de mercure. Indice de réfraction à 19° : n_D 1,557; Rdt 73 % (15,5 g). Cet ester présente une absorption continue dans l'ultraviolet, ce qui confirme la position extranucléaire de la double liaison.

Méthoxy-7 α-naphtylacétate d'éthyle, $C_{15}H_{16}O_3$. — L'ester précédent (19 g) est additionné de soufre (2,5 g) et le mélange est maintenu à 215° pendant 6 h. Par distillation lente sous 0,4 mm de mercure, on obtient le méthoxy-7 α-naphtylacétate d'éthyle (136-139°), liquide jaune, avec un rendement de 80 %. n_D à 20° : 1,583, maxima d'absorption dans l'ultraviolet 273 et 330 mμ.

Acide méthoxy-7 α-naphtylacétique, $C_{13}H_{12}O_3$. — La saponification de l'ester éthylique (14,5 g) s'effectue aisément par ébullition en présence de NaOH à 10 % (45 cm³). L'acide est purifié par recristallisation dans l'eau bouillante. Il se présente en fines aiguilles blanches fondant à 149,5-150°, titrage acidimétrique : 99,8 % ; Rdt 94 % (12 g).

Méthoxy-7 α-naphtylacétamide, $C_{13}H_{13}O_2N$. — On prépare d'abord le chlorure d'acide en faisant réagir l'acide (10 g) avec le pentachlorure de phosphore (10 g) en solution benzénique à 40°. On chasse le solvant et l'oxychlorure de phosphore sous vide à 50°. Le résidu est traité par une solution d'ammoniaque (*d* 0,9) à 0° (400 cm³). On agite pendant 1 h à 0° puis on abandonne le mélange à 0° jusqu'au lendemain. On sépare l'amide par filtration sous pression réduite; après recristallisation dans l'alcool à 95 % bouillant, on obtient l'amide sous la forme de paillettes blanches fondant à 200° Rdt 70 % (7 g).

Méthoxy-7 α-naphtyléthylamine (chlorhydrate), $C_{13}H_{16}ONCl$. — Dans un ballon à trois tubulures muni d'un réfrigérant ascendant et d'un agitateur mécanique, on introduit 100 cm³ d'éther anhydre et 0,6 g d'hydrure de lithium et d'aluminium. Peu à peu, à la température du reflux, on ajoute 1 g de méthoxy-

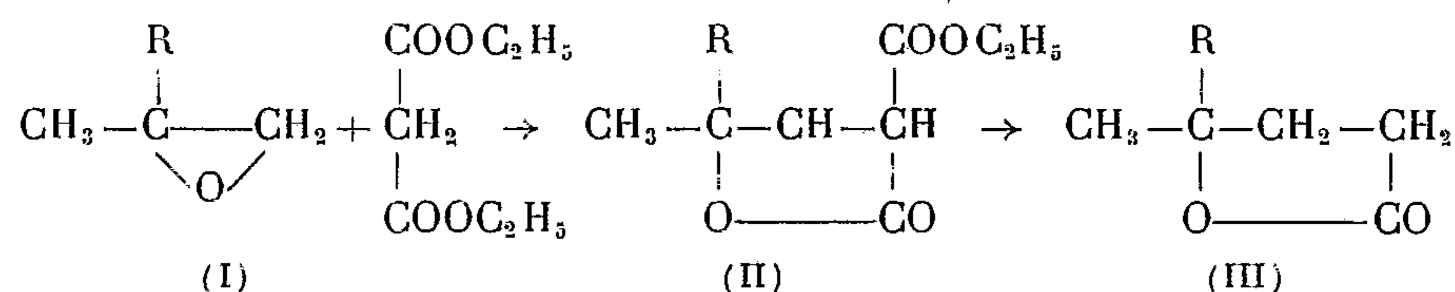
naphtylacétamide. On prolonge l'ébullition pendant 3 h. Le mélange est traité par SO_4H_2 à 10 %. On sépare l'éther; la couche aqueuse est ensuite alcalinisée par une solution concentrée de soude caustique. L'amide libérée est extraite par l'éther. La solution éthérée est séchée sur NaOH, puis traitée par HCl sec. Le chlorhydrate, insoluble dans l'éther, est séparé par filtration sous pression réduite et soigneusement lavé par de l'éther anhydre (0,4 g); Rdt 35 %; chlorhydrate, F 245° (D); teneur en chlore, 14,75 % (calc. 15 %). Picrate (recristallisé dans l'alcool éthylique) F 197°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'ouverture des oxydes d'éthylène par l'ester malonique sodé. Synthèse de la dihydrojasmone.* Note de M. **Robert Rothstein** et Mlle **Jacqueline Ficini**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les oxydes d'éthylène primaires-tertiaires sont ouverts par le malonate d'éthyl sodé, comme les époxydes primaires secondaires, le groupe malonyl se fixant sur le carbone le moins substitué.

Les oxydes d'éthylène primaires-secondaires substitués en α par rapport à l'époxyde, que ce substituant soit un halogène (¹), un alcoyl ou un aryl (²), un éther-oxyde alcoylé ou arylé (³), tous sont ouverts par l'ester malonique sodé, le groupe malonyl se fixant sur le carbone le moins substitué.

Serions-nous en présence d'une loi générale? Pour le vérifier avons-nous étudié la condensation des époxydes primaires-tertiaires avec l'ester malonique sodé dans les mêmes conditions expérimentales. Si dans ce cas encore le pont d'oxygène s'ouvrait suivant le même mécanisme, les époxydes primaires-tertiaires (I) conduiraient d'abord aux esters lactones (II) puis aux γ butyrolactones γ disubstituées (III).



Les chlorhydrines $CH_3—CR OH—CH_2Cl$ ont été préparées par action des magnésiens sur la chloracétone suivant la technique connue (⁴). Elles ont été transformées en oxydes d'éthylène (I) soit par le sodium en milieu d'éther

(1) W. Traube et Lehmann, *Ber.*, 34, 1901, p. 1976.
(2) R. Rothstein, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 1935, p. 1936.
(3) R. Rothstein et J. Ficini, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1293.
(4) M. Tiffeneau, *Comptes rendus*, 134, 1901 p. 775; E. Fourneau, *Comptes rendus*, 138, 1903, p. 767.

anhydre, soit par KOH ou NaOH aqueux à 40 % soit encore par distillation sous un vide d'environ 10-15 mm en présence de KOH ou NaOH finement pulvérisés. Les rendements sont excellents. Les époxydes ainsi préparés ont été condensés, avec l'ester malonique suivant la technique que nous avons décrite ici même ([5]) et obtenu les esters lactones (II) avec des rendements d'environ 50-60 %, puis les lactones correspondantes (III)

R	$CH_3-C(R)(OH)-CH_2Cl$	$CH_3-C(R)-CH_2$ (époxyde, $\diagdown O \diagup$)	$CH_3-C(R)-CH_2-CH(COOC_2H_5)$, O———CO	$CH_3-C(R)-CH_2-CH_2$, O———CO
C_2H_5.....	É$_{15}$ 52° n_D^{20} 1,4458 d_4^{20} 1,0130	É 81-82° n_D^{17} 1,4130 d_4^{17} 0,8570	É$_{11}$ 147-148° n_D^{23} 1,4465 d_4^{23} 1,0785	É$_{22}$ 113° n_D^{20} 1,4420 d_4^{20} 1,0025
Iso C_3H_7.	Ê$_{20}$ 65-66° n_D^{20} 1,4459 d_4^{20} 1,0079	É 101-102° n_D^{17} 1,4112 d_4^{17} 0,8371	E$_5$ 145° n_D^{24} 1,4511 d_4^{24} 1,0678	É$_{13}$ 110° n_D^{17} 1,4473 d_4^{17} 0,9862
Iso C_4H_9.	É$_{15}$ 67-68° n_D^{22} 1,4470 d_4^{22} 0,9861	É 123° n_D^{20} 1,4068 d_4^{20} 0,8215	E$_5$ 152° n_D^{20} 1,4481 d_4^{20} 1,0386	É$_9$ 111° n_D^{20} 1,4457 d_4^{20} 0,9654
$n\,C_4H_9$...	E$_{20}$ 90° n_D^{22} 1,4484 d_4^{22} 0,9879	É 135° n_D^{23} 1,4020 d_4^{23} 0,8195	É$_2$ 145° n_D^{21} 1,4503 d_4^{21} 1,0443	É$_{14}$ 128° n_D^{24} 1,4554 d_4^{24} 0,9661
Iso C_5H_{11}.	É$_{12}$ 82° n_D^{20} 1,4500 d_4^{20} 0,9762	É 149° n_D^{21} 1,4140 d_4^{21} 0,8236	É$_2$ 135° n_D^{26} 1,4489 d_4^{26} 1,0236	É$_{10}$ 130° n_D^{26} 1,4452 d_4^{26} 0,9508
C_6H_{13}....	É$_{10}$ 99-100° n_D^{25} 1,4502 d_4^{25} 0,9598	É$_{10}$ 63-65° n_D^{26} 1,4196 d_4^{26} 0,8271	É$_1$ 133° n_D^{18} 1,4535 d_4^{18} 1,0187	É$_{11}$ 148-149° n_D^{28} 1,4469 d_4^{28} 0,9412
C_6H_5.....	É$_{13}$ 124° n_D^{21} 1,5460 d_4^{21} 1,1584	E$_{17}$ 85° n_D^{20} 1,5208 d_4^{20} 1,0228	É$_1$ 163°,5 n_D^{19} 1,5130 d_4^{19} 1,1552	É$_{0,5-1}$ 123° n_D^{22} 1,5310 d_4^{22} 1,1105

La structure des lactones (III) est bien celle que nous leur attribuons. Leurs constantes physiques E, n_D, et d_4 sont identiques à celles décrites par les auteurs qui ont préparé quelques-unes de ces lactones par des méthodes différentes : organo-magnésiens ([6]) ou organo-zinciques ([7]) sur le lévulate d'éthyl et lactonisation de l'acide alcool correspondant, ou encore condensation des cétones avec le succinate d'éthyl, décarboxylation du diacide

(5) R. ROTHSTEIN et J. FICINI, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1293.

(6) V. GRIGNARD, *Comptes rendus*, **135**, 1902, p. 629; R. FRANK et coll., *J. Am. Chem. Soc.*, **70**, 1948, p. 1379.

(7) BLAISE, *Comptes rendus*, **130**, 1897 p. 1033.

éthylénique et lactonisation de l'acide éthylénique, finalement obtenu ([8]). De plus, cette seule structure permet d'expliquer leur transformation en cyclopenténones αβ disubstituées.

En distillant sous un vide de 15 mm, de manière à ce que le distillat ne dépasse jamais 125°, 40 g de notre méthyl-hexylbutyrolactone en présence de 36 g de P_2O_5, nous avons obtenu 33 g d'un produit brut qui, repris dans l'éther, lavé au CO_3NaH et à l'eau, puis séché sur SO_4Na_2 anhydre est rectifié. Nous obtenons ainsi 22 g, soit un rendement de 66 % d'un produit passant à 119° sous 10 mm, décolorant le brome chloroformique, et donnant une semicarbazone, F 177-178° (Maquenne). Récupérée de sa semicarbazone ses constantes physiques sont : $É_9$ 117°, n_D^{18} 1,4810, d_4^{18} 0,9165, Rdt trouvé 51,48, calculée pour $C_{11}H_{18}O$ 50,54 ([9]). Cette cétone est la dihydrojasmone.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Influence de la vitesse d'évaporation de solutions d'halogénures alcalins type* CsCl *sur le faciès des cristaux obtenus.* Note (*) de M. **Raymond Kern**, présentée par Charles Mauguin.

Dans une étude précédente ([1]) nous avons mis en évidence le rôle de la vitesse d'évaporation des solutions d'halogénures alcalins du type NaCl sur le faciès des cristaux obtenus.

Dans la présente Note nous examinons le comportement des halogénures alcalins du type CsCl. Les solutions aqueuses pures des sels suivants ont été étudiés : NH_4Cl, NH_4Br, CsCl, CsBr, CsI.

Les vitesses d'évaporation faibles donnent la forme du dodécaèdre rhomboïdal (110), les vitesses d'évaporation plus élevées des cristaux présentant la forme du cube (100). Ces résultats ont été observés avec les sels de CsCl, CsBr, CsI, malgré la formation de dendrites qui gênent l'observation et la rendent impossible pour les sels d'ammonium.

En rapprochant ces constatations de celles obtenues avec les halogénures du type NaCl, nous pouvons tirer les conséquences suivantes, en remarquant que le facteur qui agit sur le faciès des cristaux est le degré de sursaturation lui-même lié à la vitesse d'évaporation de la solution :

Pour des sursaturations faibles, on observe les faces cristallines à champ électrique faible, c'est-à-dire en particulier les plans réticulaires comportant des ions de différents signes; (100) type NaCl, (110) type CsCl. Pour

---

([8]) R. P. Linstead et Mann, *Soc.*, 1930 p. 2064.

([9]) L. Ruzicka et H. Staudinger, *Helv. Chim. Acta*, 1924 p. 245; A. Plattner et A. P. Pfau, *Helv. Chim. Acta*, 20, 1937, p. 1474; H. Hundsdiecker, *Ber.*, B 75, 1942, p. 455.

(*) Séance du 16 avril 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 970 et 1379.

des degrés de sursaturation plus élevés, ce sont les faces présentant le champ électrique le plus fort qui apparaissent. Le cristal sera donc limité par les plans réticulaires comportant alternativement des cations et des anions; c'est le cas de (111) pour les sels cristallisant avec le réseau cubique à faces centrées (NaCl) et (100) dans le réseau cubique simple (CsCl).

Pour rendre compte de ces résultats, nous supposons que les faces du cristal sont recouvertes de molécules de solvant. Cette solvatation analogue à la solvatation des ions en solution est une fonction de la nature des ions du sel, du solvant, de la concentration de la solution et du champ à l'interface cristal-solution. Les solvatations relatives des faces pourront ainsi déterminer un changement de faciès.

GÉOLOGIE. — *La chaîne crétacée de la Bénoué.* Note de MM. **Jean de Beauregard, André Bouchardeau, Édouard Roch** et **Pierre Schwoerer**, présentée par M. Charles Jacob.

Les géologues de la Nigeria centrale [1] ont décrit, sous le nom de *Lower Shales*, des schistes parfois bitumineux, des grès et des calcaires à *Elobiceras newtoni*, Ammonite albienne, *Estheria*, *Proportheus camerouni* (Poisson estimé par Jaeckel d'âge wealdien) et Végétaux aériens. Ces couches, parfois salifères, reposent directement sur l'Antécambrien et sont traversées par des filons de dolérite. Enfin, elles sont plissées, avec des courbures anticlinales et synclinales visibles.

Au-dessus de ce Crétacé inférieur *sensu lato* et en discordance, mais parfois aussi en contact immédiat avec les roches du Socle, viennent les *couches de Mamfé et d'Awgu* qui comprennent, suivant les régions, soit des calcaires à Ammonites et à *Baculites* turoniens, soit des grès à Végétaux silicifiés supportant des calcaires. Des assises salifères, dont la présence est révélée par les sources, existent en profondeur. C'est là le Crétacé moyen.

Enfin, le Crétacé supérieur, dont on n'a pas toujours élucidé le comportement vis-à-vis du Crétacé moyen, correspond localement aux *Coal Measures* et surtout aux *grès de la Bénoué*.

Dans la partie française du Cameroun, le Crétacé inférieur est conservé seulement dans le pays fali, c'est-à-dire dans le triangle compris entre Garoua, Guider et Léré, à la frontière du Territoire du Tchad [2]. Ici, les

---

[1] C. M. Tattam, *Ann. Report of the geological Survey of Nigeria*, 1944.

[2] C'est le Jurasso-Crétacé des auteurs allemands. *Voir* : E. Krenkel, *Geologie der deustchen Kolonien in Afrika*, Borntraeger, 1939. *Voir aussi* : P. Legoux et V. Hourcq, *Esquisse géologique de l'Afrique équatoriale française. Bull. Serv. des Mines*, n° 1; le Caire. 1943.

gneiss et le granite supportent des conglomérats, puis des grès et des schistes en alternances. Les schistes sont parfois bitumineux; des efflorescences salines tachent les blocs dans le lit des rivières. L'ensemble comporte, en outre, des lentilles de calcaires. Des *sills* de dolérite sont disposés vers la base de la série. La découverte d'*Estheria mawsoni*, de *Pagiophyllum* aff. *crassifolium* et de *Frenelopsis hohenggeri* dans ces assises permet de les dater comme wealdiennes (³) et de les paralléliser avec les *Lower Shales*, sous la réserve que les nôtres sont laguno-lacustres et non franchement marines. Enfin, le Crétacé inférieur du Cameroun français est plissé. On connaît jusqu'ici trois synclinaux parfaitement dessinés, orientés W-E; celui du Mayo Boulo, le plus grand, mesure 55 km de longueur et les couches qu'il conserve sont épaisses de 2 500 m. Dans chaque cuvette, les flancs Nord offrent des pendages faibles, qui, en revanche, vers le centre atteignent jusqu'à 55°.

Si l'on passe dans le Territoire du Tchad, c'est là qu'a été choisi le type du Crétacé moyen, à 40 km au Sud-Est des synclinaux du pays fali, dans la région de Lamé. Il s'agit alors de cailloutis à Végétaux silicifiés (⁴) et de calcaires marins à *Venericardia cuneata*, espèce du Cénomanien inférieur (détermination inédite de M. A. Chavan). Une source salée sort de ces couches qui reposent directement sur l'Antécambrien et qui sont légèrement ondulées. Ces caractères nous permettent de synchroniser la Formation de Lamé avec celle d'Awgu et de Mamfé. Malheureusement, la Formation de Lamé n'arrive jamais en contact avec le Wealdien et l'on ne peut ainsi savoir directement quels furent leurs rapports. Cependant, nous constatons que le Crétacé moyen est toujours en concordance, sinon en continuité, avec le Néocrétacé horizontal, ou grès de Garoua (qui sont la suite des grès de la Bénoué). Or, à la colline de Tingelin, ceux-ci sont proches du Wealdien plissé. Nous pouvons donc logiquement estimer qu'une discordance non seulement sépare les grès de Garoua des marnes du Wealdien, mais que la discordance se situe entre le Crétacé inférieur et le Crétacé moyen puisque le comportement de celui-ci est le même que celui du Crétacé supérieur.

En conclusion, des plissements crétacés, comprenant sans doute une importante phase post-wealdienne, ont intéressé une grande partie du bassin de la Bénoué. En effet, d'Abakaliki, dans le district d'Okodja en Nigeria, à Léré, juste sur la frontière Cameroun-Tchad, la distance à vol d'oiseau est de 800 km, soit celle de Genève à Vienne en Autriche. Dans le sens transversal, 200 km séparent Abakaliki de Lafia.

(³) S. Defretin et Ed. Boureau, *Comptes rendus*, 284, 1952, p. 1459.

(⁴) Ed. Boureau et Ed. Roch, *La Formation de Pala-Lamé (Territoire du Tchad)* (*C. R. Soc. Géol. Fr.*, 4 février 1952).

Si l'on définit une chaîne de montagne comme un ensemble plissé, nous sommes en droit de parler d'une *chaîne crétacée de la Bénoué*. Il faut donc nuancer l'opinion exprimée par les ouvrages classiques, selon laquelle, entre l'Atlas saharien et les montagnes du Cap, on ne rencontre, après le Carbonifère, que des sédiments continentaux et non plissés ([5]).

GÉOLOGIE. — *Autunien et Grès rouges dans le bassin d'Autun.* Note (*) de M. **Jean Louis**, transmise par M. Pierre Pruvost.

En 1889, Delafond publiait ([1]) une étude d'ensemble du bassin houiller et permien d'Autun et d'Épinac. A l'aide des renseignements pétrographiques, paléontologiques, ainsi que de ceux fournis par différents travaux miniers, il classait les différents terrains de la façon suivante : 1° à la base, l'étage d'Épinac, d'une étendue assez limitée autour de cette ville, d'âge stéphanien moyen; 2° un étage houiller intermédiaire dit « du Mont Pelé » ou « des grès et poudingues d'Épinac » débordant le précédent à l'Ouest; 3° un étage stéphanien supérieur, dit « du Grand Molloy », affleurant sur toute la bordure du bassin d'Autun; 4° l'Autunien divisé en trois assises, soit, de bas en haut : *a.* l'assise d'Igornay-Lally; *b.* l'assise de la Comaille Chambois; *c.* l'assise de Millery, et renfermant un certain nombre de couches de schistes bitumineux et de boghead, avec une flore à *Callipteris* et *Walchia*, une faune de poissons et de reptiles caractéristiques.

Enfin, les « grès rouges » sans fossiles, ni bois silicifié, ni couche de houille, cantonnés dans le triangle Saint-Symphorien-Vauteuil-Veuvrotte, discordants sur l'Autunien.

P. Pruvost, en 1947 ([2]), a modifié le classement fait par Delafond en faisant intervenir les variations latérales de faciès. L'étage houiller du Mont Pelé ne serait qu'un faciès grossier de l'assise permienne d'Igornay-Lally. Cet auteur rattache, d'autre part, au même niveau de l'Autunien, l'étage houiller supérieur du Grand Molloy, ne laissant au Carbonifère que les formations d'Épinac.

Dans cet Autunien de puissance et d'étendue encore accrue, P. Pruvost admet alors trois zones hétéropiques : une première littorale caractérisée

---

([5]) M. Gignoux, *Géologie stratigraphique*, 4e édit., p. 287, 1950.

(*) Séance du 7 avril 1952.

([1]) *Bassin houiller d'Autun et d'Épinac*, 1889 (*Études des gites minéraux de la France*).

([2]) *Art des Mines et géologie : bilan d'une collaboration* (*Centenaire de l'Association des anciens élèves de l'école de Liége*). Congrès 1947, Section géologie, p. 403-407.

par des sédiments grossiers; une autre marginale où se formeraient quelques couches de houille; une troisième d'eau calme dans laquelle se déposent les schistes bitumineux.

Ainsi se trouvait soulignée l'importance des variations de faciès créées par le changement des conditions de dépôt aux divers points d'une cuvette limnique.

En grosse pratique, les anciens géologues admettaient que les faciès schistes bitumineux caractérisaient l'Autunien et que les faciès grossièrement détritiques et rubéfiés plus ou moins complètement étaient rangés automatiquement dans le Saxonien.

Or, au cours de nos explorations du bassin d'Autun, nous avons acquis la certitude que les deux faciès extrêmes peuvent se remplacer non seulement horizontalement, mais aussi verticalement, de manière infiniment plus variée qu'on ne pouvait le supposer.

Dans un chemin creux reliant le hameau Saint-Denis, au Nord-Est d'Autun, à la R. N. 73, s'observe une bonne coupe traversant presque entièrement les « grès rouges ». A Saint-Denis même affleurent des grès arkosiques rougeâtres, avec bancs de poudingues. En se dirigeant vers le Sud, au delà des dernières maisons du hameau, au milieu des formations gréseuses et des poudingues, s'intercalent des lentilles de schiste noir bitumineux. Cette alternance s'observe jusqu'à la R. N. 73, au delà de laquelle une faille fait à nouveau, d'après la carte, affleurer l'Autunien. Dans les lentilles schisteuses, nous avons recueilli des restes végétaux, parmi lesquels M. le Professeur P. Corsin a reconnu : feuilles de *Sigillaria*, probablement *brardi* Br., fructifications de *Cordaites*, *Callipteris conferta* Sternb. var. cf. *polymorpha*, *Macrostachya* sp., *Cordaites* sp., *Pecopteris feminæformis* Schl., *Pecopteris cyathea* Br., *Pecopteris* cyatheoides, flore encore nettement autunienne, accompagnée de nombreux coprolithes et d'écailles de poissons.

D'autres points permettent des observations analogues, quoique moins complètes : Au Nord de Saint-Denis, des niveaux charbonneux et schisteux apparaissent au milieu de grès arkosiques rougeâtres dans le talus d'un chemin forestier. A l'Est de Curgy, une coupe dans le flanc d'un petit vallon montre de même un banc de schistes charbonneux micacés au milieu des grès et des poudingues.

Donc, dans le bassin d'Autun, l'apparition des « grès rouges » se fait d'une manière continue dans le temps et dans l'espace, avec nombreuses récurrences du faciès « Autunien » schisteux et bitumineux typiques, au milieu du faciès détritique et rouge dit « Saxonien »; ceci probablement déjà au cours de l'Autunien, sous l'effet d'un changement des conditions climatiques, accompagné peut-être d'une déformation lente du sol.

Ces observations confirment celles que nous avons pu faire dans les

bassins de Blanzy et Graissessac ([3]). Le caractère des faciès ne permet pas de dater les couches, de les classer dans deux étages : un « Autunien » noir et un « Saxonien » rouge : l'ensemble est ici autunien.

GÉOLOGIE. — *L'âge de la transgresssion crétacée dans le Massif de l'Edough (Nord-Constantinois, Algérie).* Note (*) de MM. **Jean Hilly** et **Jacques Sigal**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Dans une série crétacée où avait été signalé du Campanien supérieur, les auteurs reconnaissent, par l'examen des microfaunes, à la base, du Coniacien ou peut-être du Turonien supérieur. C'est l'âge le plus ancien qui soit actuellement connu pour la transgression « sénonienne » sur le géanticlinal des Kabylies, à l'Est d'Alger.

Dans une Note publiée en 1946 ([1]), P. Marie et A. Lambert ont décrit aux environs d'Aïne Barbar (20 km WNW de Bône) un flysch « directement transgressif sur le massif métamorphique », formé de schistes argileux avec intercalations calcaires et gréseuses, et contenant « dans sa partie terminale des grès quartziteux en bancs puissants ». Un niveau marno-calcaire finement détritique leur a fourni une microfaune indiquant « vraisemblablement du Campanien supérieur ».

La cartographie détaillée du massif de l'Edough nous a conduits à reprendre l'étude de cette formation, aussi bien du point de vue terrain (J. H.) que du point de vue microfaune (J. S.).

1° *Les affleurements.* — Le plus étendu, que traversent les filons minéralisés d'Aïne Barbar, couvre une douzaine de kilomètres carrés. Bien que les couches soient très froissées, on peut admettre l'existence d'une structure anticlinale dont l'axe serait voisin de la ligne de crête du Djebel Chaïba (orientation ENE). La puissance de la série est au minimum de 300 m. Le substratum demeure invisible, et la transgression directe sur les terrains métamorphiques signalée par P. Marie et A. Lambert n'a pu être que soupçonnée par ces auteurs.

Elle est visible par contre à 8 km d'Aïne Barbar. En suivant la côte vers l'Est-Sud-Est, nous avons en effet découvert quelques lambeaux de la même formation, dont celui du Melah (coordonnées Lambert Nord-Algérie : 939,0-417,8). Ce dernier permet d'observer sur 100 m environ les schistes secondaires transgressifs reposant en discordance sur des micaschistes à lentilles calcaires et des micaschistes feldspathiques.

Enfin, à 18 km au Sud, sur le versant opposé de l'Edough, un autre

([3]) J. Louis, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 426; *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 784.

(*) Séance du 7 avril 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 1161.

affleurement, très réduit, a été identifié à l'extrémité occidentale du massif du Béléliéta. Nous trouvons ici encore les niveaux inférieurs, mais le contact (vraisemblablement très proche) avec le métamorphique est masqué par le Nummulitique supérieur transgressif et par les alluvions.

2° *Les faciès.* — Cette série est formée principalement de schistes argileux bleu-noir, devenant jaunâtres par altération. Ils renferment assez fréquemment des bancs nombreux, mais peu épais (5 à 20 cm), de calcaires gréseux et de microbrèches calcaires (par exemple, col de Sidi bou Zeïd, sur la piste de la mine d'Aïne Barbar). Dans le Djebel Chaïba et au Sud du Melah, ces terrains ont subi des transformations intenses, en relation probable avec la venue de la minéralisation (formation de cornéennes à albite, d'épidotites à pyroxène, etc.).

Les bancs puissants de grès quartziteux considérés par P. Marie et A. Lambert comme le sommet de leur série sénonienne n'appartiennent pas à cet étage, mais au Nummulitique supérieur (grès numidiens partiellement silicifiés) (²) : en effet, ils se poursuivent à l'Est vers Herbillon où ils s'associent à des brèches calcaires à Nummulites priaboniennes et oligocènes.

3° *L'âge de la transgression.* — Aucun macrofossile n'a été trouvé. Mais les microbrèches calcaires contiennent, dans un ciment de calcite souvent accompagnée de chlorites ferrugineuses, quelques fragments d'organismes (plaques et radioles d'Oursins, prismes d'Inocérames) et de nombreux Foraminifères, malheureusement indégageables. Leur étude a dû être faite sur lames minces.

La microfaune trouvée dans la région d'Aïne Barbar n'a pas une valeur stratigraphique très fine. Nous y avons reconnu, en plus de Globigérines, de Quinqueloculines, de Gümbélines et de Cristellaires, quelques Rosalines : *Globotruncana* appartenant aux groupes *globigerinoides*, *marginata*, *linnei*, *bulloides*, *arca* primitive et typique. Ces espèces ne permettent pas de préciser dans quelle partie du Turonien-Sénonien se situent les échantillons étudiés.

Ceux du Bélélièta, par contre, renferment, avec des Globigérines, des Textulaires et les Rosalines précédentes, d'autres *Globotruncana* appartenant aux groupes *lapparenti*, *angusticarinata* et *coronata*. Si l'on prend en considération l'absence de *Gl. stuarti*, ces trois formes font pencher pour du Coniacien, à la rigueur pour du Turonien très supérieur. Rappelons que nous sommes ici très près du substratum métamorphique.

Conclusions. — La transgression crétacée, datée avec autant de précision que le permet la reconnaissance des microfaunes en lames minces, a donc atteint le massif de l'Edough dès la fin du Turonien ou l'extrême base du

(²) F. Flandrin, *C. R. Som. Soc. Géol. Fr.*, 1947, p. 56.

Sénonien. Par ailleurs, dans le cadre de l'étude comparée des niveaux transgressifs de la mer « sénonienne » sur le géanticlinal des Kabylies à l'Est d'Alger, c'est jusqu'à présent au Béléliéta que le terme le plus ancien de cette transgression a pu être déterminé.

GÉOLOGIE. — *Sur la constitution géologique des régions de Fenerive et Vavatenina (Côte Est de Madagascar).* Note (*) de M. **Jean Aurouze**, transmise par M. Henri Besairie.

Le lever géologique de reconnaissance de la région située entre le lac Alaotra et la côte Est de Madagascar, du parallèle de la pointe à Larrée à celui de Foulpointe, montre l'existence de plusieurs séries séparées par des discordances dans les schistes cristallins. On peut distinguer : 1° Un socle ancien, en général fortement migmatisé, traversé par des roches éruptives plus ou moins transformées en orthogneiss; 2° Une série supérieure, discordante sur le socle, partiellement migmatisée, traversée par le granite monzonitique d'Antongil et par des intrusions doléritiques; 3° Des lambeaux de la série des quartzites.

Le socle ancien, qui affleure très largement à l'Ouest et au Nord, est essentiellement constitué par des migmatites. Au centre, les embréchites à biotite, à faciès lit-par-lit, prédominent; les migmatites à hornblende et grenat, dites de Brickaville, forment une bande continue à l'Ouest, dédoublée par failles; elles sont en continuité avec les leptynites des régions de Marotandrano et Mandritsara au Nord, avec les « granites » de Brickaville au Sud; des migmatites granitoïdes de types variés, passant aux granites migmatitiques, affleurent à l'Ouest et dans le horst de l'Itsondro au centre. Quelques formations subsistent sous forme d'ectinites en raison de leur nature pétrographique spéciale : ce sont des quartzites dans la région d'Imerimandroso, des gneiss à pyroxène associés à des malgachites au Sud-Ouest, des septa amphiboliques et pyroxéniques interstratifiés dans les embréchites.

Les intrusions éruptives dans les schistes cristallins du socle sont des gabbros. Dans la région du lac Alaotra, ils sont partiellement transformés en un complexe amphibolo-pyroxénique qui occupe toute la région occidentale. Ceux du massif du Beheloka, au Nord, sont entièrement métamorphisés en amphibolites et pyroxénites foliées à grenat. Ces intrusions ont eu lieu avant la migmatisation.

Une discordance sépare les formations du socle de la série supérieure;

(*) Séance du 7 avril 1952.

elle est antérieure à la fois à la migmatisation qui affecte aussi bien les deux ensembles et à la dernière tectonique tangentielle; il en résulte que cette discordance très ancienne est localement, surtout au Nord, presque entièrement oblitérée, tandis qu'au Sud elle se révèle nettement par une discordance angulaire importante.

La série supérieure affleure le long de la côte et au Sud-Est. Elle comprend des schistes cristallins de mésozone et d'épizone, plus souvent migmatisés au Nord-Ouest qu'à l'Est et au Sud-Est. Ce sont des micaschistes, avec, localement, des gneiss, des amphibolites schisteuses en septa surtout vers la base de la série et, au sommet, des chloritoschistes, trémolitites et roches à épidote qui n'affleurent qu'au Nord. Les migmatites sont représentées par des embréchites amygdalaires, des embréchites surmicacées, des diadysites à trame micaschisteuse et la zone frontale est très large.

Le granite d'Antongil traverse à la fois le socle et la série supérieure dont il contient des enclaves importantes. Les roches les plus fréquentes sont des granites monzonitiques porphyroïdes à biotite, souvent fortement écrasés. Le massif a sa terminaison méridionale au Nord du Maningory et s'ennoie très progressivement vers le Sud. Des dykes à faciès diabasique, d'âge crétacé, traversent toutes les formations; ils sont très nombreux et certains d'entre eux atteignent plus de 20 km de longueur.

La série des quartzites n'est représentée que par des placages de sables blancs sur les formations du socle dans la région Nord-Ouest. Elle est vraisemblablement paléozoïque.

Du point de vue tectonique, on distingue deux styles très différents correspondant à au moins deux phases d'orogenèse. Celui du socle ancien est caractérisé par des directions subméridiennes, des pendages faibles et des plis à grand rayon de courbure. Celui de la série supérieure correspond à des directions E-W, des pendages très variables en valeur et en direction, des plissotements à toutes les échelles. Des fractures se sont produites dans toutes les régions, avec une direction N-N-E prédominante vers la côte. Elles ont certainement joué à différentes époques, et principalement à partir du Crétacé; les observations séismologiques montrent une instabilité actuelle de la zone boisée à l'Est du lac Alaotra.

En ce qui concerne la géologie appliquée, on peut signaler une minéralisation aurifère fréquente dans la série supérieure, avec concentrations alluvionnaires. Le fer titané est abondant dans les alluvions de la zone côtière et dans les sables des plages. Les micaschistes à disthène de Soanierana mériteraient des études approfondies en vue de leur exploitation.

SÉISMOLOGIE. — *Sur la nature des ondes séismiques capables de traverser le Noyau terrestre.* Note de M. **Louis Cagniard**, présentée par M. André Danjon.

Les séismologues constatent, vers 2 900 km de profondeur, une discontinuité brutale dans les vitesses de propagation des ondes séismiques. Aux profondeurs moindres, dans la « coque », se propagent des ondes de condensation et des ondes de distorsion. Les vitesses croissent avec la profondeur et atteignent respectivement, à la base de la coque, 13 à 14 km/s pour les premières, 7 à 8 pour les secondes. Par contre, une seule espèce d'ondes semble traverser le « noyau ». La vitesse de cette onde, qui est de 8 à 9 km/s à la surface du noyau, croît jusqu'à 11 ou 12 au centre de la Terre.

Suivant l'opinion courante des spécialistes, les matériaux du noyau diffèrent radicalement de ceux de la coque en ce qui concerne leurs paramètres d'élasticité et leur densité. La coque est un solide, mais le noyau est un fluide, un fluide très peu visqueux, capable seulement de transmettre des ondes de condensation.

Selon moi, les résultats incontestables des enregistrements pourraient traduire une réalité essentiellement différente. Je propose le schéma suivant : les deux paramètres d'élasticité, la densité ne changent guère de la coque au noyau. La discontinuité marquante est celle de la conductibilité électrique, conductibilité qui devient très élevée dans le noyau.

Dans un milieu électriquement conducteur, où règne par surcroît un champ magnétique, en l'occurence le champ terrestre, les ondes élastiques s'amortissent au cours de leur propagation, du fait des courants de Foucault. La théorie de ce genre de propagation est d'ailleurs assez pénible, car il n'est plus possible de maintenir la distinction classique entre ondes de condensation et de distorsion. Dans le cas du Globe, champ magnétique et conductibilité sont cependant assez faibles pour que l'on puisse se limiter aux premiers termes d'un développement en série. Il apparaît ainsi que trois espèces d'ondes planes peuvent se propager dans le noyau. D'une manière approximative, l'une est longitudinale et de condensation, les deux autres transversales et distorsionnelles. Ces deux dernières sont respectivement polarisées suivant deux plans orthogonaux normaux au plan d'onde, l'un des plans de polarisation se trouvant parallèle au champ magnétique. Les vitesses sont un peu plus faibles que celles des ondes classiques non amorties auxquelles on aurait affaire en l'absence de champ magnétique. Les coefficients d'absorption diffèrent d'une onde à l'autre.

Or, précisant et complétant une suggestion de Lamb, j'avais montré

naguère ([1]) que le champ géomagnétique, champ de dipôle, pouvait provenir de la circulation de courants électriques dans le noyau. De tels courants y auraient été induits à une époque ayant suivi de peu la formation du Globe. Pour qu'ils ne soient pas encore éteints aujourd'hui, quelque deux milliards d'années après leur naissance, il faut admettre que la conductibilité électrique du noyau est quelques centaines de fois à celle du cuivre. Il est frappant de constater que tel est aussi l'ordre de grandeur qu'il faut envisager dans le problème actuel pour qu'une et une seule des trois ondes séismiques possibles puisse se manifester dans les conditions habituelles. A moins que l'observatoire séismologique ne se trouve au voisinage d'un des pôles géomagnétiques, à moins que l'on n'ait la bonne fortune d'y enregistrer l'arrivée d'un séisme dont l'épicentre soit proche de l'autre pôle, *la seule onde capable de percer le noyau pour se manifester aux Antipodes est l'une des deux ondes transversales*, celle dont l'élongation est coplanaire avec le champ magnétique et la normale au plan d'onde.

HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les divers types de scléréides corticales chez le* Trachymene ericoides *Sieb. et le* Trachymene linearis *Spreng*. Note (*) de M. **Robert Lemesle**, présentée par M. René Souèges.

Dans les tiges de *Trachymene ericoides* et de *T. linearis*, espèces originaires de stations xérothermiques d'Australie orientale, les tissus de soutien se montrent considérablement développés, non seulement dans le bois, mais aussi dans toute l'écorce. Le stéréome cortical renferme tous les types de scléréides, caractère histologique exceptionnel dans la famille des Ombellifères.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons mis en évidence la présence de trachéides à ponctuations aréolées dans le bois du *Trachymene ericoides* Sieb. et du *T. linearis* Spreng., en insistant sur l'intérêt de ces éléments au point de vue phylogénétique.

Ces deux espèces, originaires des localités les plus arides du Queensland et des Nouvelles Galles du Sud, méritent aussi d'être étudiées au point de vue structural dans les rapports avec les conditions de leur habitat. Elles se font remarquer par leur port éricoïde très accentué. Nous exposerons tout d'abord les particularités anatomiques du cylindre central, identiques chez ces deux sclérophytes :

([1]) *Sur les phénomènes d'induction électromagnétique dans une sphère conductrice. Applications géophysiques* (*Ann. Fac. Sc. Toulouse*, 1947.)

(*) Séance du 16 avril 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 811.

Les formations libéroligneuses se réunissent de bonne heure en un anneau continu et le bois secondaire se sclérifie entièrement. Lorsque la tige a acquis un certain degré de développement, on aperçoit, dans le xylème, une asymétrie qui tend à s'accentuer dans la suite. Si l'on examine un échantillon d'un diamètre de 3-4 mm, les couches ligneuses ne se montrent régulièrement circulaires que dans la zone la plus interne (sur un diamètre d'environ 1 mm); les couches suivantes diffèrent par un développement unilatéral plus marqué et les plus récentes ne font pas le tour complet de la tige; elles se renflent toutes du même côté. Des rayons médullaires flexueux divisent ces cercles symétriques et asymétriques en secteurs très irréguliers, en majeure partie fibreux, avec des groupes fort inégaux d'éléments vasculaires auxquels se joignent des trachéides. Les fibres libriformes s'agglomèrent en paquets volumineux; de plus, elles tendent à perdre leur symétrie radiale, disposition en rapport avec une intense xérophilie. La moelle, complètement sclérifiée, est extrêmement réduite; son diamètre ne dépasse pas 200 μ chez le *T. linearis*.

Mais c'est surtout l'écorce qui possède une structure fortement xérophytique : chez ces deux Ombellifères, nous observons, en dedans d'un épais manchon de liège d'origine sous-épidermique, de considérables amas sclérenchymateux, répartis abondamment dans toute la région corticale et péricyclique. Ce stéréome se compose de « scléréides » ou cellules scléreuses à parois percées de canalicules ramifiés, de section circulaire. On distingue des « brachyscléréides » et des « macroscléréides ». Les premières ont un diamètre à peu près égal dans tous les sens; mais elles diffèrent sensiblement les unes des autres par leurs formes et leurs dimensions. Leur section est tantôt ovoïde, tantôt quadrangulaire ou polygonale à angles plus ou moins mousses. Le diamètre des plus volumineuses atteint jusqu'à 80 μ avec des parois souvent très épaisses (jusqu'à 30 μ). Chez les brachyscléréides les plus petites, la section transversale se réduit à 15 μ et le lumen varie de 1 à 4 μ. Entre ces deux ordres de grandeurs extrêmes, on observe tous les intermédiaires.

Il existe aussi de nombreuses scléréides, lesquelles s'allongent plus ou moins, évoluant alors vers la « macroscléréide ». Cet allongement peut se produire, non seulement dans le sens longitudinal, mais aussi dans le sens transversal. La plus grande longueur varie de 100 à 200 μ sur 20 à 45 μ, avec un lumen ne dépassant guère 5 μ. Les extrémités tronquées caractérisent la vraie « macroscléréide »; plus fréquemment, elles tendent soit à s'arrondir, soit à se rétrécir en pointe mousse ou aiguë; on voit alors tous les intermédiaires entre la « macroscléréide » typique et la « scléréide en forme de fibre » déjà décrite par nous dans le liber de l'*Exostemma floribundum* Rœm. et Schult. [2] et dans le péricycle du *Coptis trifolia* Salisb. [3]. Ces « cellules scléreuses en forme de fibres » ne constituent pas les eléments les plus nombreux du stéréome cortical de nos *Trachymene*; cependant, chez ces deux espèces, nous avons

---

(2) *Bull. Soc. scient. de Bretagne*, 19, 1943-1944, p. 30.

(3) *Rev. gén. de Bot.*, 57, 1950, p. 5.

observé parfois ce curieux type de scléréides; leur longueur atteint environ 150 μ, sur un diamètre de 30 μ, avec un lumen de 4 μ.

Dans la profondeur de l'écorce et dans le péricycle, certaines scléréides se distinguent par leur allongement plus accentué (jusqu'à 300 μ) sur un diamètre de 15 à 20 μ. Ici encore, les extrémités sont tantôt tronquées ou arrondies, tantôt plus ou moins effilées.

Nous signalons ainsi, chez ces deux sclérophytes, une association de scléréides assez comparable à celle que nous avions mentionnée dans les tiges âgées du *Coptis trifolia*. Mais, chez cette Renonculacée, ce stéréome hétérogène reste strictement limité aux cordons péricycliques; chez nos *Trachymene*, le stéréome s'étend depuis le liège sous-épidermique jusqu'au bord externe de l'anneau libérien.

Une telle diversité de scléréides dans toute la zone corticale et péricyclique des tiges de ces deux espèces australiennes, doit être considérée comme une particularité fort rare chez les Ombellifères.

BOTANIQUE. — *Action des substances de croissance sur le bouturage de l'*Acalypha obovata *Benth. Euphorbiacée ornementale.* Note (*) de Mme **José Mattei**, transmise par M. Louis Emberger.

Poursuivant nos recherches sur l'influence favorisante que les substances de croissance peuvent exercer sur le bouturage (1), nous avons étudié leur action sur une autre plante de serre, l'*Acalypha obovata* Benth., Euphorbiacée ornementale fréquemment cultivée.

Cet *Acalypha*, comme les autres espèces de ce genre, se propage facilement par le bouturage de pousses encore herbacées. Néanmoins, il nous a paru intéressant de rechercher si les substances de croissance pouvaient avoir quelque influence sur ces boutures d'*Acalypha* et aussi de préciser les modalités de cette action éventuelle.

Les substances de croissance utilisées ont été, comme dans nos expériences sur les *Ficus*, les acides β-indolacétique et indolbutyrique. C'est également la même méthode par voie humide que nous avons adoptée et les boutures ont été trempées pendant 24 h dans des solutions dont les concentrations étaient, comme précédemment, de 120 mg/l, 50 mg/l et 20 mg/l. Les conditions expérimentales sont aussi demeurées les mêmes et il nous paraît inutile de les préciser à nouveau.

En opérant de la sorte, nous avons d'abord constaté que les acides expérimentés ont, tout au moins à certaines concentrations, une action

---

(*) Séance du 7 avril 1952.

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 754.

favorisante indéniable. En effet, des boutures trempées dans des solutions à 20 mg/l et à 50 mg/l d'acide β-indolacétique *se sont toutes développées*, alors qu'avec les boutures témoins, trempées uniquement dans l'eau pure, les réussites ont été seulement de 66 %.

De même les racines sont plus nombreuses et plus longues dans les boutures traitées, et cela surtout avec la solution à 20 mg/l, que dans les boutures témoins.

Par contre, avec la solution à 120 mg/l, il semble bien que l'on atteigne le seuil de toxicité. En effet, dans ce cas, le nombre de réussites est à peine supérieur à celui des témoins. D'autre part, la partie des tiges ayant baigné dans cette solution subit des phénomènes de nécrose et les racines prennent alors naissance immédiatement au-dessus de cette région nécrosée, c'est-à-dire dans une partie qui n'a pas été en contact direct avec la solution.

A un autre point de vue, l'acide indolbutyrique se montre plutôt moins favorable que l'acide β-indolacétique, surtout en ce qui concerne le nombre de réussites, qui a été de 95 % avec la solution à 20 mg/l et de 90 % avec celle à 50 mg/l. De plus, avec une solution à 120 mg/l, cet acide est nettement toxique, puisque le nombre de réussites, très inférieur à celui des témoins, a été seulement de 28 %, au lieu de 66 %. En outre, nous avons observé les mêmes phénomènes de nécrose qu'avec l'acide β-indolacétique à cette même concentration.

Nous avons pu suivre d'autre part pendant deux ans l'évolution des individus issus de nos boutures et nous avons constaté que l'influence favorisante observée lors des premiers stades de développement se poursuit ultérieurement. En effet, alors qu'au bout de deux ans les témoins ont seulement de 25 à 60 cm de hauteur, les individus issus de boutures traitées dépassent nettement les premiers, puisqu'ils ont de 40 à 85 cm de hauteur et l'appareil radiculaire y est beaucoup plus développé.

On note également, et c'est là un résultat très remarquable, que chez les individus traités, *les feuilles sont de plus grandes dimensions et de coloration plus vive*. Ainsi, alors que dans les témoins les feuilles sont de teinte verte avec un fin liséré rose carminé, dans les individus traités, la bordure est de coloration rouge et nettement plus large, *ce qui rend les feuilles beaucoup plus décoratives*. La même différence se retrouve si l'on compare nos individus traités avec ceux qu'obtiennent par bouturage normal les jardiniers de la ville de Marseille et chez lesquels la coloration est beaucoup moins éclatante.

Signalons encore que si, pour le bouturage lui-même, c'est l'acide β-indolacétique qui donne de meilleurs résultats que l'acide indolbutyrique, on observe, en réalité, des phénomènes inverses au cours du développement ultérieur des jeunes sujets. L'influence favorisante de l'acide indolbutyrique semble en effet se prolonger plus longtemps que celle de l'acide

β-indolacétique, car les individus traités par le premier de ces acides sont, au bout de deux ans, plus vigoureux et ont des tiges plus épaisses, ainsi qu'un feuillage plus abondant et plus vivement coloré, que ceux traités par le second.

En résumé, l'acide indolbutyrique, et plus encore l'acide β-indolacétique, augmentent de façon très sensible le nombre de réussites dans le bouturage de l'*Acalypha*, puisque avec le second de ces acides tous nos essais ont été couronnés de succès, tout au moins avec des solutions à 20 mg/l et à 50 mg/l.

A ce premier résultat, qui est très important dans la pratique horticole, s'en ajoute un second dont l'intérêt n'est pas moindre. En effet, les individus issus de boutures traitées ont des feuilles plus grandes et plus vivement colorées que ceux obtenus avec des boutures ordinaires. Leur valeur décorative est donc nettement accrue et là encore, l'emploi des substances de croissance mérite donc d'être recommandé aux horticulteurs.

EMBRYOLOGIE. — *Structure de la larve et du rhagon de l'éponge* Halisarca dujardini (*Johnston*). Note de M. **Claude Lévi**, présentée par M. Louis Fage.

Un doute subsiste sur la nature de la larve de l'éponge *Halisarca dujardini* (Johnston), décrite d'abord par Barrois (1876) comme une amphiblastula creuse, puis par Metschnikoff (1879) comme une parenchymula pleine de cellules en rosette. Le développement des larves obtenu à Roscoff et l'examen du rhagon permettent de donner à ce sujet d'intéressantes précisions, d'affirmer qu'il s'agit d'une espèce très primitive et de reconnaître ses affinités.

La larve d'*Halisarca dujardini*, dont le diamètre maximum n'excède pas 120 μ lors de l'éclosion, est une parenchymula typique, formée d'une couche externe de cellules ciliées limitant un massif cellulaire interne compact. A sa sortie de l'éponge, elle est ovoïde, d'un blanc pur un peu opaque mais uniforme.

La larve est nettement polarisée. La ciliature périphérique est continue, mais les cellules du pôle postérieur sont plus grandes et constituent un épithélium aplati qui diffère de l'épithélium antérieur et leurs cils isolés semblent indépendants du reste de la couverture ciliaire. Toutes les cellules ciliées ont un noyau nucléolé. Les hautes cellules antérieures et latérales sont étroites et possèdent un noyau piriforme allongé, à nombreux grains de chromatine; les cellules arrondies de la partie postérieure ont un gros noyau sphérique. La distinction entre ces deux catégories cellulaires ne fait que s'accuser pendant toute la durée de la vie libre. Les larves âgées sont recouvertes d'une fine couche de mucus, particulièrement développée au pôle postérieur.

Le massif cellulaire interne est essentiellement composé d'archéocytes

granuleux à noyau nucléolé, parmi lesquels se trouvent, en proportions variables suivant les larves examinées, quelques blastomères encore chargés de vitellus et des cellules acidophiles à petit noyau sans nucléole avec cytoplasme homogène ou rempli de granules ou de bâtonnets réfringents. Metschnikoff a déjà représenté ces cellules acidophiles qu'il nomme « rosettenzellen » et qu'il assimile aux éléments correspondants du mésenchyme de l'adulte. On les trouve encore dans la jeune éponge en métamorphose, mais elles disparaissent lors de l'édification du rhagon.

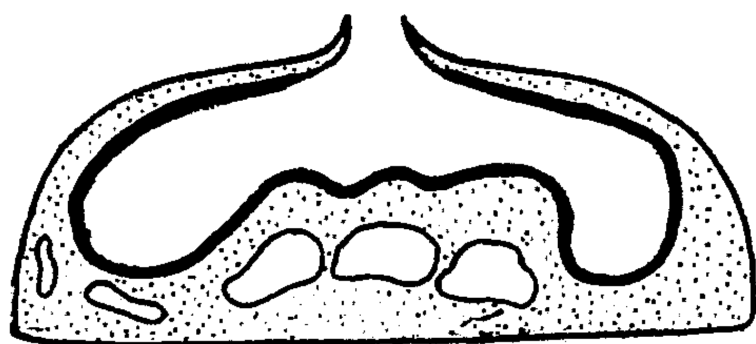


Fig. 1.

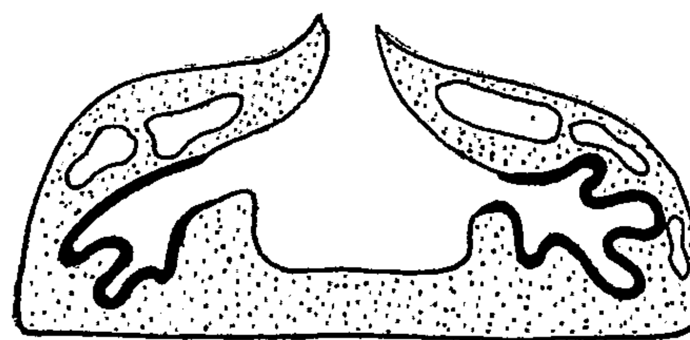


Fig. 2.

A gauche : rhagon d'*Halisarca dujardini* (Johnston). *A droite* : rhagon d'*Aplysilla sulfurea* Schulze (d'après Delage).

La répartition des éléments de la masse interne de l'éponge est uniforme lors de l'éclosion, mais on observe une densité cellulaire plus grande vers le pôle postérieur à la fin de la vie libre. Ovoïde à l'éclosion, la larve s'aplatit progressivement et prend la forme d'un dôme surbaissé, le bord postérieur devenant concave.

Le rhagon d'*Halisarca dujardini* est achevé 4 à 5 jours après la fixation de la larve; il a la forme d'un tronc de cône à large base. Sa face supérieure se prolonge en une petite cheminée qui porte un oscule largement béant, communiquant avec une grande cavité exhalante entièrement bordée de choanocytes, à l'exception de la cheminée osculaire. La moitié inférieure est massive, mais creusée de plusieurs petites cavités appartenant au système aquifère inhalant, relié par quelques pores avec l'extérieur. La paroi supérieure de l'éponge est extrêmement mince et composée simplement de la couche choanocytaire doublée d'un revêtement pinacocytaire de cellules polygonales aplaties, entre lesquelles se glissent quelques archéocytes. La cavité exhalante résulte de la fusion de plusieurs ébauches; elle est légèrement plissée et les diverticules sont larges et entièrement tapissés de choanocytes.

Le système exhalant est bâti sur le type asconoïde et représente ainsi le stade le plus simple décrit jusqu'à ce jour chez les Acalcaires. Le système inhalant, complexe, avec pores, cavités subdermales et canaux est déjà du type leuconoïde, qui représente le type définitif. Dans la suite du développement, le système exhalant passera par un état syconoïde

à tubes vibratiles indépendant de la cavité atriale, et l'adulte possédera un système exhalant complet avec canaux ramifiés indépendants.

En comparant la larve et le rhagon d'*Halisarca dujardini* avec ceux d'*Oscarella lobularis* (Schmidt) et d'*Aplysilla sulfurea* (Schulze), respectivement décrits par Meewis et Delage, on est frappé de la ressemblance qui existe entre les stades correspondants d'*Halisarca* et d'*Aplysilla*. Ces deux espèces ont une larve parenchymula, entièrement ciliée, mais avec deux zones ciliées différentes; à l'exception des acidophiles, les massifs internes sont faits de cellules homogènes et indifférenciées. Le rhagon se construit suivant le même processus, c'est-à-dire par la formation de corbeilles composées aux dépens d'ébauches isolées, suivie, dans l'ordre, par l'apparition de cavités inhalantes, de l'atrium cloacal et du système exhalant; mais l'atrium cloacal d'*Aplysilla* se forme déjà indépendamment de l'ensemble vibratile, ce qui confère au rhagon le type syconoïde. Au contraire, la larve d'*Oscarella* est une amphiblastula creuse et le rhagon se constitue à l'inverse des précédentes par la formation de corbeilles simples isolées, suivie de l'apparition du système exhalant, de l'atrium cloacal et du système inhalant; aussi, malgré son apparence simple due à l'existence d'une gastrulation par invagination, le développement de l'*Oscarella* aboutit à un rhagon plus complexe que ceux d'*Halisarca* et d'*Aplysilla*. Plus encore par son embryologie que par son histologie, *Halisarca dujardini* mérite donc d'être considérée comme une Dendrocératide et comme la plus primitive des Acalcaires à parenchymula.

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la différenciation sexuelle des gonades de Souris explantées* in vitro. Note de M. **Étienne Wolff** présentée par M. Maurice Caullery.

La technique d'explantation *in vitro* d'organes embryonnaires (1) a été appliquée à la culture des gonades de Mammifères. Cherchons à obtenir, hors de l'organisme, la différenciation des ébauches gonadiques, prélevées à un stade indifférencié, comme nous avons obtenu la différenciation sexuelle des gonades de Canard (Et. Wolff et K. Haffen) (1) et (2). Des recherches antérieures de Martinovitch (3), utilisant le milieu de Strangeways et Fell (4), avaient montré qu'on peut obtenir la survie et le développement d'ovaires ou de testicules déjà différenciés, prélevés sur les rats et des souris à la naissance, ou sur des embryons de plus de 16 jours.

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 439 et 234, 1952, p. 1396.
(2) *J. exp. Zool.*, 119, 1952 (à l'impression).
(3) *Proc. Roy. Soc. London*, 125, 1938, p. 232-249.
(4) *Proc. Roy. Soc. London*, 99, 1926, p. 340-364.

J'ai d'abord vérifié les résultats de Martinovitch sur des gonades différenciées. Le moment du prélèvement a pu être ramené au stade 12 à 13 jours, qui suit immédiatement le début de la différenciation sexuelle. La différenciation des gonades suit normalement son cours, en particulier l'ovogénèse est marquée, après 5 jours de culture, par l'entrée en maturation de presque tous les ovocytes de premier ordre.

Les gonades indifférenciées, au stade de 10 à 11 jours 1/2 (stades V à IX de Brambell) (5), ne peuvent être cultivées aisément, quand elles sont séparées des tissus avoisinants. L'intervention est trop lésante pour les jeunes bandelettes génitales. Celles-ci ont été prélevées avec les mésonephros et les conduits génitaux. L'ensemble survit et se développe sur le milieu que nous préconisons. Les résultats rapportés ici concernent exclusivement les gonades. Celles-ci effectuent leur différenciation sexuelle, mais elles évoluent en ovaires ou testicules plus ou moins stériles. Sur 31 gonades droites ou gauches, qui ont été prélevées à ces stades et qui ont évolué en culture, 13 se sont différenciées en ovaires, 18 en testicules. Les gonades gauche et droite d'un même embryon acquièrent toujours la même différenciation sexuelle.

Différenciation testiculaire. — Au stade de l'explantation, les ébauches gonadiques étaient constituées, d'après les témoins prélevés sur des embryons de la même portée, par un massif épithélial indifférencié, contenant de nombreux gonocytes en continuité avec l'épithélium de la crête génitale.

Après 4 à 6 jours de culture, les gonades mâles acquièrent la structure de testicules typiques dont les tubes convergent vers le hile. Ce sont des ampoules sinueuses très renflées, bordées par un épithélium de Sertoli, aux noyaux allongés, disposés régulièrement, normalement à la membrane basale. Dans l'axe des tubes, le protoplasme des cellules, très vacuolaire, se transforme en une large cavité. On y trouve parfois des débris de spermatogonies, ou des spermatogonies en nécrose. L'organe est bordé d'un côté par une albuginée comprenant quelques assises de tissu conjonctif. Du côté primitivement externe et dorsal, il est en contact avec le mésonéphros, dont certains tubules entrent en relation avec les tubes testiculaires et constituent le rete testis.

Différenciation ovarienne. — Les ovaires stériles diffèrent, par leur aspect général, des ovaires normaux, auxquels les ovocytes en croissance donnent leur aspect caractéristique. La nature de la différenciation ovarienne ne fait cependant aucun doute. D'autres ovaires contiennent des ovocytes en plus ou moins grand nombre et se rapprochent de la structure normale. L'aspect général de la gonade est celui d'une calotte aplatie,

(5) *Proc. Roy. Soc. London*, **101**, 1927, p. 391-409 et **102**, 1928, p. 206-221.

formée d'un massif tissulaire en continuité avec l'épithélium germinatif. Celui-ci montre, par endroits, des poussées de prolifération, sous forme de lobes séparés par des sillons du reste de la gonade. Ces formations montrent, mieux qu'un ovaire normal, la nature corticale de cette partie de la glande. Le massif cortical est constitué par des cordons pleins assez confus séparés par des traînées mésenchymateuses. Les cellules somatiques des cordons se distinguent des cellules des travées conjonctives par leur noyau arrondi à 2 ou 3 nucléoles. Les cellules conjonctives ont la forme de fuseaux contenant des noyaux allongés. Les traînées conjonctives entourent parfois des îlots grossièrement circulaires de cellules folliculeuses, contenant des ovocytes, ou les débris de leurs noyaux en pycnose.

La médullaire de la gonade est constituée par des cordons en rapport avec des tubules du mésonéphros. Ceux-ci représentent, comme dans un ovaire normal, le rete ovarii.

En résumé, les ébauches gonadiques de souris, prélevées avant le stade de la différenciation sexuelle, se différencient en ovaires ou en testicules caractéristiques, mais stériles. Elles contiennent donc en elles, au stade du prélèvement, les facteurs de leur différenciation sexuelle. Il est à noter qu'à ce stade les conditions du milieu de culture sont suffisantes pour assurer un bon développement aux tissus somatiques des gonades; mais elles paraissent néfastes à la survie et à l'évolution des cellules germinales indifférenciées. On assiste à une dissociation spontanée de la lignée germinale et de la lignée somatique, comme cela a été observé dans de nombreuses expériences (irradiation aux rayons X), démontrant la plus grande sensibilité des cellules germinales aux actions toxiques ou lésantes.

BIOLOGIE. — *Les groupes sanguins des moutons*. Note (*) de MM. **René Dujarric de la Rivière**, **Pierre Millot** et **André Eyquem**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Poursuivant nos recherches sur les groupes sanguins des ovins (1), nous avons obtenu par iso-immunisation de différents moutons, des sérums qui nous ont permis d'effectuer plusieurs expériences. Nous avons constaté, au cours d'essais d'adsorption de ces sérums, que les globules rouges provenant de divers moutons et agglutinés par un même iso-immun-sérum ne possèdent pas tous au même degré l'aptitude à adsorber les anticorps. Il a été, ainsi, possible de réunir différents animaux en « groupes d'adsorption ».

L'iso-immunisation de différents moutons à l'aide de globules rouges

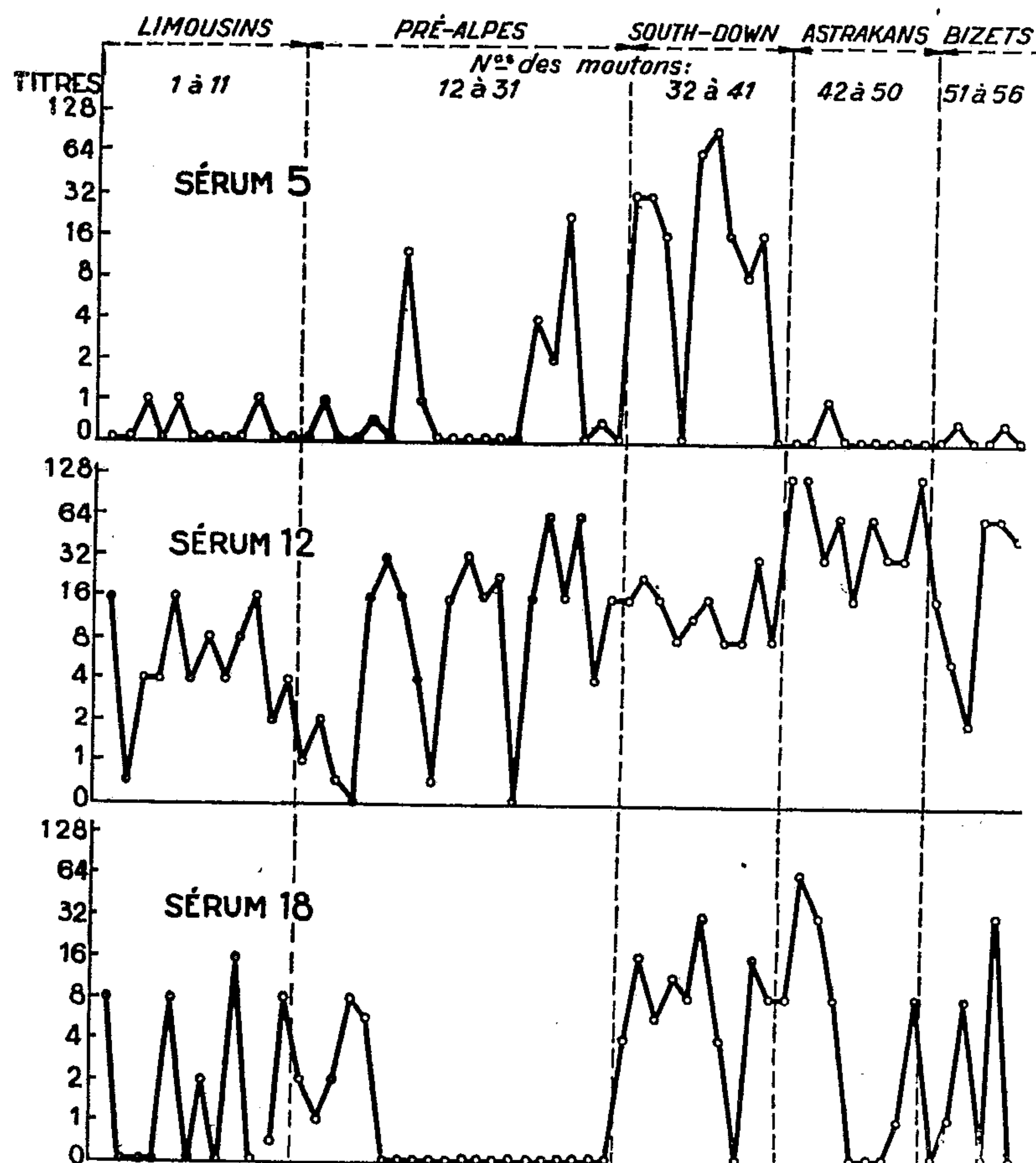
(*) Séance du 7 avril 1952.

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1448.

provenant de dix autres moutons nous a permis d'obtenir cinq sérums particulièrement intéressants :

Le sérum	5	d'un titre maximum de	1/16	est actif sur	1	des 10 moutons
»	12	»	1/128	»	8	»
»	13	»	1/32	»	3	»
»	16	»	1/32	»	1	»
»	18	»	1/16	»	3	»

Nous avons fait adsorber les anticorps 5 et 16 respectivement par les globules rouges des animaux qu'ils agglutinent.



Les essais d'adsorption de l'agglutinine du sérum 12 n'ont pas permis de la dissocier bien que nous ayons utilisé les globules rouges de différents moutons, de mouflons (mouflon de Corse, *Ovis musimon* et mouflon à manchettes, *Ammotragus lervia*) ([2]), d'hommes des groupes A, B, O, ou de chiens de divers groupes sanguins.

([2]) M. le Professeur Urbain et ses Services nous ont procuré du sang de différentes espèces de mouflons.

Un premier examen de l'action des trois sérums : 5, 12, 16 vis-à-vis des globules rouges de 42 moutons a montré que le sérum 12 agglutinait la plupart des échantillons de sang à l'exception de cinq. Le sérum 5 n'agglutinait qu'un échantillon, alors que le sérum 16 en agglutinait neuf.

Nous avons pu pousser plus loin cette étude en utilisant le sang de 57 brebis appartenant aux races Limousine (12), Préalpes (20), South-downs (10), Boukhara (9), Bizet (6) ([3]). Nous avons étudié et titré l'affinité de chaque immun-sérum vis-à-vis des globules rouges de ces différents animaux. Les courbes de titres de ces trois sérums permettent de mettre en évidence le caractère sérologique des diverses races en portant, pour un même sérum, en abscisse, les numéros des moutons rangés par race et, en ordonnée, le titre des anticorps (courbes 1, 2 et 3).

Le sérum 12 présente, vis-à-vis des 57 suspensions de sang, tous les titres compris entre 0 et 128. On remarque que deux échantillons ne sont pas agglutinés et que les taux d'agglutination sont très irréguliers pour les Préalpes et les Bizets alors qu'ils sont assez uniformes pour les South-downs. La moyenne des titres trouvés varie avec la race, les Boukhara et les Bizets présentant les titres les plus élevés.

L'étude du sérum 5 nous a permis plus particulièrement de mettre en évidence la fréquence variable d'un antigène suivant la race. Ce sérum est actif à un titre élevé sur 8 des 10 South-downs, à un faible titre sur 2 Préalpes et inactif sur tous les autres animaux. Il est donc particulièrement intéressant puisqu'il révèle un antigène existant avec une fréquence élevée chez les South-downs. Le sérum 18 inactif sur les Préalpes, agglutine à un même taux 9 des 10 South-downs et à un titre variable les Bizets et les Boukhara (Astrakan).

Nous présenterons ultérieurement les résultats obtenus dans l'étude des caractères mis en évidence par les sérums adsorbés, leur transmission héréditaire et leur répartition chez les moutons de race pure ou métissée.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Attaque phosphorylante du glucose par un extrait enzymatique de* Clostridium butyricum. Note (*) de M. **Raymond Gavard**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La synthèse de l'acide butyrique à partir des corps en C_2 a été élucidée par Stadtman et Barker ([1]), mais le mécanisme de sa formation à partir du glucose, dans ses premières étapes, demeure à l'heure actuelle obscur.

([3]) L'Institut national de la Recherche agronomique auquel l'un de nous (M. Millot) appartient nous a permis d'obtenir du sang de diverses races de moutons.

(*) Séance du 16 avril 1952.

([1]) *J. Biol. Chem.*, 180, 1949, p. 1085, 1095, 1117.

En particulier la question de la phosphorylation n'est pas résolue (²). Toutefois la découverte récente par Gunsalus (³) d'une aldolase dans un extrait de *Clostridium perfringens* serait une présomption en faveur du schéma de Embden-Meyerhof.

Avec un extrait enzymatique de *Clostridium butyricum* obtenu à partir de poudres acétoniques, j'ai observé lors de l'attaque du glucose la nécessité de la présence du phosphate, isolé deux composés phosphorylés et étudié quelques modalités de la phosphorylation.

1. *Nécessité de la présence du phosphate libre.* — Le tableau I montre l'influence du phosphate libre sur le taux de la fermentation.

TABLEAU I.

Expérience à l'appareil de Warburg : 0,2 ml d'extrait (2,8 μM de P., 9 mg de matière sèche), 100 μM de glucose, 1,5 ml de tampon véronal à pH 7,2, le phosphore est ajouté sous forme de tampon phosphate à pH 7,2, volume total 2,3 ml, atmosphère de N_2, $t = 37°$.

Quantité de phosphore ajouté (μM).......	0	0	10	20	70
Glucose (μM)..........................	0	100	100	100	100
CO_2 dégagé en 45 m (μl)................	46	215	263	357	1018

2. *Disparition du phosphate libre au cours de la glycolyse.* — L'expérience rapportée sur le tableau II montre que lors de la glycolyse il y a disparition de phosphate libre et formation de dérivés phosphorylés.

TABLEAU II.

125 ml *d'extrait enzymatique sont incubés à* 37° *en anaérobiose en présence de glucose et de phosphate* (*en* μM *par* ml).

Temps (h).	P. total.	P. libre.	P. lié.	ΔP.	Glucose.	Δ glucose.	$\frac{\Delta P}{\Delta G}$
0.........	84	68	16	–	283	–	–
1.........	86	48	38	22	244	38	0,55
2.........	84	0	84	68	152	131	0,52

3. *Isolement de dérivés phosphorylés.* — Dans une expérience longue de 8 h faite avec 170 cm³ d'extrait, au cours de laquelle le pH demeure constamment à 6,8 grâce à un dispositif automatique, il disparaît 27 g de glucose et 1,2 g de phosphore.

a. Ester de Harden et Young. — En fractionnant la solution par les méthodes de Dubois et Potter (⁴) et de Neuberg et Lustig (⁵), j'ai obtenu un dérivé

(²) L. B. PETT et A. M. WYNNE, *J. Biol. Chem.*, 97, 1932, p. 177; E. M. LERNER et M. J. PIKETT, *Arch. Biochem.*, 8, 1945, p. 183; R. W. STONE et C. H. WERKMAN, *Biochem. J.*, 31, 1937, p. 1516.

(³) *J. of Bacter.*, 59, 1950, p. 387.

(⁴) *J. Biol. Chem.*, 147, 1943, p. 41.

(⁵) *J. Amer. Chem. Soc.*, 64, 1942, p. 2722.

précipitant au baryum à pH 8,2 et dans l'alcool à 10 % à 70°, (P libre : 0, P lié : 8,25 %). A partir de ce produit le sel de strychnine du fructose-diphosphate a été préparé selon Neuberg (6). Après trois cristallisations, la microanalyse indique : trouvé %, N 5,46; P 5,86; calculé %, N 5,36; P 5,94.

b. Dans la fraction précipitant au sous-acétate de plomb, j'ai obtenu en petite quantité un dérivé différent du précédent qui n'a pas encore été identifié et qui contient : P libre : 0, P lié : 7,10 %, Ba : 32,6 %, H_2O : 6,1 %.

4. *Réactions enzymatiques.* — Au spectrophotomètre on obtient la réduction du diphosphopyridine-nucléotide par l'extrait en présence de glucose et d'hexose diphosphate, et à l'appareil de Warburg l'attaque de l'acide 3 phosphoglycérique, de l'acide phosphopyruvique et de l'acide pyruvique selon la réaction de Koepsell et Johnson (7). L'action du fluorure et de l'acide monoiodacétique est identique à celle exercée sur le suc de Lebedew.

Conclusion. — La nécessité du phosphore lors de l'attaque du glucose, l'isolement de l'ester de Harden et Young et l'étude de certaines réactions enzymatiques typiques, démontrent l'existence d'une glycolyse phosphorylante réalisée par l'extrait de *Clostridium butyricum* et rattachent en de nombreux points cette glycolyse au schéma de Embden-Meyerhof.

MICROBIOLOGIE. — *Persistance, à l'état potentiel, de la capacité d'élaborer l'antigène Vi chez le bacille typhique cultivé en série à basse température.* Note de MM. **André Jude** et **Pierre Nicolle**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les souches *Vi*+ de *Salmonella typhi* cultivées à 18° ne manifestent aucun des caractères *Vi* qui sont présents lorsqu'elles sont incubées à 37° : irisation, agglutinabilité *Vi*, inagglutinabilité O, aptitude à absorber les agglutinines *Vi*, sensibilité aux bactériophages *Vi*. Cependant leur capacité d'élaborer l'antigène *Vi* se maintient intégralement à l'état potentiel, même après un grand nombre de repiquages à 18°.

Les caractères sérologiques traduisant la présence de l'antigène *Vi* (agglutinabilité par un sérum anti-*Vi*, capacité d'absorber les agglutinines *Vi* d'un sérum anti-*Vi*) apparaissent, d'après Felix, Bhatnagar et Pitt (1), chez les bacilles typhiques de forme *Vi* qui sont cultivés entre 22 et 42° C. Ils font défaut si la température d'incubation est inférieure à 20° ou supérieure à 45°. Après un seul repiquage à 37°, ils se manifestent à nouveau.

La température optimum pour l'obtention de cultures sérologiquement *Vi*-positives se situerait aux environs de 22° (Trizzino) (2).

(6) *Biochem. Zeitsch.*, 131, 1922, p. 188.
(7) *J. Biol. Chem.*, 145, 1942, p. 379.

(1) *Brit. J. exp. Path.*, 15, 1934, p. 346.
(2) *Riv. Ist. Sieroter, Ital.*, Sect. II, 24, 1949, p. 221.

Les résultats de nos expériences nous permettent de préciser ces notions.

1. *Caractères Vi des cultures de S. typhi incubées à 37°.* — A cette température, les bacilles typhiques de forme *Vi* fournissent des cultures et des colonies qui prennent une irisation particulière lorsqu'on les examine par transillumination oblique [Nicolle, Jude et Le Minor (3), Landy (4) Ces cultures donnent l'agglutination *Vi*, mais non l'agglutination O. Elles absorbent les agglutinines *Vi* d'un sérum anti-*Vi*. Elles sont lysées, sans formation de culture secondaire en couche continue, par les bactériophages *Vi* spécifiques de leur type (lysotypie). Elles sont lysées également par certains phages anti-O.

2. *Absence des caractères Vi chez les cultures formées à 18°.* — Les repiquages à 18° des bacilles entraînés à se développer à cette température fournissent des cultures dépourvues de l'irisation caractéristique; elles sont inagglutinables par un sérum anti-*Vi*, agglutinables par un sérum anti-O, incapables d'absorber les agglutinines *Vi* d'un sérum anti-*Vi* et réfractaires aux bactériophages *Vi*. Ces cultures restent toutefois aussi sensibles aux bactériophages anti-O que les cultures développées à 37°.

Au-dessus de 20°, les caractères *Vi* des cultures commencent à se manifester. Ils augmentent d'intensité à mesure que la température d'incubation s'élève.

3. *Atténuation des caractères Vi chez les cultures incubées à 41°,5.* — Mais au delà de 37°, ils diminuent d'intensité. C'est ainsi que les cultures incubées à 41°,5 sont très peu irisées. Elles sont moins agglutinées par un sérum anti-*Vi*, agglutinées davantage au contraire par un sérum anti-O. Elles absorbent faiblement les agglutinines *Vi* d'un sérum anti-*Vi*. Enfin elles sont encore sensibles aux bactériophages *Vi*; mais la lyse est partiellement masquée par une culture secondaire continue (lyse voilée). Bref, elles se comportent comme des cultures de forme *Vi* ±.

4. *Réapparition intégrale des caractères Vi dès le premier repiquage à 37°.* — Les cultures *Vi*-négatives obtenues à 18° récupèrent tous leurs caracteres *Vi* dès le premier transfert à 37°. Ce retour à la forme *Vi* + s'effectue intégralement même après un grand nombre de repiquages à 18°. C'est ainsi que la souche *Vi* + J. 949, du type C de Craigie et Felix, qui, ensemencée quotidiennement pendant deux mois à 18°, s'était toujours maintenue *Vi*-négative, a retrouvé tous les caractères *Vi* par une seule incubation à 37°.

5. *Transformation de colonies Vi —, déjà développées, en colonies Vi +.* — Les colonies ternes, *Vi*-négatives, qui prennent naissance sur gélose en 48 h à 18°, acquièrent en 4 h de séjour à 37° une vive irisation, en même temps qu'elles présentent tous les autres caractères *Vi* : agglutinabilité par un

(3) *Ann. Inst. Pasteur*, 78, 1950, p. 572.

(4) *Publ. Hlth. Rep.*, 65, 1950, p. 950.

sérum anti-*Vi*, pouvoir d'absorption des agglutinines *Vi* et sensibilité aux phages *Vi*.

De même, les cultures *Vi* ± obtenues à 41°,5 redeviennent *Vi* + après un seul repiquage à 37°.

6. *Conclusions.* — La présence de l'antigène *Vi* chez *S. typhi* se traduit par des propriétés sérologiques (agglutination et absorption des anticorps), biologiques (sensibilité aux bactériophages spécifiques de l'antigène *Vi*) et physiques (irisation des colonies et des cultures en nappe continue). Ces caractères font défaut lorsque les cultures des bacilles typhiques se développent à 18°. L'absence de l'antigène *Vi* n'est pas la conséquence de la sélection, par l'agent physique, d'une variante définitivement *Vi* négative, mais d'une suspension momentanée de l'élaboration de ce facteur antigénique. Cette inhibition est entièrement réversible.

Il apparaît d'après nos résultats que l'optimum thermique pour l'élaboration de l'antigène *Vi* se situe autour de 37°.

Il est important de souligner que *S. typhi* ne possède son équipement antigénique complet qu'au voisinage de 37°, température de l'Homme, son hôte unique.

A 15 h 35 m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

Sur la proposition du Comité national de Géographie, transmise à l'Académie par M. **Emmanuel de Martonne**, la délégation française à l'Assemblée générale de l'**Union Internationale de Géographie** qui se tiendra à Washington, du 8 au 15 août 1952, est ainsi composée :

au titre de l'Académie : MM. **Auguste Chevalier**, **Georges Poivilliers**;

au titre du Comité national français de Géographie : MM. **Robert Perret**, **Maximilien Sorre**, **André Cholley**, **Jean Dresch**, **Georges Chabot**, **Pierre George**, **Aimé Perpillou**, **Charles Robequain**, **Pierre Birot**, **Daniel Faucher**, **Henri Enjalbert**, Mme **Jean Beaujeu**, MM. **Henri Gaussen**, **Jean Robert**, **André Libault**, Mlle **Myriem Foncin**;

au titre de l'Institut géographique national : MM. **Louis Hurault**, **Marcel Barrère**, **François Le Méhauté**, **Maurice Horlaville**, **Jacques Maugenest**, **Marcel Huguenin**.

La séance est levée à 15 h 45 m.

R. C.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 AVRIL 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** adresse ampliation du décret, en date du 8 avril 1952, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **René Garnier**, pour occuper, dans la Section de Géométrie, la place vacante par le décès de M. *Élie Cartan*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **René Garnier** prend place parmi ses Confrères.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Kinjiro Kunugui**, Professeur de mathématiques à l'Université d'Osaka, et **Cyrias Ouellet**, Professeur de chimie physique à l'Université Laval, à Québec, qui assistent à la séance.

CHIMIE DES COMPLEXES. — *Action de la lumière sur le trichlorure d'iridium tripyridiné-*1.2.6 *en divers solvants*. Note de M. **Marcel Delépine**.

En utilisant d'autres solvants chlorés que le chloroforme, on observe également la décomposition photochimique du trichlorure d'iridium tripyridiné-1.2.6; le chloroforme n'est donc pas la cause nécessaire du phénomène. Comme celui-ci a lieu aussi dans l'acétone, on démontre, en plus, que le chlore des solvants n'intervient que pour des effets secondaires et que l'effet primordial est bien le départ d'une molécule de pyridine.

Les expériences relatées dans deux précédentes Notes [1] ont été effectuées uniquement avec des solutions chloroformiques de trichlorure d'iridium tripyridiné-1.2.6. Accessoirement, il a été vérifié que l'exposition aux radiations d'un arc électrique provoque une décomposition visible en moins

---

[1] M. Delépine, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1156 et 1533.

d'une demi-heure. On pouvait se demander si les effets photochimiques observés étaient sous la dépendance exclusive du chloroforme. J'ai donc employé d'autres solvants chlorés, savoir :

le chlorure de méthylène ou dichlorométhane CH_2Cl_2;

le chlorure d'éthylène ou dichloro-1.2 éthane $ClCH_2.CH_2Cl$;

le chlorure d'éthylidène ou dichloro-1.1 éthane $CH_3.CHCl_2$;

le tétrachlorure d'acétylène ou tétrachloro-1.1.2.2.éthane $Cl_2CH.CHCl_2$;

le dichloracétate d'éthyle $Cl_2CH.CO_2C_2H_5$;

le chlorure de benzyle $C_6H_5.CH_2Cl$.

Tous ces solvants contiennent de l'hydrogène sur les carbones chlorés et, au même titre que le chloroforme, pourraient libérer de l'acide chlorhydrique susceptible d'être considéré comme un des facteurs de la réaction. C'est pourquoi j'avais aussi songé à des substances telles que le tétrachlorure de carbone CCl_4, le chlorure de butyle tertiaire $(CH_3)_3CCl$, le benzène chloré C_6H_5Cl, mais les pouvoirs dissolvants de ces substances sont si faibles qu'elles ne furent pas utilisées (de même pour le sulfure de carbone); elles précipitent même les solutions saturées des premiers solvants.

Les solutions dans les six composés chlorés énumérés plus haut ont donné lieu à des décompositions sous l'influence de la lumière, alors que conservées à l'obscurité depuis six mois elles ne sont pas altérées. Pour quelques composés, on a pu noter, comme pour le chloroforme, des combinaisons moléculaires avec le solvant, et même une double solubilité; il est possible que cette propriété soit assez générale. C'est en tout cas une propriété secondaire plutôt gênante; son seul mérite est qu'on puisse la considérer comme prémonitrice de combinaisons non moins gênantes avec le monomère $IrPy_2Cl_3$.

Chlorure de méthylène [solubilité 3,4 % (environ à la température ordinaire)]. — Il a été fait deux expériences avec des solution à 1/35, l'une avec une petite quantité d'eau, l'autre, sans eau. En raison du peu de soleil il a fallu une exposition assez longue (du 26 octobre au 7 novembre 1951).

Pour prouver qu'il y avait de la pyridine libre, j'ai mis à profit l'emploi de l'acide dipyridinotétrachlorhydrique $[IrPy_2Cl_4]H, 2OH_2$ décrit autrefois par moi-même ([2]). Comme cet acide se dissout aisément dans l'alcool absolu, on en fait une solution à 1/5; celle-ci, ajoutée à la solution chlorométhylénique insolée privée de son précipité a donné avec la pyridine présente le sel de pyridine $[IrPy_2Cl_4]PyH$, très peu soluble dans le milieu ([3]); elle ne donne rien avec la solution avant ensoleillement.

Les résultats ont rappelé tout à fait ceux obtenus en milieu chloroformique.

([2]) *Recueil des Trav. Chim. Pays-Bas*, 59, 1940, p. 486.

([3]) Avec des solutions de 0,05 g de pyridine en 50 cm³ de chloroforme, d'alcool absolu ou d'acétone, additionnées de 2 cm³ d'une solution alcoolique d'acide à 1/5, on récolte la quantité théorique de sel à quelques centièmes près.

Avec le chlorure de méthylène humide, peu de polymère (3 %), de l'aquo, du dipyridinotétrachlorure de pyridine et de la pyridine libre; avec le produit sec, davantage de polymère (7 %), à peine d'aquo, notablement de sel de pyridine et pyridine libre.

Chlorure d'éthylène (solubilité 1 % environ à température ordinaire). — La lente évaporation de la solution d'une solution (à l'obscurité) a permis d'observer la formation de cristaux brillants s'effleurissant à l'air, de formule $IrPy_3Cl_3, 2C_2H_4Cl_2$.

En huit jours d'exposition à la lumière (en décembre 1951) une solution de 3 g de $IrPy_3Cl_3$ en 300 g de chlorure d'éthylène avait déposé 3 g de cristaux, tandis que le liquide surnageant évaporé ne contenait plus que 0,06 g de matière. Le liquide a laissé précipiter par l'acide $IrPy_2Cl_4H$ une quantité de pyridine libre atteignant 0,09 g de substance primitive (c'est évidemment un minimum). Le dépôt était un mélange d'aquo et de sel de pyridine solubles dans l'ammoniaque accompagnés d'un insoluble abondant, près de 40 %. Celui-ci, de couleur rouge, n'était pas le polymère habituel, car, bien que ne changeant pas de poids à 100°, il ne contenait que 36,3 % d'Ir, alors que $(IrPy_2Cl_3)_n$ en exige 42,2 %. En fait, on y trouve un rapport at. Cl/at. Ir supérieur à 3, ce qui indique que le polymère est mélangé de sa combinaison avec le chlorure d'éthylène ($IrPy_2Cl_3, C_2H_4Cl_2$ contiendrait 34,7 % d'Ir). On retrouve ces déficiences d'iridium avec d'autres solvants et, même avec le chloroforme, on a souvent des teneurs légèrement inférieures à 42,2 %. Ces complications, fâcheuses pour l'analyse, n'enlèvent heureusement rien au sens général de la réaction.

Chlorure d'éthylidène (solubilité faible, 0,19 %). — Après trois semaines de séjour à la lumière (bien faible du 20 octobre au 14 novembre 1951) une solution de 0,18 g de $IrPy_3Cl_3$ en 120 g de solvant a fourni 0,12 g d'un insoluble rouge brique contenant Ir % 35,5, à peu près la composition de $IrPy_2Cl_3, C_2H_4Cl_2$.

Tétrachlorure d'acétylène. — Ce corps présente nettement la particularité de se combiner au dérivé iridié en offrant deux solubilités. On dissout aisément 1 g de complexe dans 8 g de tétrachlorure, mais la solution cristallise très rapidement en déposant de longs prismes orangés à quatre pans, terminés par un dôme. Pour avoir une solution ne cristallisant pas, il faut atteindre 20 parties de solvant. La combinaison moléculaire cristallisée répond à la formule $IrPy_3Cl_3, C_2H_2Cl_4$: elle perd $1/2\ C_2H_2Cl_4$ peu à peu à l'air, ou rapidement à 100°; la seconde demi-molécule ne part qu'à 150°. Pertes observées % : à l'air, 12,1 ; à 100°, 11,3 ; à 150°, 24,2 et 23,4 ; calculé pour la molécule entière, 23,8.

La solution insolée du 26 octobre au 15 novembre 1951 (à peine de soleil) a fourni un dépôt se dissolvant fort peu dans l'ammoniaque étendue, ne contenant donc que peu d'aquo et de sel de pyridine, tandis que le liquide

surnageant se montre riche en pyridine libre. L'insoluble n'est pas le polymère $(IrPy_2Cl_3)_n$ pur; il ne contient que 33,3 % d'Ir; chauffé à 100°, puis à 150° et enfin à 200°, il perd du tétrachlorure d'acétylène et aboutit à une teneur en Ir de 40,5 % (au lieu de 42,2 pour $IrPy_2Cl_3$). Le sens général est, en somme, une formation abondante de $IrPy_2Cl_3$ auquel se soude fortement le tétrachlorure, avec présence concomitante abondante de pyridine libre.

Dichloracétate d'éthyle et chlorure de benzyle. — Les solubilités sont faibles, de l'ordre du millième. On s'est contenté de vérifier que les solutions s'altéraient à la lumière.

Cas de l'acétone. — Comme toutes les substances utilisées jusqu'ici étaient chlorées, on pouvait toujours supposer que leur sensibilité photochimique entrait en jeu pour déclencher les réactions relatées. C'est pourquoi je me suis adressé à une solution acétonique; on peut dissoudre plus de 1 g de $IrPy_3Cl_3$ dans 500 g d'acétone.

La solution exposée à la lumière pendant 18 jours (du 6 au 24 novembre 1951) a déposé de longs prismes rouges à quatre pans coupés rectangulairement, ne se dissolvant que très lentement dans l'eau bouillante, plus vite dans l'ammoniaque et encore mieux dans les alcalis fixes. C'est une combinaison de formule $IrPy_2Cl_3.C_3H_6O$, ne changeant pas de poids à 100°; l'acétone a été dosée iodométriquement dans le produit de distillation d'une solution de 0,20 g en 50 cm³ d'eau additionnée de quelques gouttes de soude.

Trouvé % : Ir 37,4; Cl 20,1; acétone 10,87. Calculé % : Ir 37,4; Cl 20,6; acétone 11,20. Ajoutons que l'acide dipyridinotétrachlorhydrique précipite abondamment la solution acétonique insolée.

Une solution dans la méthyléthylcétone s'est également décomposée avec production de pyridine, mais il ne se sépare pas de cristaux, la combinaison étant sans doute soluble à la dilution utilisée (0,3 %). En laissant évaporer le liquide qui, de jaune d'or était devenu rouge, on récolte une poudre rouge qui contient 34,3 % d'Ir. On n'a pas été plus loin.

L'expérience avec l'acétone prouve d'une façon irréfragable que l'action photochimique de la lumière sur diverses solutions de $IrPy_3Cl_3$-1.2.6 consiste en l'expulsion de la molécule de pyridine située en 2. Le radical $IrPy_2Cl_3$ qui en résulte subit ensuite un sort qui dépend du milieu, qu'il soit sensible ou non à la lumière.

IMMUNOLOGIE. — *Sur la production simultanée, chez le Lapin, des antitoxines staphylococciques α et β.* Note de MM. **Gaston Ramon**, **Rémy Richou**, **Jean-Pierre Thiéry** et **Claude Gerbeaux**.

Poursuivant des recherches, entreprises dès 1935, sur les toxines, les anatoxines et les antitoxines staphylococciques, nous avons étudié, chez le Lapin, la production simultanée des antitoxines staphylococciques α et β.

Deux anatoxines furent utilisées : l'anatoxine n° 50, obtenue par addition de 6 °/₀₀ de formol (30 jours à 40°) à une toxine staphylococcique produite sur le milieu à base de digestion papaïnique de viande de cheval ([1]), en atmosphère d'air et de CO_2, au moyen de la souche Le « 43 » productrice des toxines α et β et isolée chez une vache atteinte de mammite; l'anatoxine n° 52, préparée dans les mêmes conditions, au moyen de la souche Pradelle, isolée des selles d'un nourrisson et élaborant à la fois l'antigène α et l'antigène β.

L'anatoxine n° 50 titrait, par centimètre cube, 8 unités antigènes et l'anatoxine n° 52, 10 unités. Ces deux anatoxines titraient, l'une et l'autre, 6 unités antigènes.

Douze lapins, répartis en deux groupes, et dont le sérum ne renfermait aucune trace des antitoxines α et β, « naturellement acquises » reçurent, à cinq jours d'intervalle, 1, 2 et 4 cm^3 de l'une ou de l'autre de ces deux anatoxines. Tous les animaux furent saignés 7 jours après la dernière injection et les antitoxines α et β furent titrées, par la méthode hémolytique, dans chaque sérum séparément et dans le mélange des sérums de chaque groupe d'animaux.

Le tableau ci-dessous rend compte des résultats obtenus :

		Titre (en unités antitoxiques internationales)	
Antigène injecté.	N° de l'animal.	Antitoxine α.	Antitoxine β.
Anatoxine staphylococcique n° 50.	17	+ 5 — 7	+ 3 — 5
	21	+ 3 — 5	+ 5 — 7
	24	+ 5 — 7	+ 10 — 15
	37	+ 10 — 15	+ 2 — 3
	39	+ 7 — 10	+ 5 — 7
	33	+ 10 — 15	+ 7 — 10
	Mélange	+ 7 — 10	+ 5 — 7
Anatoxine staphylococcique n° 52.	92	+ 20 — 30	+ 10 — 15
	94	+ 20 — 30	+ 15 — 20
	96	+ 10 — 15	+ 2 — 3
	98	+ 20 — 30	+ 1 — 2
	54	+ 2 — 3	+ 10 — 15
	Mélange	+ 15 — 20	+ 7 — 10

Les injections d'anatoxine staphylococcique mixte α et β entraînent chez le Lapin, l'apparition et le développement des antitoxines correspondantes à un taux relativement élevé : en moyenne 8,5 unités α et 6 unités β, pour l'anatoxine n° 50; 17,5 unités α et 8,5 unités β, pour l'anatoxine n° 52 dont le pouvoir antigène était plus élevé.

---

(1) Le milieu à base de digestion papaïnique de viande de cheval, mis au point par l'un de nous (G. Ramon, J. Pochon et G. Amoureux, *C. R. Soc. Biol.*, 135 1941, p. 1502), convient particulièrement bien à la production concomitante des toxines staphylococciques α et β.

Confirmant ceux que nous avons obtenus récemment, chez les Bovidés (²), ces résultats font apparaître la possibilité de préparer, avec une seule souche de staphylocoque, une anatoxine staphylococcique renfermant à la fois l'antigène α et l'antigène β, et capable de réaliser simultanément et dans les meilleures conditions la vaccination contre les toxines α et β du staphylocoque. Ce fait apparaît d'un grand intérêt pratique pour le traitement par l'anatoxine des divers staphylococcies de l'Homme et surtout des animaux domestiques. Il montre, en particulier, l'inutilité chez ces derniers, de l'utilisation d'une anatoxine staphylococcique purifiée, qui ne donne pas de meilleurs résultats immunologiques que l'anatoxine brute, et dont le prix élevé nuit à l'application de la méthode sur une grande échelle.

M. **Henri Humbert** présente à l'Académie deux nouveaux fascicules, rédigés par M. **Henri Perrier de La Bâthie**, de la « *Flore de Madagascar et des Comores* (*Plantes vasculaires*) » publiée sous sa direction, relatifs aux familles suivantes : *Podostémonacées* (88ᵉ famille de l'index de la Flore); *Hydrostachyacées* (89ᵉ famille); *Oléacées* (166ᵉ famille).

Les Ouvrages suivants sont présentés :

par M. **Auguste Chevalier** : *Arbres, Arbustes et Fleurs de pleine terre*, par Paul Fournier. *Texte*, tomes I et II. *Atlas*.

par M. **Henri Humbert** : *Le Manioc à Madagascar*, par Gilbert Cours, *in Mémoires de l'Institut scientifique de Madagascar*.

CORRESPONDANCE.

M. **Pierre Brocq** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de médecine et chirurgie, par le décès de M. *Henri Hartmann*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Guillermo Mann F. *Esquema ecologico de Selva, Sabana y Cordillera en Bolivia*.

(²) G. Ramon, R. Richou, Cl. Gerbeaux, J. Jacquet et P. Julienne, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 28.

2° Université de Grenoble. *Cérémonies du Cinquantenaire de l'Institut polytechnique de Grenoble*, 8-13 juillet 1950.

3° *Jean-François Clouet, Chimiste ardennais. Sa vie, son Œuvre*, par René Taton, in *Présence ardennaise*, Cahier n° 10.

CALCUL FONCTIONNEL. — *Sur la clôture faible des ensembles convexes dans l'espace réel linéaire où aucune topologie n'est admise.* Note de M. **Otton Martin Nikodým**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Dans l'espace linéaire réel abstrait L (sans topologie) l'opération lin E, qui appliquée à un ensemble convexe E donne tous les points de L qui sont rectilinéairement accessibles par des points de E, est itérée transfiniment. Pour tout $\alpha < \Omega$ on construit un exemple E tel que $\text{lin}^{\alpha+1} E \neq \text{lin}^{\alpha} E$.

Selon M. V. L. Klee Jr. [1] lin E est définie comme l'ensemble de tous les points x de l'espace L. pour lesquels il existe $y \in E$ tel que le segment droit semi-ouvert $\langle y, x) \subseteq E$. M. Klee a aussi construit un ensemble convexe A pour lequel $\lim^2 A \neq \lim A$. Nous allons examiner les itérations transfinies de l'opération « lim » (*clôture faible*). Si $\alpha - 1$ existe, posons $\text{lin}^{\alpha} E = \text{lin}\, \text{lin}^{\alpha-1} E$; si α est un nombre ordinal limite, posons $\text{lin}^{\alpha} E = \bigcup \text{lin}^{\beta} E$, $(1 \leqq \beta < \alpha)$; $\text{lin}^1 E = \text{lin}\, E$.

Théorème. — *Si L a une infinité de dimensions et si $1 \leqq \alpha < \Omega$, il existe un sous-ensemble convexe $R'(\alpha)$ de L, tel que* $\text{lin}^{\alpha+1} R'(\alpha) \neq \text{lin}^{\alpha} R'(\alpha)$.

En voici la construction. Soit $\mathfrak{H}$ l'espace réel de Hilbert, infini, séparable et complet. Par un *flat* nous entendons une translation d'un sous-espace fermé. Deux flats sont dits *orthogonaux*, si les sous-espaces y correspondant sont ainsi. Par un *corps* dans le flat M nous entendons un sous-ensemble convexe de M possédant des points intérieurs dans la topologie de $\mathfrak{H}$ restreinte à M. Nous allons définir, par récurrence, les ensembles $D(\alpha)$, appelés *dendrons*. Par un o-*dendron dans le flat M, issu du point a, associé au cône C et, ayant l'axe l* nous entendons un corps $D(0)$ dans M où $D(0) \subseteq C$, $a \in M \cap \bar{D}(0)$, $\bar{C} \subseteq M$ et, où C est un cône droit hypersphérique ouvert et borné dont l est l'axe de rotation et a le sommet. Supposons qu'on ait défini les β-dendrons où $\beta < \alpha$ et où $\alpha \geqq 1$ est donné; définissons un α-*dendron dans le flat M, issu du point $a \in M$, associé au cône ouvert C* (c'est un corps dans M) *et ayant l'axe l* (l est l'axe de rotation de C et a son sommet) que voici. Choisissons une suite infinie $a_1 > a_2 > \ldots > a_n > \ldots$ de points de $l \cap C$ et tendant vers a. Soient M_n des sous-flats de M, orthogonaux deux à deux et orthogonaux à la droite de l.

Soit $\alpha_1 \leqq \alpha_2 \leqq \ldots$ une suite infinie de nombres ordinaux $\geqq 0$ et telle que α est le plus petit nom. ord. plus grand que chaque α_n. Soit C_n un cône ouvert

---

[1] *Convex sets in linear spaces* (*Duke Math. J.*, 1951, p. 443-466).

et un corps dans M_n, ayant le sommet a_n et tel que $\bar{C}_n \subseteq C$. Soit l_n l'axe de rotation de C_n. Choisissons un α_n-dendron $D(\alpha_n;\, n)$ dans le flat M_n, issu de a_n, associé au cône C_n et ayant l'axe l_n. Chaque ensemble $\bigcup_n D(\alpha_n;\, n)$, $(n = 1, 2, \ldots)$ construit ainsi est un α-dendron, $D(\alpha)$.

$D(\alpha)$ est l'union d'une infinité dénombrable (si $\alpha \geqq 1$) de corps connexes qui s'appellent ses *feuilles;* elles sont désignées par des symboles $A(\alpha \mid I)$ où I est une suite finie de nombre naturels (qui même peut être vide) : lorsque $A(\alpha_n \mid I;\, n)$ est une feuille de $D(\alpha_n;\, n)$, elle est désignée par $A(\alpha \mid I,\, n)$ et le cône y correspondant par $C(\alpha_n \mid I,\, n)$. Une feuille $A(\alpha \mid I,\, i)$ s'appelle *isolée*, s'il n'existe, dans $D(\alpha)$, qu'un nombre fini de feuilles $A(\alpha \mid I, i_1)$, $A(\alpha \mid I, i_2), \ldots$. Appelons « *protection* » d'une telle feuille, Prot $A(\alpha \mid I,\, i)$, le cône fermé $\bar{C}(\alpha \mid I,\, i)$. Si la famille n'est pas isolée, posons Prot $A(\alpha \mid I,\, i) = C(\alpha \mid I)$. Par le 1-*protection* de $D(\alpha)$ nous entendons l'ensemble

$$\mathrm{Prot}^1 D(\alpha) = \bigcup_I \mathrm{Prot} A(\alpha \mid I),$$

où l'union est étendue à toutes les feuilles de $D(\alpha)$. Si $\beta - 1$ existe $(\beta \geqq 2)$ posons $\mathrm{Prot}^\beta D(\alpha) = \mathrm{Prot}^1 \mathrm{Prot}^{\beta-1} D(\alpha)$ et, si β est un nombre ordinal limite, posons $\mathrm{Prot}^\beta D(\alpha) = \bigcup_\gamma \mathrm{Prot}^\gamma D(\alpha)$, $(1 \leqq \gamma < \beta)$.

On démontre que $\mathrm{Prot}^\beta D(\alpha)$ est un dendron. Pour chaque $\alpha < \Omega$ il existe un α-dendron $R(\alpha)$ dont toutes les feuilles sont des corps ouverts et qui, lui-même, et chacune de ses β-protections n'a qu'au plus un nombre fini de feuilles isolées. Soit $R'(\alpha)$ le plus petit ensemble convexe contenant $R(\alpha)$. On démontre que $\mathrm{lin}^{\alpha+1} R'(\alpha) \neq \mathrm{lin}^\alpha R'(\alpha)$.

Étant donné un espace linéaire abstrait L dont la base de Hamel $(e_1, e_2, \ldots)$ est énumérable, définissons le produit scalaire de deux vecteurs $x = \Sigma_i e_i \lambda_i$, $y = \Sigma_i e_i \mu_i$ par la somme (nécessairement finie), $(x, y) = \Sigma_i \lambda_i \mu_i$ et complétons l'espace métrique ainsi obtenu. Par ce moyen [2] de « hilbertisation » de L on obtient le théorème proposé.

ANALYSE HARMONIQUE. — *Méthode graphique applicable à l'analyse harmonique et au calcul symbolique.* Note (*) de M. **Gaston Laville**, présentée par M. Eugène Darmois.

L'harmonique de rang n d'une fonction périodique

$$f(\theta) = \mathrm{A}_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (\mathrm{A}_n \cos n\theta + \mathrm{B}_n \sin n\theta)$$

---

[2] William D. Berg et Otton M. Nikodým, *A study of convex sets*, I, II (à paraître dans le *Duke Math. J.*).

(*) Séance du 21 avril 1952.

définie par une courbe d'équation cartésienne $y=f(\theta)$ est donné par la formule

$$\pi(A_n+iB_n)=\int_0^{2\pi} f(\theta)\, e^{in\theta}\, d\theta$$

qui se prête aisément à un calcul graphique.

Le fondamental, en particulier, peut se mettre sous la forme

$$\pi(A_1+iB_1)=\mathfrak{Z}(2\pi)-\mathfrak{Z}(0),$$

en désignant par $\mathfrak{Z}(\theta)$ la fonction complexe $\int_\alpha^\theta f(\theta)e^{i\theta}\,d\theta$.

Le point représentatif de $\mathfrak{Z}$ décrit une courbe $(\mathfrak{Z})$ dont la tangente fait avec l'axe réel l'angle θ et dont le rayon de courbure est égal à l'ordonnée $y=f(\theta)$ de la courbe à analyser.

On pourrait donc tracer approximativement cette courbe par petits éléments d'arcs de cercles se raccordant entre eux. La corde qui joint le point initial et le point final représente la quantité complexe $\pi(A_1+iB_1)$ cherchée.

Cette méthode qui exigerait le tracé de la courbe $(\mathfrak{Z})$ peut être remplacée par le procédé suivant :

La courbe $y=f(\theta)$ peut être découpée en arcs continus dont la courbure conserve le même signe ou présente tout au plus une inflexion. Chacun de ces arcs est assimilable à un arc de courbe du troisième degré en θ auquel correspond un arc de courbe $(\mathfrak{Z})$ dont le point initial et le point final s'obtiennent sans tracer la courbe intermédiaire.

Posant, en effet

$$y=\frac{a}{6}\theta^3+\frac{b}{2}\theta^2+c\theta+d,$$

cette expression représente le rayon de courbure d'une développante d'ordre 3 d'un cercle de rayon a, les constantes b, c, d mesurant respectivement les rayons de courbure pour $\theta=0$ des développantes d'ordre 1, 2 et 3.

Considérant un arc partiel M_0M_3 de la courbe $y=f(\theta)$ compris entre les angles θ_0 et $\theta_1=\theta_0+3\varphi$ (*fig.* 1), on calcule facilement les constantes a, b, c, d au moyen des quatre ordonnées y_0, y_1, y_2, y_3 des points d'abscisses θ_0, $\theta_0+\varphi$, $\theta_0+2\varphi$, θ_1 à l'aide des formules

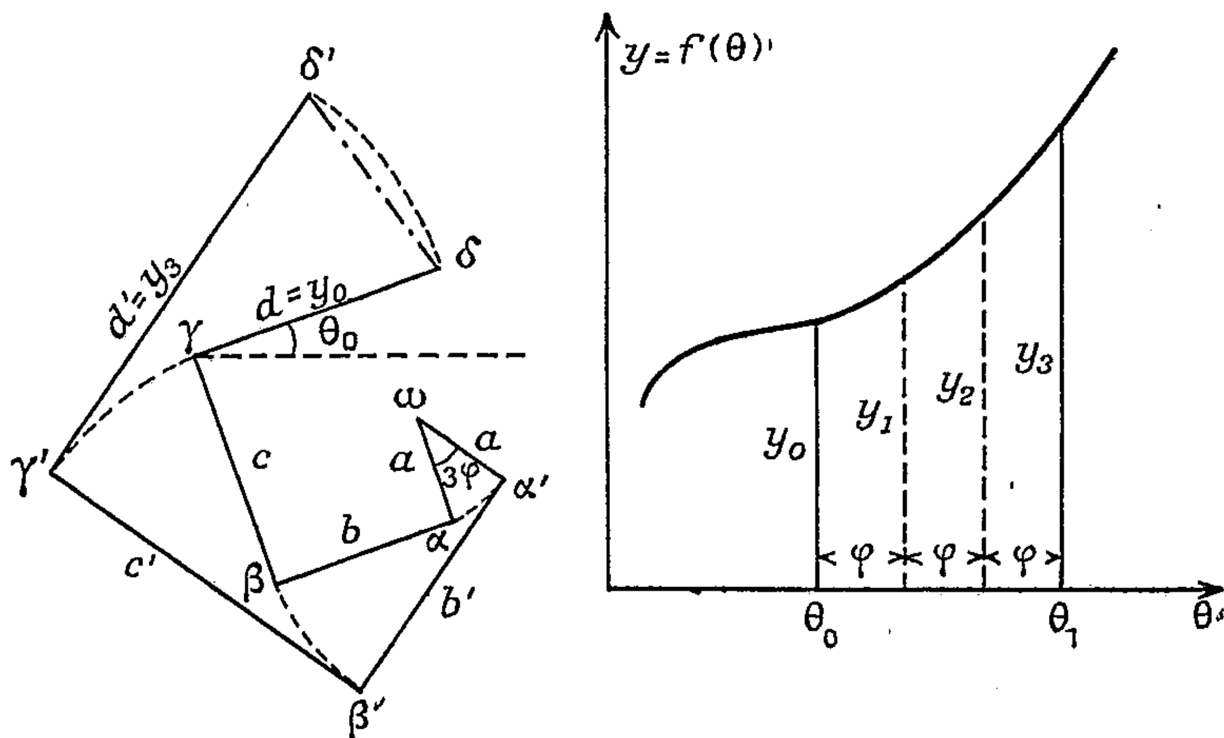
$$\begin{aligned}
a\varphi^3 &= -y_0+3y_1-3y_2+y_3,\\
b\varphi^2 &= 2y_0-5y_1+4y_2-y_3,\\
c\varphi &= -\frac{11y_0}{6}+3y_1-\frac{3y_2}{2}+\frac{y_3}{3},\\
d &= y_0.
\end{aligned}$$

Partant du point δ représentatif de $\mathfrak{Z}(\theta_0)$, on construit l'orthogone $\delta\gamma\beta\alpha\omega$ de côtés respectifs d, c, b, a, le côté d faisant avec l'axe réel l'angle θ_0. On décrit

ensuite l'arc de cercle $\alpha\alpha'$ de rayon a, de centre ω et d'angle 3φ, ce qui détermine un deuxième orthogone $\omega\alpha'\beta'\gamma'\delta'$ dont les sommets sont des points des développantes successives du cercle. Ses côtés se calculent par les formules

$$b' = 3a\varphi + b, \qquad c' = \frac{9a\varphi^2}{2} + 3b\varphi + c, \qquad d' = y_3.$$

Le point δ' représente $\mathfrak{Z}(\theta_1)$. Il servira de point de départ à l'orthogone de l'arc suivant de la courbe $y = f(\theta)$. En opérant ainsi, on arrive à un dernier orthogone dont le dernier point δ' joint au premier de l'orthogone initial définit $\mathfrak{Z}(2\pi) - \mathfrak{Z}(0)$, c'est-à-dire $\pi(A_1 + iB_1)$.



Les calculs effectués pour le fondamental servent pour les harmoniques, pourvu que l'on conserve le même fractionnement de la courbe $y = f(\theta)$ en arcs partiels.

Les orthogones relatifs à l'harmonique de rang n se déduisent de ceux du fondamental, en conservant les rayons d et d', divisant par n les rayons c et c', par n^2 les rayons b et b' et par n^3 les rayons a. La rotation 3φ est multipliée par n. On obtient alors la quantité $n\pi(A_n + iB_n)$. L'épure portant sur des longueurs d, d' égales à celles qui correspondent au fondamental, fournit donc les harmoniques avec la même précision relative. Celle-ci, d'après les essais que nous avons faits sur des fonctions connues, dont les harmoniques sont calculables, semble atteindre 5/1000 environ.

Le procédé s'applique également, avec la même précision et la même rapidité aux développements en intégrales de Fourier, au calcul de l'image d'une fonction par la transformation de Laplace et inversement au calcul de l'original à partir de l'image en utilisant la formule de Mellin-Fourier.

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Variétés covariantes d'immersion et variétés canoniques sur une variété algébrique ou topologique*. Note (*) de M. **Beniamino Segre**, transmise par M. Jacques Hadamard.

1. Dans cette Note je parviens, d'une façon nouvelle, aux *variétés canoniques* des différentes dimensions sur une variété algébrique, par l'intermédiaire de certaines *variétés covariantes d'immersion* d'une variété dans une autre, et en utilisant partout uniquement des *propriétés d'intersection*. Je signale aussi quelques-unes des nombreuses conséquences auxquelles on peut arriver de la sorte.

Pour plus de netteté je me borne au cas algébrique, bien que tous les développements s'étendent d'eux-mêmes à l'anneau formé par les cycles d'une *variété topologique* ou, plus généralement, aux *structures* dont il a été question dans une Note précédente ([1]).

2. Si $A^{(1)}, A^{(2)}, \ldots, A^{(s)}$ sont des hypersurfaces quelconques d'une variété algébrique V, de dimension v, nous noterons $V_i(A^{(1)}, A^{(2)}, \ldots, A^{(s)}$ la somme des intersections virtuelles de toutes les i-ples non ordonnées d'hypersurfaces A, de sorte que les $V_0 = V, V_1, V_2, \ldots$ constitueront une suite de support V. A une quelconque sous-variété P (pure, de dimension p) de V on peut alors associer une *suite* $\{P_V\} = \{P_{V,0}, P_{V,1}, \ldots\}$ *de support* P, *covariante d'immersion de* P *en* V, définie par la condition suivante : pour chaque s vérifiant $v-p \leqq s \leqq v$, et en posant $t = s+p-v$, on doit avoir identiquement dans les A :

$$(A^{(1)}A^{(2)}\ldots A^{(s)})_V - (A^{(1)}A^{(2)}\ldots A^{(s)})_V^P = \sum_{i=0}^{t} P_{V,i}V_{t-i}(A^{(1)}, A^{(2)}, \ldots A^{(s)}).$$

Alors, de $P \subset M \subset V$ suit $\{P_V\} = (\{P_M\}\{M_V\})_M$; d'autre part, si $P = (MN)_V$, alors $\{P_V\} = (\{M_V\}\{N_V\})_V$.

Si $v < 2p$, les éléments de la suite $\{P_V\}$ ne sont pas indépendants, puisqu'on a :

$$\tilde{P}_{V,i} = 0 \qquad \text{pour chaque } i \text{ tel que } \quad v-p < i \leqq p.$$

En outre, si $v \leqq 2p$, il résulte :

$$\tilde{P}_{V,v-p} = (P^2)_V.$$

Des propriétés qui précèdent on peut déduire dans tous les cas une simple *construction* des $P_{V,i}$.

(*) Séance du 21 avril 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1663. J'emploie ici les notations et la terminologie de cette Note.

3. Si deux sous-variétés M, N de V se coupent suivant une variété P, de dimension $p \geqq m + n - v$, leur *intersection residuelle* est donnée par la formule

$$(MN)_V - (MN)_V^P = \sum_{i=0}^{t} \sum_{j=0}^{i} \left((P_{V,j} \tilde{M}_{V,i-j})_M \tilde{N}_{V,t-i} \right)_N,$$

où $t = p + v - m - n$. Ce résultat peut être étendu pour obtenir l'intersection d'un nombre quelconque de sous-variétés de V, résiduelle à une variété donnée.

Par la même méthode on peut aborder et résoudre aussi d'autres problèmes relatifs aux sous-variétés de V et à leurs intersections, et cela même en n'excluant pas que les variétés considérées ont des points multiples ou sont lieux de points singuliers pour certaines des variétés envisagées.

4. Si V est une variété non singulière, son carré $W = V \times V$ est une variété non singulière, de dimension $w = 2v$, dont la variété diagonale est birationnellement identique à V, et peut donc être notée avec le même symbole V. Les variétés covariantes d'immersion de V dans W sont manifestement des invariants birationnels de V, liés d'une façon très simple aux variétés canoniques de V (2). Plus précisément, la variété canonique $i^{\text{ième}}$ de V (de dimension $v - i$), que nous noterons V_i^*, est donnée par la formule

$$V_i^* = (-1)^i \tilde{V}_{W,i},$$

qui, dans le cas particulier $i = v = 2$, est équivalente à un résultat de Comessatti.

On démontre aussi que, si U et V sont deux variétés algébriques quelconques, en posant $W = U \times V$ on a sur W

$$W_i^* = \sum_{j=0}^{i} U_j^* \times V_{i-j}^*.$$

5. Si $P \subset V$, les suites formées par les systèmes canoniques de P, V sont liées à la suite des variétés covariantes d'immersion de P dans V par les relations

$$P_{V,i} = (-1)^i \sum_{=0}^{i} (P_j^* \tilde{V}_{i-j}^*)_V \qquad (i = 0, 1, 2, \ldots).$$

En tenant compte du n° 2, on en déduit par exemple que de $P = (MN)_V$ suit

(2) A côté des hypersurfaces canoniques, connues depuis longtemps, les variétés canoniques des variétés algébriques ont été introduites pour la première fois par M. Severi dans le cas des surfaces. Le cas des variétés à trois ou plus dimensions a été traité ensuite par B. Segre, Eger et J. A. Todd. Une extension partielle aux variétés complexes, douées d'une métrique hermitienne, est due à MM. Chern et Hodge.

$\{P^*\} = (\{M^*\}\{N^*\}\{\tilde{V}^*\})_V$. D'autre part, pour chaque sous-variété P de V, de dimension $p \geqq \nu/2$, on a

$$\sum_{j=0}^{i} (\tilde{P}_j^* V_{i-j}^*)_V = \begin{cases} 0 & \text{si } \nu - p < i \leqq p \\ (-1)^{\nu-p}(P^2)_V & \text{si } i = \nu - p. \end{cases}$$

Ici on peut, en particulier, poser $P = V_h^*$, avec $1 \leqq h \leqq \nu/2$, ce qui, pour $\nu \geqq 2$, donne des *liens entre les variétés canoniques de* V *et les variétés canoniques de ces variétés canoniques*.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Remarques sur un théorème d'interpolation.* Note de M. **André Blanc-Lapierre**, présentée par M. Louis de Broglie.

On précise quelques propriétés d'une classe de fonctions aléatoires stationnaires $X(t)$ telles que les valeurs de la fonction pour t quelconque soient déterminées par la connaissance des valeurs $X(t_0 + n\lambda)$ prises par X pour des instants régulièrement disposés sur l'axe des t (n entier).

On sait que, sous des conditions très générales, si une fonction réelle $u(t)$ a un spectre limité à la bande de fréquences $-F \leqq \nu \leqq +F$, la connaissance de cette fonction est équivalente à la connaissance des valeurs qu'elle prend pour tous les points de la suite

$$t_n = t_0 + \frac{n}{2F}, \tag{1}$$

où t_0 est une constante arbitraire et n un entier positif, négatif ou nul ([1]). En effet, on peut alors utiliser la formule d'interpolation suivante :

$$u(t) = \sum_{-\infty}^{+\infty} u\left(\frac{n}{2F}\right) \frac{\sin 2\pi F\left(t - \frac{n}{2F}\right)}{2\pi F\left(t - \frac{n}{2F}\right)}. \tag{2}$$

Cette formule joue un rôle important dans la théorie de l'information; elle permet de ramener l'étude de la fonction continue $u(t)$ à celle de la suite $u(n/2F)$. Je me propose d'indiquer ici un théorème qui, à certains égards, peut être considéré comme une réciproque du théorème précédent.

D'une part, nous allons considérer l'ensemble (Γ) des fonctions aléatoires X possédant les propriétés suivantes :

([1]) *Voir* par exemple C. E. Shannon, *The Mathematical Theory of Communication*, (The University of Illinois press, Urbana, 1949) ou Aigrain, *La transmission de l'Information*. Réunions d'études et de mise au point sur la Cybernétique organisées par M. Louis de Broglie, Éditions de la Revue d'Optique, Paris, 1950. M. B. Van Der Pol, dans un rapport interne de l'Union Radioscientifique internationale, a donné une très intéressante démonstration de ce théorème (décembre 1950).

a. Ce sont des fonctions réelles strictement stationnaires et stationnaires d'ordre deux [2];

b. on suppose $E\{X\} \equiv 0$;

c. en désignant par $F(\nu)$ la fonction de distribution dans le spectre de puissance moyenne de X, on suppose que les $dF(\nu)$ sont tous positifs pour $-F \leqq \nu \leqq +F$ et nuls ailleurs.

D'autre part, nous dirons qu'une fonction aléatoire possède la propriété P si elle donne lieu à une formule d'interpolation du type suivant :

$$X(t) = \sum_{-\infty}^{+\infty} X(t_0 + n\lambda)\varphi(t - t_0 - \lambda n) \tag{3}$$

où la sommation est prise au sens de limite en moyenne quadratique, φ étant une fonction de t, t_0 et λ étant des constantes et n un entier positif, négatif ou nul par rapport auquel porte la sommation.

Théorème 1. — *Si une fonction* Γ *possède la propriété* P, *les variables aléatoires* $X(t_0 + n\lambda)$ *étant non corrélées, on peut affirmer :*

$$\lambda = \frac{1}{2F}; \tag{4a}$$

$$\varphi(t) = \frac{\sin 2\pi F t}{2\pi F t}; \tag{5b}$$

c. Le spectre de X *est uniforme sur* $-F+F$. — La démonstration repose essentiellement sur les deux remarques suivantes :

a. si l'on calcule $E\{X(t_0 + n\lambda)X(t)\}$, on voit que φ doit être identique, à un facteur multiplicatif constant près, à la fonction de corrélation C relative à X;

b. à partir de l'expression $E\{X(t)X(t-\tau)\}$ calculée d'après (3), on voit aisément que $\varphi(\tau)$ doit satisfaire la relation

$$\lambda\varphi(\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} \varphi(u)\,\varphi(\tau - u)\,du. \tag{6}$$

Théorème 2. — *Si une fonction de* Γ *possède la propriété* P, *les variables aléatoires* X *étant indépendantes, on peut, aux conclusions du théorème* 1, *ajouter que* $X(t)$ *est stationnaire laplacienne* [3].

Désignons par $\Psi(u)$ le logarithme de la fonction caractéristique relative à $X(t_0)$. La démonstration du théorème 2 suppose la possibilité de pouvoir développer $\Psi(u)$ en série entière près de l'origine. Elle repose sur le fait que,

---

[2] A. Blanc-Lapierre, *Revue Scientifique*, novembre 1947, p. 1027.

[3] A. Blanc-Lapierre, Thèse de Doctorat, Masson, éditeur, Paris 1945.

d'après (3), si les $X(t_0 + n\lambda)$ sont indépendants, on doit avoir, pour tout t,

$$\Psi(u) = \sum_{(n} \Psi[u\varphi(t - t_n)], \tag{7}$$

avec $t_n = t_0 + n/2F$ et φ conforme à (5).

MÉCANIQUE. — *Stabilité de l'équilibre élastique des matériaux. Cas des corps sans cohésion et des liquides.* Note de M. **Albert Kammerer**, présentée par M. Henri Beghin.

Nous avons montré (¹) comment on peut traduire mathématiquement l'équilibre limite d'un *milieu élastique* soumis à un système *uniforme* de contraintes principales σ_i (dilatations linéaires principales ε_i); en faisant $i = 1, 2, 3$,

$$\varepsilon_i = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)}[(1-\nu)\varepsilon_i + \nu\varepsilon_j + \nu\varepsilon_K] - a_1\varepsilon_i^2 - a_2(\varepsilon_j^2 + \varepsilon_K^2) - 2a_2\varepsilon_i(\varepsilon_j + \varepsilon_K) - a_3\varepsilon_j\varepsilon_K; \tag{1}$$

i, j et K, égaux à 1, 2, 3, sont différents entre eux; E, module d'Young, ν coefficient de Poisson, a_1, a_2, a_3, coefficients positifs, caractérisent la matière. La condition traduisant l'équilibre limite est

$$\frac{D(\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3)}{D(\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3)} = 0. \tag{2}$$

1° $E = 0$, $\nu \neq 0,5$. — Les seconds membres de (1) sont des polynomes homogènes du deuxième degré et (2), un polynome homogène du troisième degré.

Lorsque $\sigma_2 = \sigma_3$, (2) se réduit à

$$\frac{D(\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3)}{D(\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3)} = [(2a_2 - a_3)\varepsilon_1 + 2(a_1 - a_2)\varepsilon_2]\Delta_2 = 0, \tag{3}$$

Δ_2 étant homogène et du deuxième degré; (3) fournit alors trois valeurs de $\varepsilon_2/\varepsilon_1$ qui, portées dans (1), avec $E = 0$, donnent

$$-\sigma_1 = K'_1\varepsilon_1^2, \quad -\sigma_1 = K''_1\varepsilon_1^2, \quad -\sigma_1 = K'''_1\varepsilon_1^2;$$
$$-\sigma_2 = K'_2\varepsilon_1^2, \quad -\sigma_2 = K''_2\varepsilon_1^2, \quad -\sigma_2 = K'''_2\varepsilon_1^2.$$

Ces trois groupes de relations représentent, dans le plan $O\sigma_1\sigma_2$ $(\sigma_2 = \sigma_3)$, trois droites passant par l'origine; la zone de stabilité, tout entière dans l'angle correspondant à σ_1 et σ_2 négatives, est limitée par deux de ces droites;

(¹) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1144; **229**, 1949, p. 1121; **231**, 1950, p. 681 et *Les Propriétés mécaniques des Solides réels et la Théorie de l'Élasticité*, n° **1161** des *Actualités Scientifiques*, Hermann, Paris.

lorsque a_2 et a_3 sont nuls, celles-ci deviennent les portions négatives des axes $O\sigma_1$ et $O\sigma_2 (\sigma_2 = \sigma_3)$.

Ces résultats sont identiques aux conditions classiques de l'équilibre des massifs pulvérulents *sans cohésion*. Lorsque $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = \varepsilon$,

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3 = \sigma = -(a_1 + 6a_2 + a_3)\varepsilon^2,$$

la courbe représentant ε en fonction de σ admet alors l'axe des ε comme tangente à l'origine.

On peut retrouver ces résultats en supposant que la matière est formée d'une infinité de sphères identiques, disposées symétriquement :

a. La dilatation linéaire ε sous l'action d'une compression hydrostatique σ, proportionnelle au rapprochement des centres de deux sphères se touchant en un point, et pressées par une force proportionnelle à σ, est (théorie de Hertz)

$$\varepsilon = \sqrt[3]{\frac{3(1-\nu_1^2)^2}{E_1^2}\sigma^2},$$

E_1 et ν_1 correspondant à la matière constituant les sphères.

La courbe $\varepsilon(\sigma)$ est tangente à l'axe $O\varepsilon$; σ est cependant proportionnelle à $\varepsilon^{3/2}$ au lieu de ε^2.

b. On admet que la rupture de l'équilibre est provoquée par la condition

$$T > fN,$$

N, force normale au contact de deux sphères, T, force tangentielle; f, coefficient de frottement; lorsque σ_1 est différente de $\sigma_2 = \sigma_3$ on retrouve, dans le plan $O\,\sigma_1\,\sigma_2$, les deux droites précédentes.

2° $E = 0$, $\nu = 0,5$. — C'est le cas des liquides. Les trois contraintes principales en un point sont égales entre elles, ainsi que les ε; par suite

$$\sigma = K\varepsilon - A\varepsilon^2,$$

K étant la limite de $E/(1-2\nu)$; (2) se réduit à

$$\frac{d\sigma}{d\varepsilon} = K - 2A\varepsilon = 0, \qquad \text{soit} \quad \varepsilon = \frac{K}{2A}.$$

La stabilité est donc assurée lorsque

$$\sigma \leq \frac{K^2}{4A},$$

$K^2/4A$ étant positif et non nul puisque K, égal au triple de l'inverse du coefficient de compressibilité, est différent de zéro.

On retrouve ainsi l'existence pour les liquides d'états élastiques stables de traction triple, pourvu que cette traction reste inférieure à la limite $K^2/4A$, la stabilité étant toujours assurée en compression hydrostatique.

HYDRAULIQUE. — *Arrêt instantané du débit des turbines en tête d'un canal de fuite en charge en l'absence de chambre d'équilibre.* Note de MM. **Léopold Escande** et **Jean Nougaro**, transmise par M. Charles Camichel.

Étude analytique et graphique des grands coups de bélier de dépression produits par un arrêt instantané du débit dans un canal de fuite fonctionnant en charge, sans adjonction de cheminée d'équilibre.

Le canal peut comporter ou non un dispositif d'entrée d'air : un clapet, solution imaginée par M. A. Caquot, ou puits d'aération (*fig.* 1).

A. *Aucun dispositif d'aération.* — Une cavitation franche s'établit d'emblée : la cavité croît jusqu'à l'instant t_1 où son volume devient Ω_1, puis elle se referme à l'instant $2t_1$ où naît une surpression très forte.

La méthode analytique donne, $Q_0 = f W_0$ désignant le débit du régime permanent initial, y_a la pression atmosphérique, et a la célérité des ondes :

$$t_1 = \frac{LW_0}{g(y_0 + y_a)}, \qquad \Omega_1 = \frac{Lf}{y_0 + y_a}\frac{W_0^2}{2g}, \qquad \xi_M = \frac{aW_0}{g}.$$

Application numérique :

$$\begin{array}{lll} L = 750\ \text{m}, & f = 28{,}3\ \text{m}^2, & Q_0 = 70\ \text{m}^3/\text{s}, \\ a = 1250\ \text{m/s}, & y_0 = 5\ \text{m}, & y_a = 10\ \text{m}, \\ t_1 = 12{,}6\ \text{s}, & \Omega_1 = 444\ \text{m}^3, & \xi_M = 315\ \text{m}. \end{array}$$

La méthode graphique de Bergeron (*fig.* 2) donne les mêmes valeurs.

B. *Clapet.* — Après le déclenchement, le clapet s'ouvre, l'air pénètre et occupe un volume qui devient maximum et égal à Ω_1 à l'instant t_1 ; ensuite le clapet se referme et le reflux de l'eau comprime l'air jusqu'au volume minimum Ω_2, la pression étant alors égale à $y_M = y_0 + \xi_M$. On obtient

$$t_1 = \frac{LW_0}{gy_0}, \qquad \Omega_1 = \frac{Lf}{y_0}\frac{W_0^2}{2g}, \qquad y_M = y_a\left(\frac{\Omega_1}{\Omega_2} - 1\right),$$

$$(y_0 + y_a)(\Omega_1 - \Omega_2) = y_a \Omega_1 \operatorname{Log}\frac{\Omega_1}{\Omega_2},$$

$$t_1 = 37{,}8\ \text{s}, \qquad \Omega_1 = 1332\ \text{m}^3, \qquad \Omega_2 = 551\ \text{m}^3, \qquad \xi_M = 9{,}18\ \text{m}.$$

La méthode graphique (*fig.* 3) donne les mêmes résultats, à 1 % près.

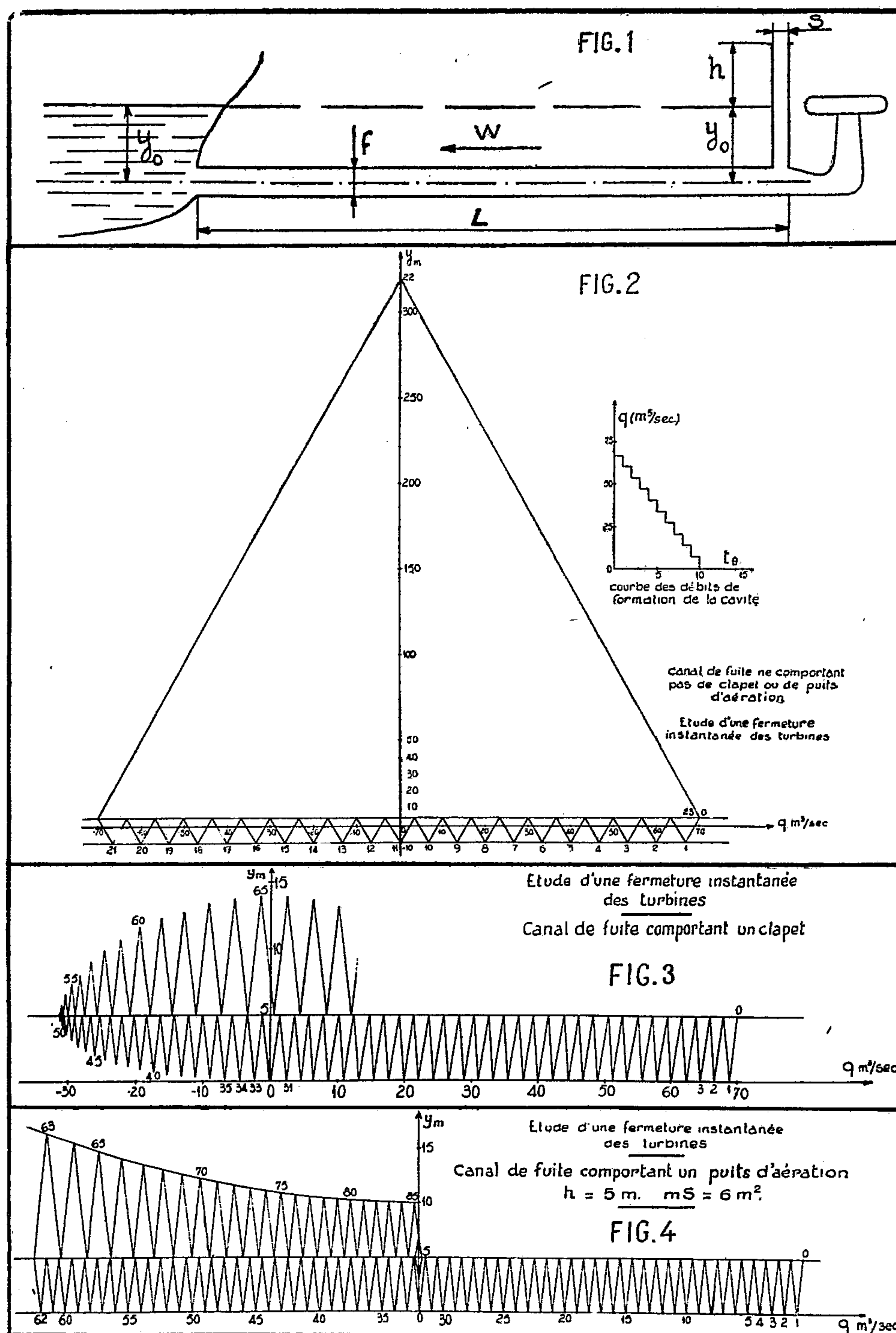
C. *Puits d'aération.* — La poche d'air se forme, comme dans le cas du clapet, jusqu'à l'instant t_1 ; l'air est ensuite refoulé jusqu'à l'instant $2t_1$, puis l'eau, arrivant avec le débit Q_0, s'échappe à travers le puits, en obéissant à une loi débit-pression du type $y = y_0 + h + (Q^2/2gm^2s^2)$.

La méthode analytique donne pour t_1 et Ω_1 les mêmes valeurs que dans le cas du clapet et la pression maximum devient $y_M = y_0 + \xi_M = y_0 + h + (Q_0^2/2gm^2s^2)$.

Le volume total de l'eau déversée est égal à

$$\Omega = \frac{Lm^2s^2}{f}\operatorname{Log}\left[1 + \frac{f^2}{m^2s^2}\frac{W_0^2}{2gh}\right].$$

La méthode graphique (*fig.* 4) donne des résultats sensiblement comparables, si la hauteur et la section du puits sont notables.



Conclusion. — Dans le cas des fermetures instantanées, la surpression, généralement inadmissible dans le cas de la cavitation, est fortement réduite avec le dispositif du clapet ou du puits, le premier étant nettement plus économique.

ASTROPHYSIQUE. — *Variation de la température effective et du rayon d'une Céphéide.* Note (*) de Mlle **Renée Canavaggia** et M. **Jean-Claude Pecker**, présentée par M. André Danjon.

Méthode de détermination de la variation du rayon et de la température effective d'une céphéide. D'une première application de la méthode à δ *Cep*, il ressort que rayon et température sont en phase avec l'éclat, ce qui fait disparaître le décalage de phase, tel qu'il résultait de l'analyse des mesures de vitesses radiales.

Nous présentons sous forme graphique une méthode qui donne la variation de température effective d'une céphéide (δ *Cephei*) et la variation relative de son rayon, à partir des *mesures* de photométrie en six couleurs de Stebbins, et de *modèles* d'atmosphères stellaires. Exposons la méthode sur un exemple. Le tableau ci-après donne les magnitudes de Stebbins (¹) (rapportées à ε *Cephei*) pour deux phases et pour les couleurs I à V (nous ne nous occuperons pas ici de la couleur U).

		V.	B.	G.	R.	I.
Pour la phase $\varphi = 0,05$.....	$m =$	$-0,43$	$-0,54$	$-0,68$	$-0,83$	$-1,01$
Pour la phase $\varphi' = 0,65$.....	$m' =$	$+0,86$	$+0,44$	$+0,10$	$-0,28$	$-0,63$
	$0,4\,(m'-m) =$	$0,516$	$0,392$	$0,312$	$0,220$	$0,152$

On a d'une façon générale $m_\nu = -0,4 \log F_\nu R^2 + \text{const.}$ Posons $F_\nu = \pi B_\nu(\theta_\nu)$, où B_ν est la fonction de Planck. Cette relation définit la température de brillance θ_ν pour la fréquence considérée. La dernière ligne du tableau donne donc pour chaque couleur

$$0,4(m'_\nu - m_\nu) = \log B_\nu(\theta_\nu) - \log B_\nu(\theta'_\nu) - 2\log\frac{R'}{R}.$$

Portons sur une réglette (*fig.* 1) les valeurs *mesurées* : $Oi = 0,152$; $Or = 0,220$, etc. (on reconnaît dans ir par exemple, au facteur 0,4 près, la différence de deux indices de couleur $(m'_R - m'_I) - (m_R - m_I)$.

Nous avons d'autre part *calculé* quatre modèles d'atmosphères ($\theta_e = 0,65$; 0,75; 0,85; 0,95) et les flux correspondants aux cinq écrans de Stebbins [coefficients d'absorption selon Vitense (²)]. En portant en abscisses $\theta_e = 0,65$...

(*) Séance du 21 avril 1952.

(¹) *Astrophys. J.*, **101**, 1945, p. 47.

(²) *Z. Astrophys.*, **28**, 1951, p. 81.

et en ordonnées $\log B_{v_{\theta_e}} - \log B_{v_{\theta_e=0,95}} \ldots$, ceci pour chacune des cinq couleurs, nous construisons le *diagramme en éventail* de la figure 1. On obtient ainsi cinq courbes. Le choix de la température de référence (ici 0,95) a très peu d'influence sur l'allure du diagramme en raison des faibles courbures. De plus, nous avons calculé quatre jeux de quatre modèles avec les gravités $\log g = 1,3$; 1,7; 2,3; 2,7 : le diagramme est pratiquement indépendant de la gravité.

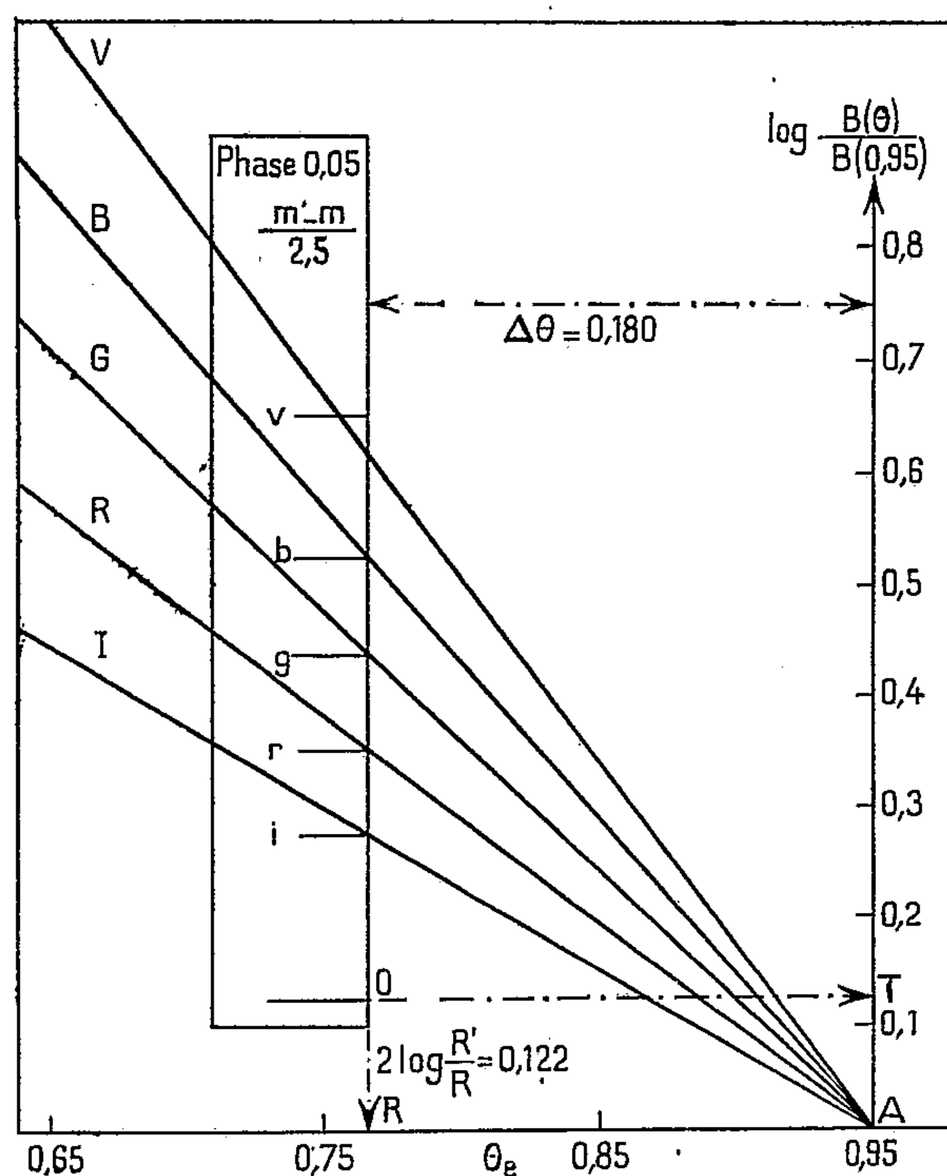


Fig. 1.

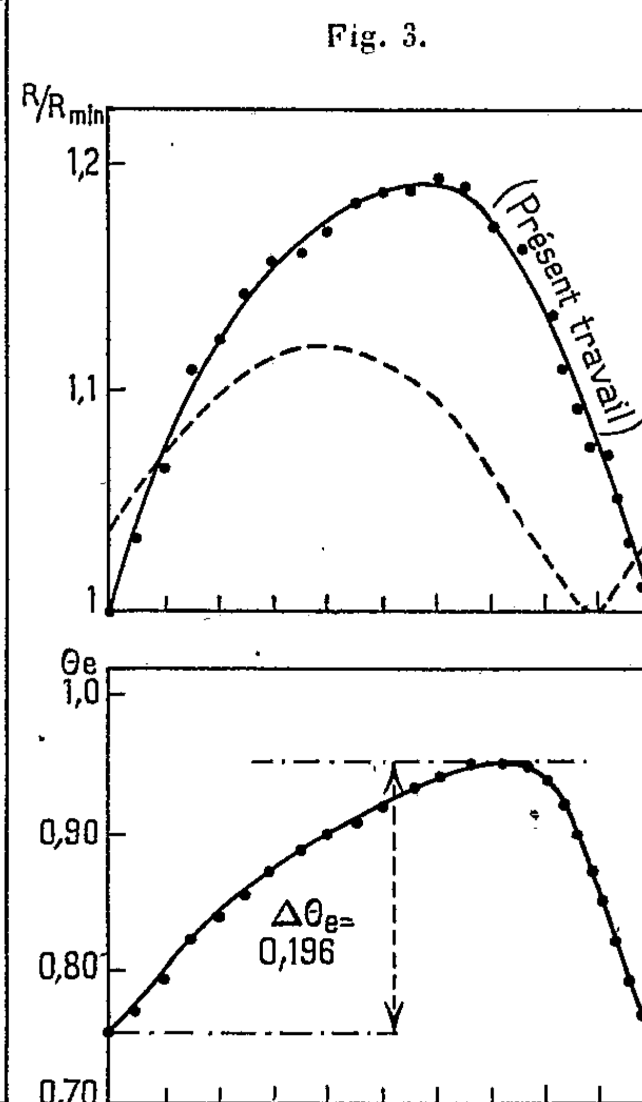


Fig. 2.

Appliquons maintenant la réglette comme l'indique la figure 1, en essayant de faire coïncider les points i, r, g, b, v, avec les courbes AI, AR, AG, AB, AV. Voyant qu'il était facile d'obtenir une bonne coïncidence pour les points i, r, g, nous nous sommes limités à ces points, la position des points b et v devant être sensiblement affectée par les raies qui masquent le fond continu dans ces régions spectrales.

L'intervalle OT donne $\Delta\theta_e$ entre les phases φ et φ'; la hauteur OR donne $2\log R'/R$.

La méthode consiste en somme à utiliser les doubles différences de magnitudes (représentées par ir, ig) qui dépendent seulement des températures, pour isoler, dans les différences de magnitudes de même indice (Oi, Or, Og) la part qui revient aux rayons.

La figure 2 donne la variation de la température effective à une constante

additive près (choix de $\theta_e = 0{,}95$ pour la phase $\varphi' = 0{,}65$). La figure 3 donne la variation du rayon rapportée au rayon minimum. L'origine des phases est la phase du maximum UV de Stebbins.

Les deux variations sont sensiblement en phase. Ce résultat est incompatible avec l'interprétation des vitesses radiales en termes de rayon, telle qu'on l'a couramment admise jusqu'ici (la figure 3 donne en pointillé la variation du rayon déduite de telles études).

Le graphique, appliqué aux étoiles en général, doit aussi permettre de préciser la signification des *couleurs* de Stebbins et Whitford.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Synchronisation des oscillateurs décrits par des équations non linéaires*. Note (*) de M. **Augustin Blaquière**, présentée par M. Louis de Broglie.

Il a été commode, dans une Note précédente [1], de mettre l'équation qui régit un auto-oscillateur sous la forme générale $H_{op}V = 0$. Nous étudierons ici l'excitation forcée en ajoutant à la même équation un second membre sinusoïdal donné $E_0 \sin(\omega t + \varphi)$. Nous envisagerons toujours le cas où $H_{op}V$ peut être mis sous la forme d'un développement tel que

$$H_{op}V \equiv (H_1)_{op}V + (H_3)_{op}V^3$$

$(H_1)_{op}$ et $(H_3)_{op}$ étant des opérateurs linéaires, et nous remplacerons, suivant la même méthode, H_{op} par $(H_1)_{op} + (3a^2/4)(H_3)_{op}$. L'équation que nous nous proposons d'étudier se ramène donc à

$$(1) \qquad \left[(H_1)_{op} + \frac{3a^2}{4}(H_3)_{op}\right]V = E_0 \sin(\omega t + \varphi).$$

Suivant une méthode classique, l'opérateur du premier membre peut alors être remplacé par $H_i(a, j\omega) \equiv H_1(j\omega) + (3a^2/4)H_3(j\omega)$, et l'équation précédente par

$$(2) \qquad H_i a e^{j\psi} = E_0 e^{j\varphi}.$$

Ce résultat conduit naturellement à remplacer le diagramme $H_i(a, j\omega)$ du plan complexe, considéré antérieurement, par le diagramme $aH_i(a, j\omega)$ dont nous désignerons les courbes équi-amplitude par (a), et les courbes équi-pulsation par (ω). Si l'on suppose tracé ce réseau de courbes (a) et (ω), l'équation (2) peut être résolue graphiquement au moyen de la construction suivante aisément justifiée :

Nous prenons, sur le plan complexe des H_i, le point M_0 d'affixe $E_0 e^{j\varphi}$, nous

(*) Séance du 31 mars 1952.

[1] *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 345.

traçons un cercle de centre l'origine, de rayon E_0, qui coupe la courbe (ω) (ω étant ici la pulsation d'attaque) au point M.

1° L'angle des rayons vecteurs OM et OM_0 a pour valeur ψ.

2° La courbe $(aH_i)_a$ passant par M définit la valeur de l'amplitude de la solution.

Pour que cette construction soit valable, il faut évidemment que le cercle envisagé coupe la courbe (ω) donnée, il faut de plus que la solution ainsi trouvée soit stable.

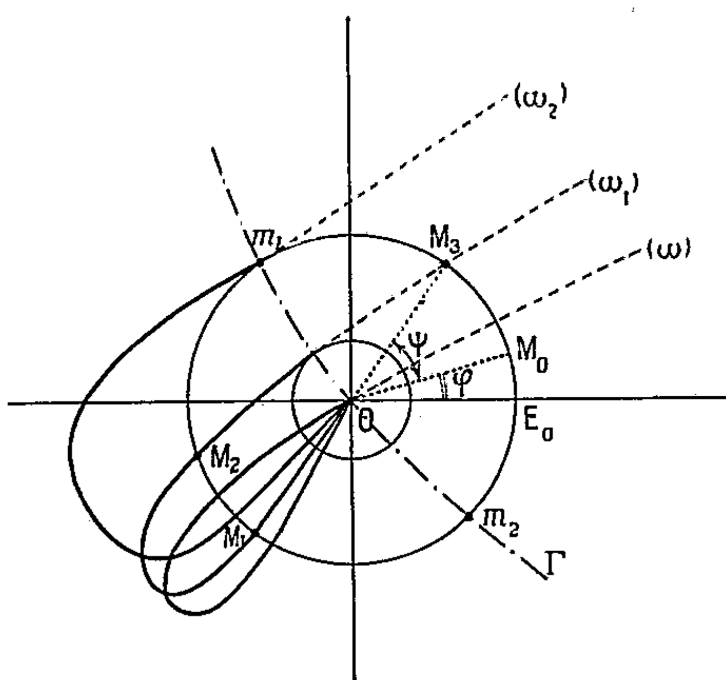


Fig. 1.

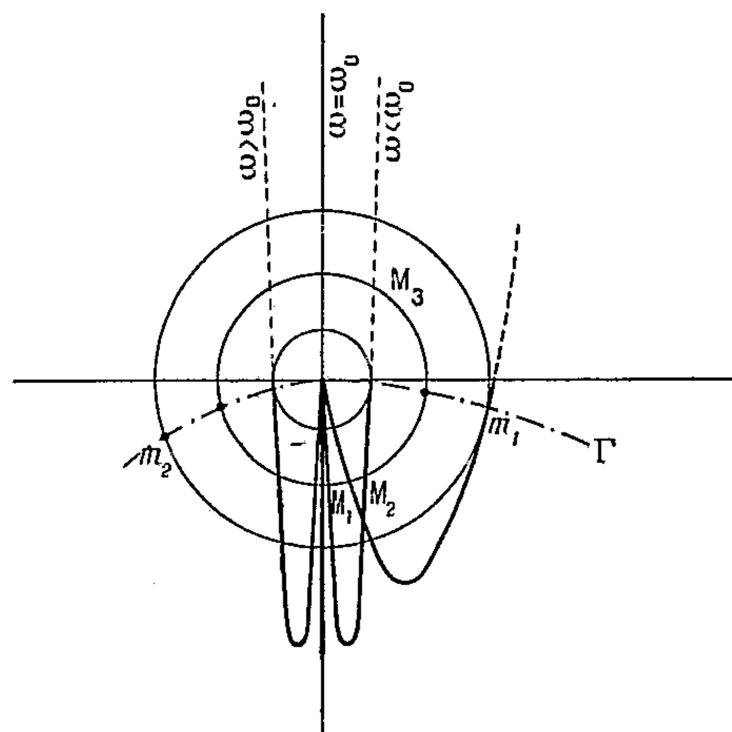


Fig. 2.

1° *Limite de synchronisation.* — La première condition dépend de la forme du diagramme tracé à l'avance. L'aspect de ce diagramme, au voisinage de l'origine O, est indépendant de la forme de l'expression $H_i(a, j\omega)$. Les courbes (ω), en effet, sont toutes issues de O (pour $a = 0$); parmi elles, celle qui correspond à la pulsation libre ($E_0 = 0$) est une boucle fermée (qui peut s'aplatir suivant un segment de droite) puisque $aH_i(a, j\omega)$ s'annule pour $a = 0$ et $a = a$ stab. La forme des courbes voisines s'en déduit aisément (*fig.* 1) et il résulte de cette disposition que le cercle de centre O coupe certainement les courbes (ω) en trois points au moins si le rayon est assez petit, et ω assez voisin de ω_0. L'un de ces points correspond au cas où a est petit, et il est facile de montrer que la solution de ce problème sensiblement linéaire est instable si la condition d'entretien est vérifiée. Les autres points représentent des oscillations synchronisées dont nous allons discuter la stabilité.

La limite de la plage de synchronisation apparaît lorsque le cercle est tangent à la courbe (ω) considérée, et il est possible de déterminer le lieu de ces points de contact (même pour les grandes valeurs de E_0) quand ω varie (courbe limite Γ en trait mixte de la figure 1). On en déduit la largeur de la plage de synchronisation pour une valeur de E_0 donné. Cette plage est repré-

sentée sur le dessin par la portion de la courbe limite Γ intérieure au cercle de rayon E_0.

2° *Stabilité des solutions synchronisées.* — Une méthode qu'il serait trop long de développer ici, mais qui sera donnée dans le mémoire détaillé, nous a conduit à la condition de stabilité des solutions :

On suppose que la solution trouvée subisse une petite modification ΔV de module ε, et l'on cherche une équation différentielle du second ordre décrivant l'évolution ultérieure de ε. Cette équation peut être formée de la façon suivante :

1° On remplace $H(a, j\omega)$ par $H(a, j\omega + q)$, q étant l'opérateur d/dt;

2° On néglige dans l'expression précédente les termes du second ordre en q et au delà (ce qui est justifié si ε est lentement variable);

3° L'équation cherchée, du second ordre à coefficients constants est :

$$\left[1 + a^2 \frac{\partial}{\partial(a^2)}\right] |H(a, j\omega, q)|^2 \varepsilon = 0. \tag{3}$$

3° *Application.* — L'étude graphique précédente a été appliquée à l'équation de Van der Pol $v'' - 2\varepsilon\omega_0(1 - v^2/v_0^2)v' + \omega_0^2 v = B\omega^2 \sin\omega t$ pour laquelle le graphique prend la forme (2). L'application de la formule (3) redonne tous les résultats établis différemment par Van der Pol.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les représentations spinorielles.* Note (*) de M. **Friedrich L. Bauer**, présentée par M. Louis de Broglie.

M. L. Michel a démontré récemment [1] qu'il est possible de construire cinq scalaires, huit vecteurs, neuf bivecteurs, huit pseudovecteurs et cinq pseudo-scalaires relativistes avec quatre fonctions d'ondes d'une équation de Dirac. Ce résultat est un cas particulier du théorème suivant :

Soit ${}^n O(m_1, m_2, m_3, \ldots, m_\nu)$ *une représentation du groupe orthogonal à n dimensions qui est caractérisée par le tableau* $(m_1, m_2, \ldots, m_\nu)$ [2].

Les représentations primitives sont celles ${}^n O(1/2, 1/2, \ldots, 1/2)$ de l'algèbre de Clifford, dont l'algèbre de Dirac est un cas spécial. La fusion de cette représentation N-fois avec elle-même est désignée par ${}^n O(1/2, \ldots, 1/2)^N$. Alors on a :

Théorème I*a*. — *Dans la fusion* ${}^n O(1/2, 1/2, \ldots, 1/2)^N$, *la représentation* ${}^n O(m_1, m_2, \ldots, m_\nu)$ *et son associée ou la représentation associée d'elle-même*

(*) Séance du 16 avril 1952.

(1) *J. Phys. Rad.*, **12**, 1951, p. 793.

(2) H. Weyl, *Classical Groups*, Princeton, 1946.

apparaît un nombre de fois égal au degré de la représentation irréductible

$$^{N}O\Big(\underbrace{\tfrac{n}{2},\tfrac{n}{2},\ldots,\tfrac{n}{2}}_{\frac{N}{2}-m_1},\underbrace{\tfrac{n}{2}-1,\tfrac{n}{2}-1,\ldots,\tfrac{n}{2}-1}_{m_1-m_2},\underbrace{\tfrac{n}{2}-2,\tfrac{n}{2}-2,\ldots,\tfrac{n}{2}-2}_{m_2-m_3},\ldots,\underbrace{0,0,\ldots,0}_{|m_\nu|-\frac{1}{2}\ \text{ou}\ |m_\nu|}\Big)$$

(*Pour* $n=2\nu$, *pair*).

THÉORÈME I*b*. — *Dans la fusion* $^{n}O(1/2, 1/2, \ldots, 1/2)^{N}$, *la représentation* $^{n}O(m_1, m_2, \ldots, m_\nu)$ *apparaît un nombre de fois égal au degré de la représentation irréducible*

$$^{N}O\Big(\underbrace{\tfrac{n}{2},\tfrac{n}{2},\ldots,\tfrac{n}{2}}_{\frac{N}{2}-m_1},\underbrace{\tfrac{n}{2}-1,\tfrac{n}{2}-1,\ldots,\tfrac{n}{2}-1}_{m_1-m_2},\underbrace{\tfrac{n}{2}-2,\tfrac{n}{2}-2,\ldots,\tfrac{n}{2}-2}_{m_2-m_3},\ldots,\underbrace{\tfrac{1}{2},\tfrac{1}{2},\ldots,\tfrac{1}{2}}_{m_\nu-\frac{1}{2}\ \text{ou}\ m_\nu}\Big)$$

divisé par le degré de la représentation irréductible $^{N}O(1/2, 1/2, \ldots, 1/2)$
(*Pour* $n=2\nu+1$, *impair*).

La preuve est basée sur le fait, qu'une représentation, en diminuant la dimension, provoque la décomposition d'une même structure, qu'un résultat de fusion se compose des fusions successives. On peut vérifier cela avec les théorèmes de ramification et de fusion ([3]).

Nos théorèmes sont importants pour la méthode de fusion dans la Théorie des particules à spin de M. L. de Broglie : ils donnent directement le nombre et le type des équations d'onde d'un degré de fusion.

Nous allons appliquer le théorème à l'exemple de M. Michel. Le scalaire, c'est-à-dire la représentation $^{4}O(00)$, demande la représentation avec un tableau, où le chiffre 2 existe deux fois, les autres chiffres 1 et 0 n'existent pas. En effet, la représentation $^{4}O(22)$ est de degré 5. On obtient de cette manière toutes les autres multiplicités mentionnées, et aussi trois représentations $^{4}O(20)$, quatre $^{4}O(21)$ et une $^{4}O(22)$, qui ne sont pas citées là.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la théorie relativiste des forces nucléaires.* V. *Les propriétés du système neutron-proton aux faibles énergies.* Note (*) de M. **MAURICE LÉVY**, présentée par M. Louis de Broglie.

On calcule les quantités qui caractérisent le système neutron-proton aux faibles énergies, en utilisant l'interaction produite par un champ mésique pseudoscalaire symétriquement chargé qui a été calculée dans une Note précédente ([1]). L'accord avec les résultats expérimentaux est satisfaisant.

([3]) F. BOPP et F. L. BAUER, *Z. Naturf.*, 4*a*, 1949, p. 611, formules (77) et (79).

(*) Séance du 21 avril 1952.

([1]) M. LÉVY, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1671. *Voir* aussi *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 815, qui sera désigné par I dans la suite.

Pour simplifier le calcul, sans modifier de façon sensible la forme de l'interaction, nous utilisons le potentiel non relativiste pour les distances supérieures ou égales à une certaine valeur r_0, de l'ordre de $\hbar/Mc$, et un potentiel infiniment répulsif pour $r < r_0$. Dans ces conditions, la transformée de Fourier $\psi^{(0,0)}(\mathbf{r})$ de l'amplitude $\mathbf{a}^{(0,0)}(\mathbf{p})$, solution de (I, 4), obéit à l'équation de Schrödinger avec la condition aux limites $\psi^{(0,0)}(\mathbf{r}_0) = 0$. Le potentiel $V(r)$, pour $r \geqq r_0$ peut s'écrire

$$V(r) = V_c(r) + V_t(r) S_{12}, \tag{1}$$

où nous avons posé $S_{12} = 3(\sigma_1.\mathbf{r})(\sigma_2.\mathbf{r})/r^2 - \sigma_1.\sigma_2$, et où $V_c(r)$ et $V_t(r)$ désignent respectivement les forces centrale et tensorielle, qui ont pour expression

$$V_c = -\frac{G^2}{4\pi}\left(\frac{\mu}{2M}\right)^2 \frac{e^{-\mu r}}{r} - 3\left(\frac{G^2}{4\pi}\right)^2\left(\frac{\mu}{2M}\right)^2 \frac{1}{\mu r^2}\left\{\frac{2}{\pi}K_1(2\mu r) + \frac{\mu}{2M}\left[\frac{2}{\pi}K_0(\mu r)\right]^2\right\}, \tag{2}$$

$$V_t = -\frac{G^2}{4\pi}\left(\frac{\mu}{2M}\right)^2\left[1 + \frac{3}{\mu r} + \frac{3}{(\mu r)^2}\right]\frac{e^{-\mu r}}{r}. \tag{3}$$

Les deux constantes $G^2/4\pi$ et r_0, qui sont déterminées à partir de l'énergie de liaison du deutéron et de la longueur de collision dans l'état ^1S correspondant à une énergie nulle, ont pour valeur

$$\frac{G^2}{4\pi} = 9,7 \pm 1,3, \qquad r_0 = (0,38 \pm 0,03)\frac{\hbar}{\mu c}. \tag{4}$$

a. États ^1S. — Posant $\psi^{(0,0)}(\mathbf{r}) = \varphi_0(\mathbf{r})/r$, l'équation correspondante est intégrée numériquement en partant de la valeur asymptotique $\Phi_0(\mathbf{r}) \sim 1 + (r/a_s)$, où a_s est la longueur de collision pour une énergie nulle. La longueur effective d'interaction a pour valeur

$$^1(r_e) = 2\int_0^{+\infty}\left[\left(1 + \frac{r}{a_s}\right)^2 - \Phi_0^2(r)\right]dr = 1,78\frac{\hbar}{\mu c}. \tag{5}$$

b. État $^3S + {}^3D$ (*deutéron*). — Nous écrivons $\psi^{(0,0)}(\mathbf{r})$ sous la forme ([2])

$$\psi^{(0,0)}(\mathbf{r}) = \frac{1}{\mu}\left[u(\mathbf{r}) + \frac{1}{\sqrt{8}} S_{12} w(\mathbf{r})\right]\chi_m, \tag{6}$$

où χ_m est la fonction de spin correspondant au nombre quantique magnétique m. Le système d'équations correspondant est intégré numériquement en partant de la forme asymptotique ([3])

$$u(\mathbf{r}) \sim e^{-\eta r}, \qquad w(\mathbf{r}) \simeq \rho\, e^{-\eta r}\left[1 + \frac{3}{\eta r} + \frac{3}{(\eta r)^2}\right], \tag{7}$$

([2]) H. Feshbach et J. Schwinger, *Phys. Rev.*, 84, 1951, p. 194.

([3]) On a posé $\eta^2 = -ME$, E étant l'énergie de liaison du deutéron.

où ρ est déterminé par la condition $u(r_0)=w(r_0)=0$. La longueur effective d'interaction et le moment électrique quadrupolaire ont respectivement pour valeur

$$(8)\qquad {}^3(r_e)=2\int_0^\infty\left[e^{-2\eta r}-\frac{u^2+w^2}{1+\rho^2}\right]dr=1,185\,\frac{\hbar}{\mu c},$$

$$(9)\qquad Q=\frac{\sqrt{2}}{10}\,\frac{\displaystyle\int_0^\infty r^2\left[uw-\frac{1}{\sqrt{8}}w^2\right]dr}{\displaystyle\int_0^\infty(u^2+w^2)\,dr}=2,08.10^{-27}\,\text{cm}^2,$$

et le moment magnétique, exprimé en magnétons de Bohr :

$$(10)\qquad \mu_D=\mu_n+\mu_p-\frac{3}{2}\left[\mu_n+\mu_p-\frac{1}{2}\right]p_D=0,8503,$$

où p_D est la proportion d'état D, qui a été trouvée égale à 0,051. La valeur moyenne de la distribution des moments dans le système du centre de gravité est telle que $\langle p^2/(\mu c)^2\rangle=1,76$. Ceci correspond à une énergie cinétique moyenne de 18,5 MeV par nucléon.

Les valeurs numériques données ci-dessus sont, dans l'ensemble, en accord très satisfaisant avec les résultats expérimentaux, à l'exception du moment électrique quadrupolaire, dont la valeur est trop faible d'environ 20 %. Celle-ci est cependant très sensible à la moindre variation de l'intensité de la force tensorielle, et l'on peut beaucoup l'améliorer en tenant compte des corrections du sixième ordre en G.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la formulation des problèmes de diffusion.* Note de M. **Guy Rideau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Reprenant un travail antérieur, l'auteur tente de déduire les amplitudes de transition d'un système sous l'influence d'un potentiel de durée illimitée à partir de celles relatives à des durées d'action finie. Une comparaison avec des résultats antérieurs de Schwinger tend à invalider une équation proposée par ce dernier.

Dans des Notes antérieures (1) nous avions ramené le calcul des amplitudes de transition d'un système soumis entre $-T$ et $+T$ à un potentiel perturbateur H_1 à celui d'une fonction $\Psi_a(E)$, déterminée par

$$(I)\qquad (E-H_0-H_1)\Psi_a(E)=2\hbar\sin\frac{T}{\hbar}(E-E_a)\Phi_a$$
$$-\exp\frac{i}{\hbar}(E-H_0)T\int_{-\infty}^{+\infty}\delta(E'-H_0)H_1\Psi_a(E')\,dE'$$

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1338, 1049 et 2007.

On cherche la limite de $\Psi_a(E)$ quand T augmente indéfiniment. Dans un article donnant une formulation des problèmes de diffusion indépendante du temps ([2]), Schwinger et Lippman posaient $\Psi_a(E) = 2\pi\hbar\,\delta(E - E_a)\Psi_a^+$ et donnaient pour Ψ_a^+ l'équation suivante :

$$\text{(II)} \qquad \Psi_a^+ = \Phi_a + v.p.\frac{1}{E_a - H_0} H_1 \Psi_a^+ - i\pi\,\delta(E_a - H_0)\,H_1\Psi_a^+.$$

Il nous a paru à l'analyse que la déduction correcte de cette équation exigeait au moins la continuité de $\Psi_a(E)$, ce qui n'est manifestement pas réalisé si elle contient en facteur une fonction de Dirac. Par ailleurs en faisant directement sur (1) le passage à la limite, il faut faire appel aux mêmes hypothèses de continuité sur $\Psi_a(E)$. Il semble donc nécessaire de n'effectuer le passage à la limite que sur la solution de l'équation (1). On obtient pour les premiers termes du développement

$$(1) \quad \Psi_a^0(E) = 2\hbar(E - E_a)^{-1} \sin\frac{T}{\hbar}(E - E_a)\,\Phi_a,$$

$$(2) \quad \Psi_a^1(E) = 2\hbar(E - E_b)^{-1}\Phi_b(H_1)_{ba}\left\{ (E - E_a)^{-1}\sin\frac{T}{\hbar}(E - E_a) - (E_a - E_b)^{-1}\exp\frac{iT}{\hbar}(E - E_b)\sin\frac{T}{\hbar}(E_a - E_b)\right\},$$

$$\begin{aligned}(3) \quad \Psi_a^2(E) = {} & 2\hbar(E - E_c)^{-1}\Phi_c(H_1)_{cb}(H_1)_{ba} \\ & \times \Big\{ (E - E_b)^{-1}\Big[(E - E_a)^{-1}\sin\frac{T}{\hbar}(E - E_a) \\ & \qquad - (E_a - E_b)^{-1}\exp\frac{i}{\hbar}(E - E_b)T\sin\frac{T}{\hbar}(E_a - E_b)\Big] \\ & - (E_c - E_b)^{-1}\exp\frac{i}{\hbar}(E - E_c)T \\ & \quad \times \Big[(E_a - E_c)^{-1}\sin\frac{T}{\hbar}(E_a - E_c) \\ & \qquad - (E_a - E_b)^{-1}\exp\frac{i}{\hbar}(E_c - E_b)T\sin\frac{T}{\hbar}(E_a - E_b)\Big]\Big\}.\end{aligned}$$

L'énergie du système étant conservée par une durée d'interaction infinie ([3]), nous nous intéresserons uniquement à la valeur de $\Psi_a(E)$ quand E tend vers E_a. L'approximation d'ordre zéro prend alors la valeur $2T\Phi_a$. Comme on peut identifier la limite de 2 T pour T augmentant indéfiniment avec $2\pi\hbar\delta(0)$, on établit un rapprochement entre la limite de $\Psi_a(E_a)/2T$ et la fonction Ψ_a^+. Nous aurons à comparer avec les résultats obtenus à partir de (II).

Puisque nous divisons par 2 T, nous n'aurons à nous occuper que des termes augmentant indéfiniment avec T. Maintenant, du fait que E tend vers E_a, il y aura lieu de fractionner les sommations dans (2) et (3). Pour (2) on sommera

---

([2]) J. SCHWINGER et B. A. LIPPMANN, *Phys. Rev.*, 79, 1950, p. 469.

([3]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1049.

d'abord sur les indices b tels que $E_b \neq E_a$; puis on considérera les termes pour lesquels $E_b = E_a$, $b = a'$. Dans la première sommation on posera $E = E_a + \varepsilon_1$, et dans la seconde $E = E_a + \varepsilon_1$; $E_b = E_a + \varepsilon_2$, les quantités ε_1 et ε_2 étant considérées comme des infiniment petits. La méthode de calcul consiste simplement à conserver les termes qui restent non nuls quand on fait tendre les infiniment petits vers zéro. Après avoir effectué la division par $2T$, on trouve

$$(2') \qquad \sum_{E_b \neq E_a} (E_a - E_b)^{-1} \Phi_b(H_1)_{ba} - i\frac{T}{\hbar}\Phi_{a'}(H_1)_{a'a}.$$

L'approximation équivalente tirée de (II) s'écrit

$$(2'') \qquad \text{v. p.}\frac{1}{E_a - E_b}\Phi_b(H_1)_{ba} - i\pi\,\delta(E_a - E_b)\,\Phi_b(H_1)_{ba},$$

ce qui est le même résultat par suite de l'assimilation de $\lim 2T$ avec $2\pi\,\delta(0)$ et des propriétés de définition de la fonction de Dirac.

Le calcul de (3) exige que soient considérées cinq sommations partielles, on introduira des infiniment petits en nombre convenable pour chaque sommation et l'on ne conservera que les termes restant non nuls quand on les fait tendre vers zéro. Tous calculs faits, il vient :

$$\begin{aligned}(3') \quad & \sum_{E_b \neq E_c \neq E_a} (E_a - E_c)^{-1}(E_a - E_b)^{-1}\Phi_c(H_1)_{cb}(H_1)_{ba} + \sum_{b', E_b \neq E_a} (E_a - E_b)^{-2}\Phi_{b'}(H_1)_{b'b}(H_1)_{ba} \\ & - \sum_{a', E_b \neq E_a} (E_a - E_b)^{-2}\Phi_{a'}(H_1)_{a'b}(H_1)_{ba} - \sum_{a', E_c \neq E_a} (E_a - E_c)^{-2}\Phi_c(H_1)_{ca'}(H_1)_{a'a} \\ & - i\frac{T}{\hbar}\sum_{a', E_b \neq E_a} (E_a - E_b)^{-1}\Phi_{a'}(H_1)_{a'b}(H_1)_{ba} \\ & - i\frac{T}{\hbar}\sum_{a', E_c \neq E_a} (E_a - E_c)^{-1}\Phi_c(H_1)_{ca'}(H_1)_{a'a} - \frac{2}{3}\left(\frac{T}{\hbar}\right)^2\Phi_{a''}(H_1)_{a''a'}(H_1)_{a'a}\end{aligned}$$

A partir de l'équation (II), on aurait

$$\begin{aligned}(3'') \quad & vp\frac{1}{E_a - E_c}\,vp\frac{1}{E_a - E_b}\Phi_c(H_1)_{cb}(H_1)_{ba} - i\pi\frac{\delta(E_a - E_b)}{E_a - E_c}\Phi_c(H_1)_{cb}(H_1)_{ba} \\ & - i\pi\frac{\delta(E_a - E_c)}{E_a - E_b}\Phi_c(H_1)_{cb}(H_1)_{ba} - \pi^2\delta(E_a - E_c)\,\delta(E_a - E_b)\,\Phi_c(H_1)_{cb}(H_1)_{ba}.\end{aligned}$$

On constate que ces deux résultats diffèrent sensiblement : les coefficients du dernier terme diffèrent, et (3′) introduit deux termes nouveaux, dont la présence est mathématiquement assez satisfaisante, puisque dans le cas d'un spectre continu ils font automatiquement apparaître les parties finies des intégrales. Mais nous devons aussi signaler la présence gênante de puissances

successives de $T/\hbar$, qui représentent des puissances de fonction de Dirac au sens mathématique incertain. Il semble donc qu'il faille rechercher une méthode plus élaborée que le simple passage à la limite qui vient d'être étudié.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur le calcul des sections efficaces de diffusion des corpuscules de spins* o, $\hbar/2$ *et* $\hbar$ *par un champ mésique scalaire ou pseudoscalaire.* Note de M. **Gérard Petiau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Calcul covariant des sections efficaces de diffusion entre deux corpuscules de spins o, $\hbar/2$ ou $\hbar$ couplés par un champ mésique de type soit scalaire, soit pseudoscalaire.

Dans une Note précédente (¹) dont nous reprenons ici les notations, nous avons calculé les sections efficaces de diffusion électromagnétique coulombienne entre deux corpuscules A et B de spins o, $\hbar/2$ et $\hbar$. Nous nous proposons ici de calculer ces sections efficaces dans le cas où le champ d'interaction entre A et B est un champ mésique de type soit scalaire, soit pseudoscalaire.

Suivant notre formalisme général nous considérons deux corpuscules A et B de spins o, $\hbar/2$ ou $\hbar$ initialement dans des états d'ondes planes à énergies positives A_0, B_0, d'énergies, impulsions et masses propres réduites K_{A_0}, $\mathbf{K}_{A_0}$, μ_A, K_{B_0}, $\mathbf{K}_{B_0}$, μ_B, d'amplitudes normées u_{A_0}, u_{B_0}. A et B échangent l'impulsion $\mathbf{k}_0 = \mathbf{K}_{A_0} - \mathbf{K}_{A_1} = \mathbf{K}_{B_1} - \mathbf{K}_{B_0}$ par émissions et absorptions du quantum k_0, $\mathbf{k}_0$, μ_0 du champ d'interaction C_0 de type soit scalaire, soit pseudoscalaire et se trouvent finalement dans les états d'ondes planes à énergies positives $A_1(K_{A_1}, \mathbf{K}_{A_1}, \mu_A; u_{A_1})$ et $B_1(K_{B_1}, \mathbf{K}_{B_1}, \mu_B; u_{B_1})$.

Alors que dans le cas du corpuscule de spin $\hbar/2$, on définit dans le cadre de la théorie de Dirac un invariant, un vecteur, un pseudoinvariant et un pseudovecteur représentés respectivement par les matrices α_4, α_μ ($\mu = 0, 1, 2, 3$), $\alpha_1\alpha_2\alpha_3\alpha_4 = \alpha_5$, σ_μ ($\sigma_0 = i\alpha_1\alpha_2\alpha_3$, $\sigma_p = i\alpha_q\alpha_r$), dans le cas des mésons de spins o et $\hbar$, il existe (²) deux invariants représentés par les matrices $\beta_4 = (\alpha_4)^{(1)}(\alpha_4)^{(2)}$, $\beta'_4 = (\alpha_5)^{(1)}(\alpha_5)^{(2)}$, deux vecteurs représentés par les matrices β_μ, β'_μ telles que

$$2\beta_\mu = (\alpha_\mu)^{(1)}(\alpha_4)^{(2)} + (\alpha_4)^{(1)}(\alpha_\mu)^{(2)}, \qquad 2\beta'_\mu = (\sigma_\mu)^{(1)}(\alpha_5)^{(2)} + (\alpha_5)^{(1)}(\sigma_\mu)^{(2)},$$

et dans le cas des mésons de spin $\hbar$ seulement un pseudoinvariant et un pseudovecteur représentés par les matrices $\beta_{5,4}$ et $\beta_{5,\mu}$ telles que

$$2\beta_{5,4} = (\alpha_5)^{(1)}(\alpha_4)^{(2)} + (\alpha_4)^{(1)}(\alpha_5)^{(2)}, \qquad 2\beta_{5,\mu} = (\sigma_\mu)^{(1)}(\alpha_4)^{(2)} + (\alpha_4)^{(1)}(\sigma_\mu)^{(2)}.$$

Pour un champ scalaire ou pseudoscalaire, il existe deux types d'éléments de matrices d'émission ou d'absorption qui s'écrivent par exemple :

$$g\left(\frac{\hbar c}{2k}\right)^{\frac{1}{2}} u_0^* \omega u_1 \quad \text{et} \quad f\left(\frac{\hbar c}{2k}\right)^{\frac{1}{2}} [k u_0^* j_0 u_1 + (\mathbf{k}(u_0^* \mathbf{j} u_1))],$$

(¹) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1601.
(²) G. Petiau, *J. Phys.*, 12, 1951, p. 118.

$\omega, j_0, \mathbf{j}$ représentent suivant la nature du couplage les matrices définissant les invariant et vecteur, pseudoinvariant et pseudovecteur associés à l'émission ou à l'absorption du quantum $(k, \mathbf{k})$.

L'existence de deux invariants et de deux vecteurs dans le cas du couplage scalaire nous conduit à introduire pour les corpuscules de spins o et $\hbar$ deux couples de constantes d'interaction pour chaque corpuscule $(g_A, f_A; g_B, f_B)$ et $(g'_A, f'_A; g'_B, f'_B)$ et dans le cas du couplage pseudoscalaire, pour les corpuscules de spin $\hbar$ seulement, les constantes $(g''_A, f''_A; g''_B, f''_B)$.

Il ne peut y avoir de couplage par un champ pseudoscalaire entre corpuscules de spin o. Par une extension des théorèmes d'équivalence entre interactions en g et f que l'on démontre dans le cas du spin $\hbar/2$, on voit que le couplage en $f_A f_B$ se ramène à une interaction de contact par une fonction δ et que les interactions en $f'_A f'_B$ et $f''_A f''_B$ se ramènent à celles en $g'_A g'_B$ et $g''_A g''_B$ en remplaçant ces coefficients par $g'_A g'_B + 4\mu_A \mu_B c^2 f'_A f'_B$ et $g''_A g''_B + 4\mu_A \mu_B c^2 f''_A f''_B$.

L'élément de matrice du couplage coulombien généralisé s'écrit

$$\mathrm{H}'^{(1)} = g_A g_B \left[\frac{a('u^{\star}_{A_0} \omega^A u_{A_1})(u^{\star}_{B_0} \omega^B u_{B_1})}{2 q_{A_0 A_1} - \mu_0^2} - \frac{b(u^{\star}_{A_0} \omega^A u_{B_1})(u^{\star}_{B_0} \omega^B u_{A_1})}{2 q_{A_0 B_1} - \mu_0^2} \right],$$

$$(g_A, g_B = g_A, g_B;\ g'_A, g'_B;\ g''_A, g''_B)\ (\omega^A = \beta^A_4, \beta'^A_4, \beta^A_{5,4};\ \omega^B = \beta^B_4, \beta'^B_4, \beta^B_{5,4}).$$

Les coefficients numériques a et b permettent de tenir compte de la discernabilité ou de la non-discernabilité ainsi que de la charge ou de la neutralité du champ C_0. (Pour C_0 neutre, si A et B discernables $a = 1$, $b = 0$, si A et B non discernables $a = b = 1$). Nous écrivons

$$q^+_{ij} = q_{ij} = -K_i K_j + (\mathbf{K}_i \mathbf{K}_j) + \mu_i \mu_j; \qquad q^+_{ii} = 0 \qquad (i, j = A_0, A_1, B_0, B_1),$$

$$q^-_{ij} = -K_i K_j + (\mathbf{K}_i \mathbf{K}_j) - \mu_i \mu_j; \qquad q^-_{ij} = q^+_{ij} - 2\mu_i \mu_j; \qquad q^-_{ii} = -2\mu_i^2,$$

$$D_1 = 2 q_{A_0 A_1} - \mu_0^2 = 2 q_{B_0 B_1} - \mu_0^2; \quad D_2 = 2 q_{A_0 B_1} - \mu_0^2 = 2 q_{B_0 A_1} - \mu_0^2; \quad q^+_{A_0 A_1} = q^+_{B_0 B_1}; \quad q^{\pm}_{A_0 B_1} = q^{\pm}_{B_0 A_1}.$$

Pour calculer la section efficace de diffusion nous évaluons par la méthode de notre Note précédente $\overline{|\mathrm{H}'^{(1)}|^2} = g_A^2 g_B^2 S_{A_0 A_1, B_0 B_1}$. Nous obtenons ainsi :

1° A et B tous deux de spin o. Couplage scalaire par β^A_4 et β^B_4 :

$$16(K_{A_0} K_{A_1} K_{B_0} K_{B_1})^2 S_{A_0 A_1, B_0 B_1} = (a D_1^{-1} q^-_{A_0 A_1} q^-_{B_0 B_1} - b D_2^{-1} q^-_{A_0 B_1} q^-_{B_0 A_1})^2;$$

2° A et B tous deux de spin $\hbar$. Couplage scalaire par β^A_4 et β^B_4 :

$$\begin{aligned} &16(K_{A_0} K_{A_1} K_{B_0} K_{B_1})^2 S_{A_0 A_1, B_0 B_1} \\ &\quad = (3 a D_1^{-1} q^-_{A_0 A_1} q^-_{B_0 B_1})^2 + (3 b D_2^{-1} q^-_{A_0 B_1} q^-_{B_0 A_1})^2 \\ &\qquad - 2ab(D_1 D_2)^{-1} [(q^-_{A_0 A_1} q^-_{B_0 B_1} + q^-_{A_0 B_1} q^-_{B_0 A_1} - q^+_{A_0 B_0} q^+_{A_1 B_1})^2 - q^-_{A_0 A_1} q^-_{B_0 B_1} q^-_{A_0 B_1} q^-_{B_0 A_1}]; \end{aligned}$$

3° A et B tous deux de spin o. Couplage scalaire en β'^A_4 et β'^B_4 :

$$16(K_{A_0} K_{A_1} K_{B_0} K_{B_1})^2 S_{A_0 A_1, B_0 B_1} = [a D_1^{-1} (q^+_{A_0 A_1})^2 - b D_2^{-1} (q^+_{A_0 B_1})^2]^2;$$

4° A et B tous deux de spin $\hbar$. Couplage scalaire en β'^A_4 et β'^B_4 :

$$\begin{aligned} &16(K_{A_0} K_{A_1} K_{B_0} K_{B_1})^2 S_{A_0 A_1, B_0 B_1} \\ &\quad = 9a^2 (D_1)^{-2} (q^+_{A_0 A_1})^4 + 9b^2 (D_2)^{-2} (q^+_{A_0 B_1})^4 - 6ab (D_1 D_2)^{-1} (q^+_{A_0 A_1} q^+_{A_0 B_1})^2; \end{aligned}$$

5° A de spin o, B de spin $\hbar$. Couplage scalaire en β_4^A, β_4^B :

$$16(K_{A_0}K_{A_1}K_{B_0}K_{B_1})^2 S_{A_0A_1,B_0B_1} = 3(D_1)^{-2}(q^-_{A_0A_1}q^-_{B_0B_1})^2;$$

6° A de spin o, B de spin $\hbar$. Couplage scalaire $\beta_4'^A$, $\beta_4'^B$:

$$16(K_{A_0}K_{A_1}K_{B_0}K_{B_1})^2 S_{A_0A_1,B_0B_1} = 3(D_1)^{-2}(q^+_{A_0A_1}q^+_{B_0B_1})^2 = 3(D_1)^{-2}(q^+_{A_0A_1})^4;$$

7° A de spin o, B de spin $\hbar/2$. Couplage scalaire en β_4^A, α_4^B :

$$4(K_{A_0}K_{A_1})^2 K_{B_0}K_{B_1} S_{A_0A_1,B_0B_1} = -(D_1)^{-2}(q^-_{A_0A_1})^2 q^-_{B_0B_1};$$

8° A de spin $\hbar$, B de spin $\hbar/2$. Couplage scalaire en β_4^A, α_4^B :

$$4(K_{A_0}K_{A_1})^2 K_{B_0}K_{B_1} S_{A_0A_1,B_0B_1} = -3(D_1)^{-2}(q^-_{A_0A_1})^2 q^-_{B_0B_1};$$

9° A de spin o, B de spin $\hbar/2$. Couplage scalaire en $\beta_4'^A$, α_4^B :

$$4(K_{A_0}K_{A_1})^2 K_{B_0}K_{B_1} S_{A_0A_1,B_0B_1} = -(D_1)^{-2}(q^+_{A_0A_1})^2 q^-_{B_0B_1};$$

10° A de spin $\hbar$, B de spin $\hbar/2$. Couplage scalaire en $\beta_4'^A$, α_4^B :

$$4(K_{A_0}K_{A_1})^2 K_{B_0}K_{B_1} S_{A_0A_1,B_0B_1} = -3(D_1)^{-2}(q^+_{A_0A_1})^2 q^-_{B_0B_1};$$

11° A de spin $\hbar$, B de spin $\hbar/2$. Couplage pseudoscalaire en $\beta_{5,4}^A$, α_5^B :

$$4(K_{A_0}K_{A_1})^2 K_{B_0}K_{B_1} S_{A_0A_1,B_0B_1} = -2(D_1)^{-2} q^+_{A_0A_1} q^-_{A_0A_1} q^+_{B_0B_1} = -2(D_1)^{-2}(q^+_{A_0A_1})^2 q^-_{A_0A_1};$$

12° A et B de spin $\hbar$. Couplage pseudoscalaire en $\beta_{5,4}^A$, $\beta_{5,4}^B$:

$$\begin{aligned}16(K_{A_0}K_{A_1}K_{B_0}K_{B_1})^2 S_{A_0A_1,B_0B_1} \\ = 4a^2(D_1)^{-2} q^+_{A_0A_1} q^+_{B_0B_1} q^-_{A_0A_1} q^-_{B_0B_1} + 4b^2(D_2)^{-2} q^+_{A_0B_1} q^+_{B_0A_1} q^-_{A_0B_1} q^-_{B_0A_1} \\ - ab(D_1D_2)^{-1}\big[4(q^+_{A_0A_1})^2[(q^+_{A_0B_1})^2 + (\mu_A - \mu_B)^2(q^+_{A_0B_1} - \mu_A\mu_B)] + (\varepsilon_{\mu\nu\rho\sigma} K^\mu_{A_0} K^\nu_{A_1} K^\rho_{B_0} K^\sigma_{B_1})^2\big].\end{aligned}$$

THERMOCINÉTIQUE. — *L'échauffement par frottement calculé comme un phénomène de convection solide.* Note (*) de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Eugène Darmois.

Soit le patin d'une machine volante, par exemple, glissant sur le sol à l'atterrissage. Pour déterminer si le frottement devant dissiper l'énergie cinétique ne risque pas d'échauffer exagérément ce patin, on peut étudier séparément les diverses issues de la chaleur : emmagasinement dans la capacité calorique du patin, dissipation par convection dans l'air, disparition dans le sol par conductibilité selon la loi très efficace des contacts brefs. Nous allons ici rechercher si le sol peut suffire à absorber la chaleur du frottement, et nous imaginerons un élément de surface du patin, thermiquement isolé par ailleurs et sans capacité calorique, en contact parfait avec le sol, une certaine densité de flux de chaleur apparaissant à l'intersurface : nous la chiffrerons en admettant que l'énergie cinétique initiale W de la machine disparaît uni-

(*) Séance du 21 avril 1952.

formément en T secondes. Considérons le mouvement relatif du sol par rapport au patin supposé immobile. Le phénomène thermocinétique sera le même que s'il s'agissait du mouvement d'un fluide parfait; nous observerons un phénomène de convection solide que nous traiterons par l'équation approchée de la convection en régime permanent :

$$\lambda \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = c\rho U \frac{\partial T}{\partial t}, \tag{1}$$

laquelle ne considère que le mouvement de la chaleur selon la profondeur z du sol et suppose illimitée la longueur du patin selon laquelle on compte la coordonnée x. λ est la conductivité du sol, $c\rho$ sa chaleur spécifique voluminique, U la vitesse supposée constante.

Nous prendrons comme fonction inconnue le gradient vertical de température $\theta = -\partial T/\partial z$ par lequel s'expriment les données. θ vérifie, comme T, l'équation (1). On écrit que, quel que soit x, θ est égal, pour $z = 0$, à $-W/\lambda\tau S$, S étant la surface du patin, et que θ est nul pour $z = \infty$; cela donne la solution

$$\theta = -\frac{2}{\sqrt{\pi}} \frac{W}{\lambda\tau S} \int_{\frac{z}{2}\frac{\sqrt{c\rho U x}}{\lambda}}^{\infty} e^{-v^2}\, dv.$$

D'où, par intégration par rapport à z, T étant nul à l'infini, et si l'on désigne par $\Phi(u)$ l'intégrale, de u à l'infini, de e^{-v^2}, multipliée par $2/\sqrt{\pi}$:

$$T(z, x) = \frac{W}{\lambda\tau S} \int_{z}^{\infty} \Phi\left(\sqrt{\frac{c\rho U}{\lambda}}\, \frac{\zeta}{2\sqrt{x}}\right) d\zeta.$$

En prenant l'argument de Φ pour nouvelle variable, on trouve

$$T(0, x) = \frac{2W}{\tau S\sqrt{\lambda c\rho U}} \sqrt{x} \int_{0}^{\infty} \Phi(u)\, du = \frac{2AW}{\tau S\sqrt{\lambda c\rho U}} \sqrt{x},$$

A étant la valeur de l'intégrale définie, voisine de 0,186.

La température $T(0, x)$ du patin varie tout le long de sa longueur (nous avons négligé la capacité et la conductibilité). Nous pourrions prendre en considération sa valeur maximum; il est plus sage d'admettre que la conductibilité réelle uniformisera $T(0, x)$ à sa valeur moyenne T_0 que l'on trouve égale, l étant la longueur du patin, à

$$\frac{4A}{3} \frac{W}{\tau} \frac{l^2}{S} \frac{1}{\sqrt{\lambda c\rho U}}.$$

On voit qu'on a intérêt à user de patins larges et courts.

Mettons des chiffres. Soit un véhicule de 5 t, atterrissant à la vitesse de 50 m/s, monté sur deux patins de 1 m de longueur et 10 cm de largeur, freiné en 10 s, par un sol moyen, défini, en unités C. G. S. joules, par $\lambda = 0{,}02$ et

$c\rho = 2$. On trouve une température T_0 de 10 000°, ce qui prouve que, dans ces conditions, il faudrait donner aux patins une capacité calorique notable et favoriser le refroidissement par l'air.

ÉLECTRICITÉ. — *Influence du champ électrique sur l'évolution des lames minces.* Note de MM. **Marcel Perrot** et **Jean-Pierre David**, présentée par M. Jean Cabannes.

Ce travail est relatif à l'influence du champ électrique sur l'évolution de lames minces métalliques (Ag, Al) préparées par vaporisation thermique sous un vide de 10^{-6} mm de Hg. Il met en évidence les écarts que l'on obtient pour les résistivités de ces lames suivant la valeur du champ appliqué au cours de leur évolution.

1. *Introduction.* — On sait que les lames métalliques minces obtenues par évaporation thermique, subissent, sous le vide, après leur préparation, une variation de résistance électrique au cours du temps (vieillissement). Pour des lames déposées sur un support déterminé et étudiées sous un champ électrique constant, le vieillissement dépend de trois facteurs essentiels : le réarrangement cristallin, l'adsorption des gaz, l'action chimique des gaz.

La forme des courbes d'évolution de la résistance R en fonction du temps t dépend de l'épaisseur du dépôt ($\Delta R/\Delta t > 0$ pour les lames granulaires G; $\Delta R/\Delta t < 0$ pour les lames continues C).

Dans les premières minutes qui suivent l'évaporation, $\Delta R/\Delta t$ est grand (domaine I) et au bout de quelques heures (domaine III) $\Delta R/\Delta t$ est faible ou nul. Le domaine II correspond au coude de la courbe d'évolution.

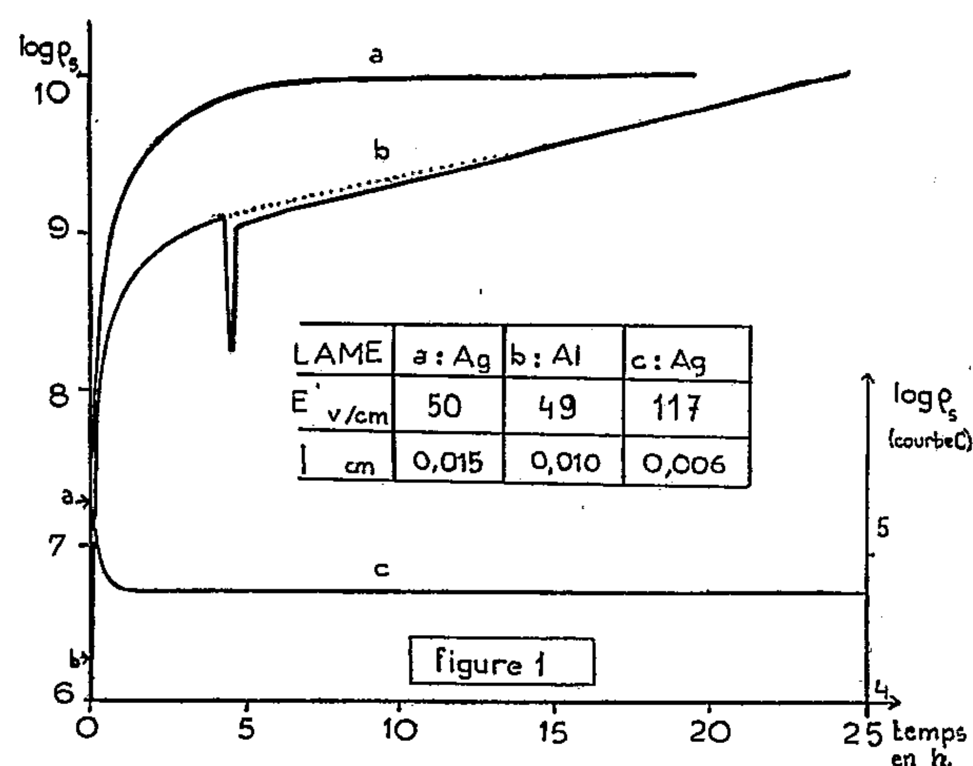
Pour les lames d'argent (G et C) et d'aluminium (G) nous avons tracé les courbes d'évolution et étudié l'influence du champ électrique sur cette évolution sous un vide de 10^{-6} mm de Hg.

2. *Technique expérimentale.* — On a préparé, sur un support en verre, deux films épais d'argent, contigus et isolés. Sur chaque film, l'argent a été supprimé sur une bande de largeur l et de longueur L; dans le sillon ainsi formé on a pu déposer en même temps deux films métalliques très minces (F_1, F_2) (angle de projection $< 3°$) et étudier leur évolution sous des champs électriques différents E_1 et E_2.

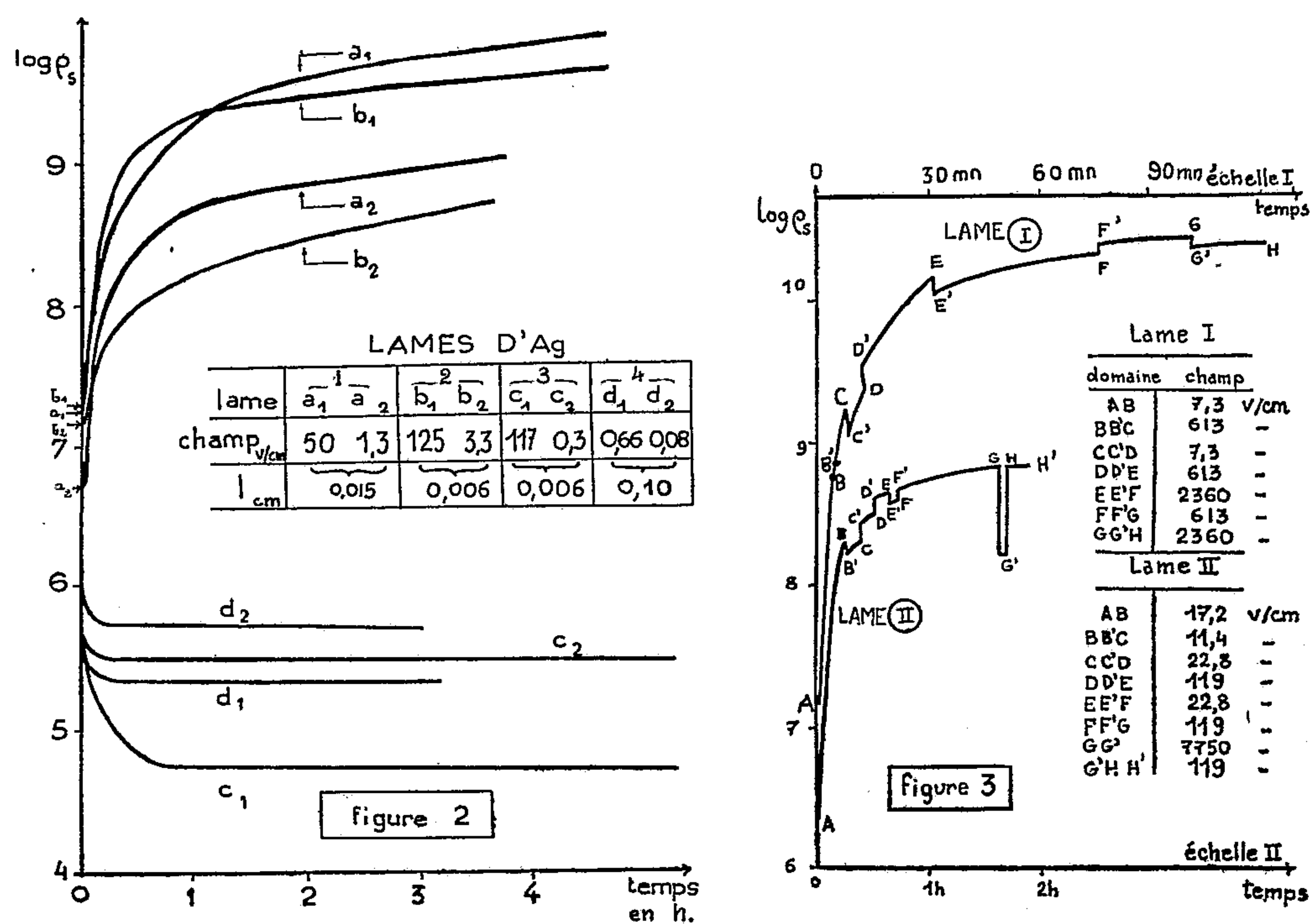
3. *Résultats.* — Les résistances mesurées ont été rapportées à un sillon de dimensions $L = l = 1$ cm (ρ_S en ohms). On a tracé, pour une quinzaine de lames, $\log \rho_S = f(t)$.

La figure 1 est relative à l'évolution de deux lames d'argent (G et C) et d'une lame d'aluminium (G). Dans le domaine III la résistance des lames d'argent tend vers une limite, pratiquement atteinte au bout de 10 h, tandis qu'il n'en est pas de même pour l'aluminium (action chimique des gaz).

En outre dans le cas de l'aluminium (domaine III) une variation positive temporaire ΔE est suivie du phénomène de traînage déjà signalé [1]



La figure 2 se rapporte à l'évolution de quatre lames d'argent. Les films F_1 ont été placés sous un champ électrique E_1 constant, depuis le début de la



projection jusqu'à la fin de l'expérience. La résistance des films F_2 est mesurée périodiquement sous un champ E_2 très faible ($E_2 \ll E_1$).

---

(1) A. Blanc-Lapierre, M. Perrot et J.-P. David, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1134.

On a constaté que pour les lames granulaires la courbe d'évolution sous le champ le plus fort E_1 est toujours au-dessus de celle correspondant au champ le plus faible E_2. Ces résultats sont inversés dans le cas des lames continues.

Les courbes de la figure 3 représentent l'influence d'une variation ΔE du champ appliqué sur l'évolution d'une lame lacunaire d'argent. Dans le domaine III de la courbe d'évolution, on retrouve les écarts à la loi d'Ohm déjà signalés (1) ($\Delta E/\Delta\rho_S < 0$). Dans les domaines I et II, au contraire, on trouve $\Delta E/\Delta\rho_S > 0$. Ceci confirme d'ailleurs les résultats obtenus dans l'étude comparée de l'évolution de deux films de même épaisseur placés sous des champs électriques différents.

ÉLECTRICITÉ. — *Conductibilité et effet de scintillation des dépôts de carbone très minces*. Note de M. **Nicolas Nifontoff**, présentée par M. Jean Cabannes.

On compare pour des dépôts de carbone très minces les variations de la résistance en fonction du courant I et les variations de l'effet de scintillation (fréquence : 6000 c/s) en fonction de I.

Dans deux Notes, auxquelles je renvoie pour les notations, j'ai indiqué en collaboration avec A. Blanc-Lapierre et M. Perrot quelques résultats sur la conductibilité et l'effet de scintillation de dépôts très minces de carbone (1). J'ai repris cette étude avec un appareillage plus sensible et permettant, pour chaque I, la mesure *quasi simultanée* de R et $\overline{e_\nu^2}$. J'ai opéré dans des conditions plus variées (air ambiant, air desséché, vide). Je donne les résultats relatifs à dix lames de carbone ($R < 100\,000\ \Omega$) obtenues à partir de camphre.

1. *Variations de résistance*. — Le réseau ($\mathcal{R}_c$) des caractéristiques donnant Log R en fonction de Log I comporte des *caractéristiques réversibles* Γ_r et une *caractéristique irréversible* Γ_i (1), (2). L'étude du domaine D (1) poussée jusqu'à $I < 1\ \mu A$, révèle des Γ_r sensiblement horizontales (loi d'Ohm valable). L'étude du domaine C (1), faite jusqu'à $I = 3$ mA, montre que, pour les grands I, la pente des Γ_r tend, sur toutes les caractéristiques de toutes les lames, vers une même valeur limite a_l. La forme des Γ_r est la même pour l'air, ordinaire ou sec, et pour le vide. La pente de Γ_i est plus grande dans le vide que dans l'air. Une lame stabilisée à l'air présente, si on la met sous vide, une nouvelle caractéristique irréversible. De plus, une diminution de pression fait décroître légèrement R_0 (valeur de R pour $I = 0$) et inversement. J'ai obtenu les valeurs limites suivantes pour les pentes des caractéristiques aux grandes valeurs de Log I.

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 141 et 241.

(2) M. Perrot et R. Lavergne, *Archives originales du C. N. R. S.*, nos 321-195.

Caractéristiques réversibles :

$$a_l = 0{,}37 \qquad \text{(air ou vide)};$$

Caractéristiques irréversibles :

$$a_l = 0{,}50 \qquad \text{(air)} \qquad \text{et} \qquad a_l = 0{,}74 \qquad \text{(vide)}.$$

Pour de grands $I (I > 500\ \mu A)$ la résistance de la lame subit au cours du temps une variation irréversible à I constant (diminution de R dans l'air, augmentation dans le vide). L'accroissement de la précision des mesures a montré que les caractéristiques Γ_r ne sont pas absolument réversibles, mais présentent une légère hystérésis. La figure 1 *a* représente un réseau $\mathcal{R}_c$.

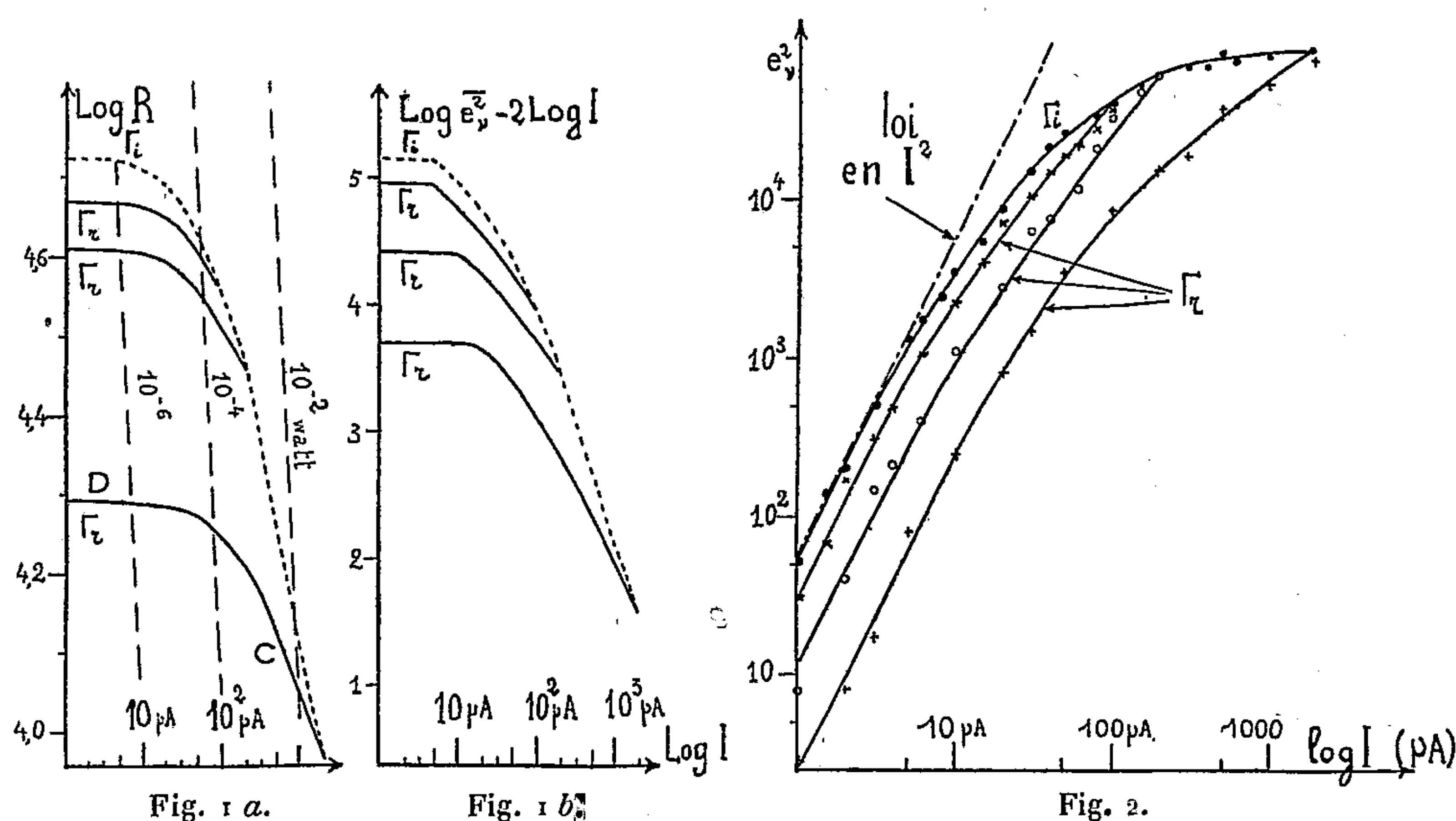


Fig. 1 *a*. Fig. 1 *b*. Fig. 2.

2. *Effet de scintillation*. — La mesure de chaque valeur de R a été immédiatement suivie de la mesure de $\overline{e_\nu^2}$ ($\nu = 6\,000$ c/s) faite dans les mêmes conditions. A côté de $\mathcal{R}_c$, on a donc, pour chaque lame, un réseau $\mathcal{R}_s$ donnant $\operatorname{Log} \overline{e_\nu^2}$ en fonction de Log I. $\mathcal{R}_c$ et $\mathcal{R}_s$ se correspondent donc exactement point par point. $\mathcal{R}_s$ a, lui aussi, des caractéristiques Γ_r et une caractéristique Γ_i (*fig.* 2). L'étude des réseaux $\mathcal{R}'_s$ obtenus en portant en ordonnée $y = \operatorname{Log} \overline{e_\nu^2} - 2 \operatorname{Log} I$ en fonction de Log I précise les écarts à la « loi en I² » déjà signalés par certains auteurs ([1]), ([3]), ([4]). Les figures 1 *a* et 1 *b* représentent les réseaux $\mathcal{R}_c$ et $\mathcal{R}'_s$ pour une même lame. $\mathcal{R}_c$ et $\mathcal{R}'_s$ sont semblables pour une même lame. Les domaines D se correspondent (loi d'Ohm et loi en I² simultanément valables). Soit y_0 la valeur de y pour I très petit; y_0 suit les variations de $\operatorname{Log} R_0$ (si l'on

([3]) BERNAMONT, *Ann. Phys.*, 7, 1937, p. 71.
([4]) SURDIN, *Rev. gén. Électr.*, 47, 1940, p. 97; *J. Phys.*, 12, 1951, p. 777.

passe d'une caractéristique Γ_r à une autre, ou si l'on fait varier la pression). Pour une lame déterminée, les variations de y_0 d'une caractéristique à une autre sont environ trois fois plus grandes que celles de $\text{Log}\,R_0$; par contre, pour le domaine C qui avait surtout été étudié dans les Notes antérieures (1) il faut remplacer le facteur 3 par un facteur voisin de 6. Les caractéristiques Γ_r de $\mathcal{R}'_s$ sont encore semblables pour l'air et pour le vide; mais, dans le vide, le bruit devient irrégulier et difficile à mesurer aux fortes intensités.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'évolution thermique des lames minces d'or et les points de transformation d'A. Féry*. Note de MM. **Antoine Colombani** et **Gaston Ranc**, présentée par M. Gustave Ribaud.

André Féry a montré qu'en chauffant des couches minces de platine noir obtenu par pulvérisation cathodique dans l'air sec, on obtenait le platine usuel par une transformation discontinue présentant sept seuils de transformations isothermes : 53, 83, 97, 114, 140, 241 et 340° décelés par la variation de résistivité électrique des dépôts. Ces résultats furent discutés car la présence du gaz de décharge, malgré la reproductibilité des phénomènes, pouvait en partie expliquer l'existence et l'importance de ces « points de transformation » (1).

Nous avons repris sur l'or l'étude de Féry. Très brièvement, le dépôt est obtenu par évaporation d'or dans le vide de la pompe à diffusion sur une lame de silice polie, munie de contacts électriques. L'ensemble se trouve à l'intérieur d'un four électrique vertical qui peut atteindre 1400° C. Une enceinte métallique comportant latéralement et à sa base (démontable) une circulation hélicoïdale d'eau maintient le tout (*fig.* 1). Un couple (Pt-Rh) placé contre la lame dans le four donne sa température qui est régulée et enregistrée par un Meci. La résistance électrique des dépôts est mesurée au pont de précision.

Résultats expérimentaux. — Comme A. Féry, nous n'avons considéré que des épaisseurs comprises entre 2 000 et 10 000 Å.

1° *Épaisseurs supérieures à* 5 000 Å (*fig.* 2 : A_1, A_2). — Lorsque l'on commence à les chauffer très lentement (1° par 5 m) depuis 20° C, on constate toujours une diminution de la résistivité qui correspond à une cristallisation terminée à 140°. Au-dessus de 140°. toute élévation de température se traduit par un accroissement de la résistivité électrique. Après refroidissement, puis réchauffement, on obtient une courbe de résistivité réversible dont les coefficients de température suivant les différentes régions correspondent aux données des tables numériques pour l'or usuel. Remarquons que 140° est un des points donnés par Féry pour le platine

(1) A. Féry, *Thèse sur les couches minces de platine* (*Ann. Phys.*, novembre 1932).

et qu'entre 20 et 140°, le phénomène est identique à celui qui a été observé par l'un de nous (²) dans le cas du nickel, en ce sens qu'une évolution acquise pour un échauffement jusqu'à la température t_1 reste définitivement acquise pour les températures inférieures à t_1 : si l'on dépasse t_1 une nouvelle évolution se manifeste conduisant à une couche réversible jusqu'à la température t_2 à laquelle on a totalisé les phénomènes d'évolution.

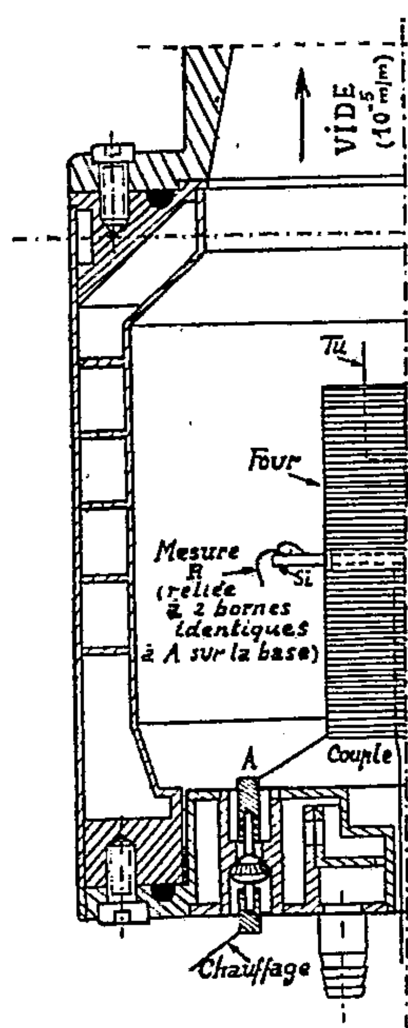


Fig. 1.

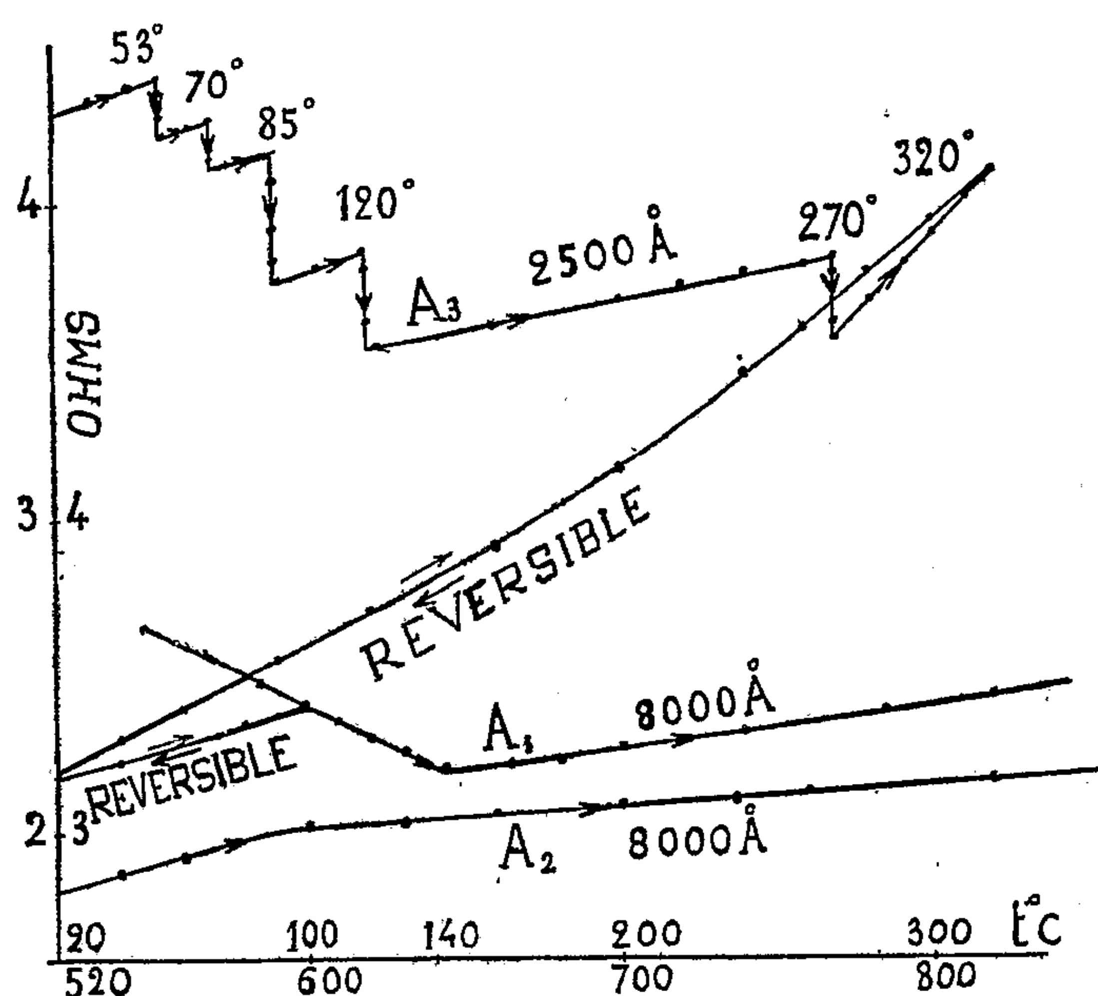


Fig. 2.

2° *Épaisseurs de Féry* : 2 000 *à* 5 000 Å (*fig.* 2 : A_3). — *Le phénomène devient semblable à celui que Féry a observé sur le platine d'ionoplastie.* Si l'on chauffe lentement ces dépôts, leur résistivité croît d'abord d'une façon réversible avec la température. Puis, dès que celle-ci atteint un certain seuil, la résistance décroît isothermiquement de manière irréversible et atteint une valeur stable. En augmentant à nouveau la température, les mêmes phénomènes se reproduisent. Pour plusieurs couches dans ce domaine d'épaisseur, nous avons trouvé les seuils : 53, 70, 85, 120 et 270°. Entre chacun d'eux, le dépôt a des propriétés bien définies, mais ce n'est qu'après chauffage au voisinage de 270° que ces propriétés deviennent celles de l'or usuel (résistivité et coefficient de température).

Les chutes de résistance dans chaque « seuil » sont certainement des cristallisations successives, *l'édifice cristallin ne se modifiant en fonction de*

(²) A. Colombani, *Thèse sur les couches minces de nickel* (*Ann. Phys.*, juin 1943).

la température que lorsque son énergie interne est suffisante, donc par paliers. Pour chaque épaisseur, le phénomène est reproductible, mais bien que les températures de ces « seuils » rappellent ceux de Féry, il est impossible, pour l'or, de parler de « points de transformation ». Le platine de Féry est du platine noir. Par chauffage, il se transforme (cristallisation et désadsorption) progressivement en platine blanc. Les dégazages ont lieu pendant les paliers isothermes, fait qui peut expliquer l'importance des chutes de résistivité beaucoup plus grandes dans les seuils du platine que dans ceux de l'or où l'influence des gaz est pratiquement nulle.

MAGNÉTISME. — *De l'influence des champs cristallins sur les propriétés magnétiques du cobalticyanure de néodyme anhydre et des nickelocyanures de beryllium et de néodyme hydratés.* Note de MM. **Nicolas Perakis** et **Triphon Karantassis**, présentée par M. Gaston Dupouy.

1. Les cyanures constituent dans la théorie de Van Vleck ce cas exceptionnel où le champ cristallin devient assez fort pour modifier essentiellement le comportement du porteur de moment, en détruisant le couplage *ll* de Russell-Saunders. Ainsi, par exemple, $Fe(CN)_6K_4$ est diamagnétique ($S = 0$) alors que le moment théorique de spin de l'ion libre Fe^{++} est $4{,}90\ \mu_B$ ($S = 2$). Toutefois les cyanures considérés par Van Vleck contiennent en général un seul ion magnétique figurant dans l'anion du sel.

2. Les cyanures dont une étude thermomagnétique est résumée dans le tableau qui suit ont été préparés et analysés par l'un de nous [1]. Ils sont très stables à la température ordinaire. Pour les mesures magnétiques, nous avons utilisé la méthode d'attraction dans un champ non uniforme avec SO_4Ni, $SO_4(NH_4)_2$, $6H_2O$ comme substance étalon $\chi . 10^6 = 10{,}8$ à 20°C. L'intervalle de température exploré s'étend en général de la température ambiante à celle de l'azote liquide.

T température (ou intervalle de température) en degrés absolus, χ_M coefficient d'aimantation moléculaire du sel, χ_R diamagnétisme du reste de la molécule, Θ point de Curie, C_A constante de Curie atomique, p_m moment mesuré et p_s moment théorique exprimés en magnétons de Bohr.

La correction du diamagnétisme du reste de la molécule, χ_R, a été tirée, pour les sels (5) et (6) respectivement des sels (1) et (2), pour le sel (4) du sel (2) et des amidosulfonates NH_2SO_3K et $(NH_2SO_3)_2Be$, dont les coefficients d'aimantation moléculaires sont respectivement $-54{,}1 . 10^{-6}$ et $-141 . 10^{-6}$. Ces deux amidosulfonates ont été aussi préparés et étudiés par nous. L'amidosulfonate de beryllium et les nickelocyanures de thallium et de beryllium ne sont pas magnétiquement purs : les coefficients d'aimantation relatifs à ces sels sont des valeurs extrapolées jusqu'à H_∞.

---

(1) T. Karantassis et P. Sakellarides, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1640; T. Karantassis, G. Vassiliadis et N. Perakis, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1720.

Substance.	T.	$\chi_M \cdot 10^6$.	$-\chi_R \cdot 10^6$.	Θ.	C_A.	p_m.	p_s.
(1) $Co(CN)_6K_3 = 332,3$, cristaux jaune clair..............	297-197	−132	–	–	–	–	–
(2) $Ni(CN)_4K_2 . H_2O = 259,0$, cristaux jaune or........	288-285	−104	–	–	–	–	–
(3) $Ni(CN)_4Tl_2 = 571,5$, cristaux tricliniques orangés :							
forme en aiguilles......	290	−135	–	–	–	–	–
forme tabulaire........	288-285	−140	–	–	–	–	–
(4) $Ni(CN)_4Be . 2H_2O = 207,8$, poudre bleu pâle........	–	–	149	− 1	0,749 (±0,003)	2,46	2,83
%. Trouvé. Calculé.	288,0	2 432					
Be........ 5,07 5,20	274	2 568					
Ni........ 34,01 34,17	250	2 846					
OH_2...... 16,07 16,05	206	3 471					
(5) $Co(CN)_6Nd = 359,8$, cristaux fins rose foncé..........	291,2	4 354	84	−57	1,542 (±0,013)	3,53	3,68
	274	4 534					
	251	4 926					
	199	5 887					
	80	11 276					
(6) $[Ni(CN)_4]_3Nd_2.7H_2O = 902,9$, poudre violet pâle.......	286,2	12 105	264	−45	2,048 (±0,008)	4,05	3,68
%. Trouvé. Calculé.	274	12 546					
Nd........ 37,11 37,15	251	13 581					
Ni........ 22,13 22,30	207	16 065					
OH_2...... 20,63 20,87	85	31 140					

3. Dans les cobalticyanures de potassium et de néodyme, le cobalt est diamagnétique : $\chi_M = -18.10^{-6}$, tandis que l'ion libre Co^{+++} est paramagnétique : $p_s = 4,90$. Il en est de même du nickel : $\chi = -15.10^{-6}$, dans tous les nickelocyanures étudiés ici, sauf dans $Ni(CN)_4Be.2H_2O$. Dans celui-ci le nickel se comporte comme un ion libre Ni^{++}, encore que son moment réduit (2,46) soit l'indice de fortes actions cristallines : assez fortes pour détruire le couplage orbite-spin et même affecter le couplage *ll*, sans toutefois annuler le nombre quantique S, comme dans les autres nickelocyanures et dans les cobalticyanures, ainsi que dans $Fe(CN)_6K_4$. C'est à $Fe(CN)_6K_3$ qu'il faudrait plutôt comparer $Ni^{II}(CN)_4Be^{II}.2H_2O$ dont l'analyse chimique figurant dans le tableau ci-dessus confirme la constitution moléculaire. Le sel de fer a bien le paramagnétisme réduit du sel de nickel, avec un déficit de moment relativement beaucoup plus grand : $S \sim 1$ au lieu de $S = 5/2$, prévu par la règle de Hund, s'il n'en a pas la symétrie.

Le moment 3,53 observé pour l'ion Nd^{+++} dans le cobalticyanure anhydre, est de 4 % inférieur au moment théorique 3,68 de Van Vleck et Miss Frank.

Un déficit de cet ordre a été observé dans les sels simples NdF_3 (3,41), $Nd_2(SO_4)_3$ (3,47) et Nd_2O_3 (3,42 et 3,32) par différents auteurs (²); les actions cristallines qu'il peut évoquer ne sont donc pas particulières à la structure anormale des cyanures.

La valeur élevée du moment de l'ion Nd^{+++} dans le nickelocyanure à 7 molécules d'eau, surpassant de 9 % environ le nombre théorique, ne résulte pas d'erreurs expérimentales : les poids moléculaires calculé et trouvé pour ce complexe magnétiquement pur se confondent, en effet, à 3 °/₀₀ près, ainsi que l'indique l'analyse chimique consignée dans le tableau. A moins de l'attribuer à une libération très faible et peu vraisemblable du nickel coordonné, on peut penser qu'il s'agit d'une propriété normale de l'ion Nd dans un sel contenant de nombreuses molécules d'eau de coordination. Les valeurs suivantes du moment ont été signalées : 3,83 dans $Nd_2(SO_4)_3.8H_2O$ (³); 3,82 dans $Nd_2Mg(SO_4)_4$ dissous (⁴).

En résumé, dans les cyanures étudiés dans ce travail, si le nickel et le cobalt entrent dans le cas exceptionnel de la théorie des champs cristallins de Van Vleck, le comportement de l'ion libre Nd^{+++} peut être considéré comme aussi normal que dans les sels simples.

EFFET RAMAN. — *Anomalies dans le spectre de diffusion des cristaux piezoélectriques. I. Mise en évidence des ondes élastiques longitudinales et transversales dans les cristaux cubiques.* Note de Mme **Lucienne Couture-Mathieu**, MM. **Henri Poulet** et **Jean-Paul Mathieu**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans les cristaux cubiques, les vibrations propres triplement dégénérées se décomposent en une vibration longitudinale simple et une vibration transversale double, selon les directions relatives du moment dipolaire de la vibration et de la direction de propagation de l'onde. La théorie de l'effet Raman de ces vibrations donne l'explication de la polarisation anormale de certaines raies du chlorate et du bromate de sodium.

On trouve dans le spectre de Raman du chlorate de sodium, une raie surnuméraire (1 026 cm^{-1}), d'intensité relativement forte, qui possède des caractères de polarisation ne permettant pas de la classer dans les types A, E ou F des vibrations des cristaux cubiques. Les interprétations que l'on pourrait proposer : harmonique, fréquence de combinaison, résonance de Fermi, pouvoir rotatoire, etc., ont fait l'objet d'une étude critique (¹) d'où il ressort que

(²) *Le Magnétisme* (*Institut International de Coopération Intellectuelle*, III, 1940, p. 161.

(³) P. W. Selwood, *J. Amer. Chem. Soc.*, 55, 1933, p. 3161 et 4869.

(⁴) G. Dupouy, *Comptes rendus*, 202, 1938, p. 646.

(¹) L. Couture et J.-P. Mathieu, *Ann. Phys.*, 3, 1948, p. 521; J.-P. Mathieu, *J. Chim. Phys.*, 46, 1949, p. 58.

l'origine et le comportement de cette raie posent un problème encore non résolu, que nous nous proposons d'aborder ici.

Dans le cas d'un cristal cubique du type ClNa, plusieurs auteurs ([2]) ont montré que la fréquence d'une onde élastique dont le vecteur de propagation $\vec{k} = 1/\lambda$ n'est pas nul et qui transporte une vibration optique produisant un moment dipolaire dans la maille, dépend de la direction de propagation de l'onde par rapport à la direction de la vibration; pour une même longueur d'onde, on peut distinguer des ondes élastiques transversales et longitudinales, de fréquences nettement différentes, ces dernières étant plus élevées.

C'est seulement dans les cristaux piézoélectriques que les vibrations optiques produisant un moment dipolaire peuvent être actives dans l'effet Raman. Dans ces cristaux, nous appellerons onde longitudinale une onde dont la vibration produit un moment dipolaire ayant la direction du vecteur de propagation $\vec{k}$ et onde transversale une onde dont la vibration produit un moment dipolaire perpendiculaire à $\vec{k}$.

On sait que dans les cristaux cubiques, seules les vibrations triplement dégénérées de type F produisent un moment dipolaire $\vec{M}$. Nous supposerons que ces vibrations se séparent en une vibration longitudinale et deux vibrations transversales, ces dernières dégénérées entre elles par raison de symétrie.

A chaque vibration triplement dégénérée correspondent trois coordonnées normales q', q'' et q''' et trois tenseurs de polarisabilité dérivés $\partial T/\partial q'$, $\partial T/\partial q''$, $\partial T/\partial q'''$ ([3]). On peut représenter vectoriellement les coordonnées normales, en leur donnant la même direction que le moment de dipôle $\vec{M}$ dans la vibration correspondante. Par une transformation de coordonnées, on peut passer des vecteurs $\vec{q}'$, $\vec{q}''$, $\vec{q}'''$ à trois autres vecteurs : l'un $\vec{q}_l$ ayant la direction de $\vec{k}$ et les deux autres q_t et $q_{t'}$, orthogonaux et perpendiculaires à $\vec{k}$. On obtient facilement par identification les expressions des tenseurs dérivés correspondants : $\partial T/\partial q_l$, $\partial T/\partial q_t$, $\partial T/\partial q_{t'}$ dans chacun des cas d'étude expérimentale qui ont été définis ailleurs ([1]). De là, on passe aux tableaux d'intensités. Le premier, relatif à l'onde longitudinale, est obtenu en élevant au carré les coefficients du tenseur $\partial T/\partial q_l$; le second, relatif à l'onde transversale, en prenant la somme des carrés des coefficients correspondants des deux tenseurs $\partial T/\partial q_t$ et $\partial T/\partial q_{t'}$.

On calcule alors les facteurs de dépolarisation que doivent avoir les raies qui correspondent aux vibrations longitudinales ρ_l et celles qui sont dues aux vibrations transversales ρ_t.

([2]) R. H. LYDDANE et K. F. HERZFELD, *Phys. Rev.*, 54, 1938, p. 846; H. FROHLICH et N. F. MOTT, *Proc. Roy. Soc.*, A, 171, 1939, p. 496; J. COUTURE, *Revue Scientifique*, 85, 1947, p. 86.

([3]) L. COUTURE et J.-P. MATHIEU, *J. Phys.*, 6, 1945, p. 314.

Le tableau permet de comparer ces prévisions aux résultats expérimentaux pour le chlorate de sodium. Le montage est celui de l'effet Raman transversal; Ox est la direction d'éclairement, Oy celle de la lumière diffusée, $\vec{k}$ est à 45° de Ox et à 135° de Oy. Bien que les valeurs de ρ soient très sensibles aux erreurs de taille et d'orientation du cristal dans le montage, l'accord entre la théorie et l'expérience est suffisant pour montrer que l'une des raies de type F que l'on prévoit dans le spectre de haute fréquence ([1]) se décompose en une raie à 987 cm^{-1} correspondant aux vibrations transversales et une raie à 1026 cm^{-1} correspondant aux vibrations longitudinales.

		ρ expérimental.		ρ théorique				
		987.	1026.	Trans.	Long.	F.	E.	A.
Cas 1	l.n.	2,8	0,9	3	1	2	0	0
	E_y	1,4	0,06	2	0	1	In.	In.
Cas 2a	(l.n.)	2,3	0,7	3	1	2	0	0
Cas 2b	l.n.	0,4	1,1	0,33	1	0,50	3	0
	E_y	0,6	14	0,50	∞	1	In.	In.
Cas 3$a\alpha$	l.n.	0,6	0,3	0,75	0,17	0,40	2	0
	E_z	1,8	0,06	∞	0	0,33	2	0
Cas 3$a\beta$	(E_z)	0,35	t. f.	0,33	In.	0,33	2	0

l.n. : lumière incidente naturelle; E_y, E_z : lumière incidente polarisée; In. : vibration inactive; cas 3$a\alpha$: angle (C_2^z. k) = 9°44′; cas 3$a\beta$: angle (C_2^z, k) = 99°44′; t. f. = très faible.

Le spectre d'absorption infrarouge du chlorate de sodium en poudre montre seulement une forte bande à 990 cm^{-1}. La vibration transversale est donc active en absorption, tandis que la vibration longitudinale ne l'est pas, comme permet de le prévoir la transversalité du champ électrique des ondes lumineuses. La vibration longitudinale n'apparaît pas dans le spectre Raman des solutions.

La raie située à 845 cm^{-1} dans le spectre Raman du bromate de sodium a des caractères de polarisation analogues à ceux de la raie 1026 cm^{-1} du chlorate; elle est également inactive en infrarouge.

Ainsi s'explique l'origine de raies surnuméraires et de polarisation anormale dans le spectre Raman de cristaux cubiques piézoélectriques, en même temps qu'est mise en évidence par l'effet Raman la séparation des ondes élastiques longitudinales et transversales.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur l'émission de neutrons par le samarium.* Note (*) de M. **Maurice Nahmias**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Poursuivant l'étude de faibles émissions de neutrons ([1]) avec des compteurs

(*) Séance du 7 avril 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 203, 1951, p. 1185.

proportionnels à BF_3, j'ai essayé de mettre en évidence le phénomène observé, par voie de traces photographiques, par Yagoda et Kaplan ([2]). Malgré l'important coefficient d'absorption du Sm pour les neutrons lents, ces auteurs ont mis en évidence une émission de neutrons par Sm_2O_3 cinq fois plus faible que celle de la fission spontanée de l'uranium. Le sujet présente un intérêt particulier du fait que la transition α du ${}^{147}_{62}Sm$ au ${}^{143}_{60}Nd$ donne un noyau ayant 83 neutrons. Le ${}^{139}_{56}Ba$ a également 83 neutrons, soit un de plus que la couche ou nombre magique 82, et l'on sait que ce noyau émet un neutron. Si l'on admet que la période du ${}^{147}Sm$, de concentration isotopique, 15 %, est de 10^{12} années, on trouve qu'une molécule-gramme de Sm émet quelques 160 000 α de 2,2 MeV/m. J'ai utilisé 1 kg de Sm_2O_3 exempt de Be et contenant moins de 1 % d'impuretés. La composante neutronique qui serait due aux particules alpha du Sm est par conséquent négligeable.

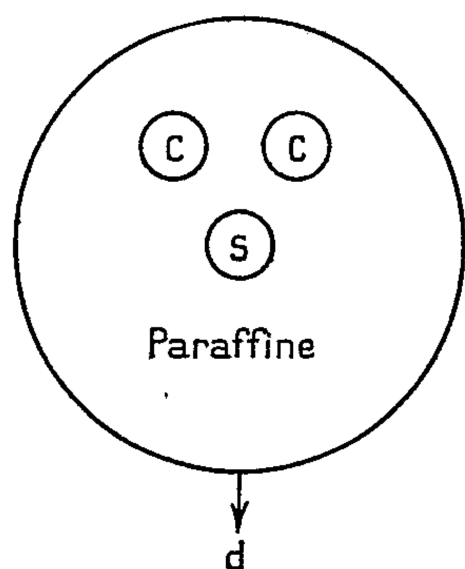


Fig. 1.

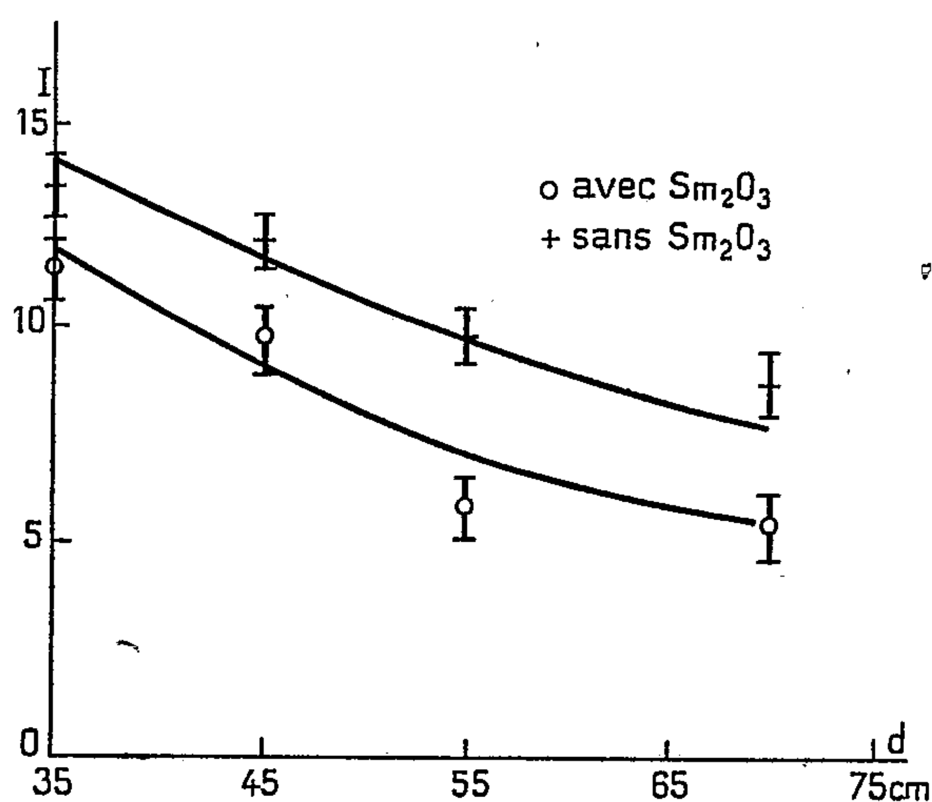


Fig. 2.

Deux compteurs en laiton de 35 cm de long, 5 cm de diamètre et de 12 cm de pression de BF_3, sont branchés en parallèle sur un amplificateur proportionnel. Ils sont placés dans un cylindre en paraffine de 50 cm de hauteur et 30 cm de diamètre (*fig.* 1). Dans l'axe du cylindre on place soit le sel de Sm, dans un sachet en cellophane, soit 1 kg d'oxydes d'uranium.

Le mouvement propre de l'ensemble est de $0{,}9 \pm 0{,}15$ c.min. et passe à $1{,}9 \pm 0{,}3$ avec le sel d'uranium tandis qu'il n'est que de $0{,}8 \pm 0{,}15$ avec 1 kg de Sm_2O_3. Le rendement, mesuré avec une source de 1 mg de Ra mélangé à du Be, placée en *s*, à mi-hauteur de l'axe du cylindre de paraffine, est de 7 pour 10 000. Le flux de neutrons mesuré avec l'oxyde d'uranium, donne une période de fission spontanée de 235 U de l'ordre de 10^{15} années, en accord

([2]) *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 702.

avec des expériences déjà décrites (1) et effectuées avec un dispositif analogue. La figure 2 montre les variations des courants mesurés en fonction de la distance d source-compteurs, avec et sans 1 kg de Sm_2O_3. La loi en $1/d^2$ est vérifiée dans les deux cas d'une façon satisfaisante. Le sel de Sm réduit d'environ 20 % le flux de neutrons de la source.

Bien qu'à la limite de détection de l'effet prévu, j'aurais dû observer, en présence du Sm, un courant légèrement supérieur au mouvement propre, soit environ 1,1 c/mn au lieu de 0,9 c/mn. J'observe, au contraire, une légère diminution (0,8 c/mn) due à l'absorption des neutrons cosmiques par le Sm.

En cours d'expériences un article de Chatterjee et Olcott (3) infirme également les résultats de Yagoda et Kaplan. Utilisant un système plus sensible que le mien (six compteurs à 45 cm de pression de $B_{10}F_3$), ces chercheurs trouvent aussi une diminution de l'ordre de 20 % du rendement en neutrons de leur ensemble expérimental, en présence d'oxalate de Sm (782 g de Sm).

Les traces photographiques observées par Yagoda et Kaplan ne sont par conséquent pas dues au Sm ou au Nd.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Nouvelle détermination des intensités des groupes de structure fine de la transmutation* $AcC \xrightarrow[\gamma]{\alpha} AcC''$. Note (*) de Mme **Glaphyra Vieira** et Mlle **Lidia Salgueiro**, présentée par M. Frédéric Joliot.

La complexité du rayonnement α émis par l'AcC a été établie par Rutherford et ses collaborateurs (1), à l'aide de la chambre à ionisation différentielle. Ces auteurs ont montré que l'AcC émettait deux groupes de rayons α.

La méthode de spectrographie magnétique a également été appliquée à l'étude de l'AcC sans que de nouvelles composantes aient pu être décelées (2), (3).

Grâce à des plaques sensibles aux rayons α individuels exposées dans le Grand Aimant permanent de Bellevue et mises à notre disposition par MM. Rosenblum et Valadares, nous avons pu déterminer avec précision le rapport d'intensité des deux raies qui constituent ce spectre. Les clichés ont

(3) *Phys. Rev.*, 85, 1952, p. 147.

(*) Séance du 21 avril 1952.

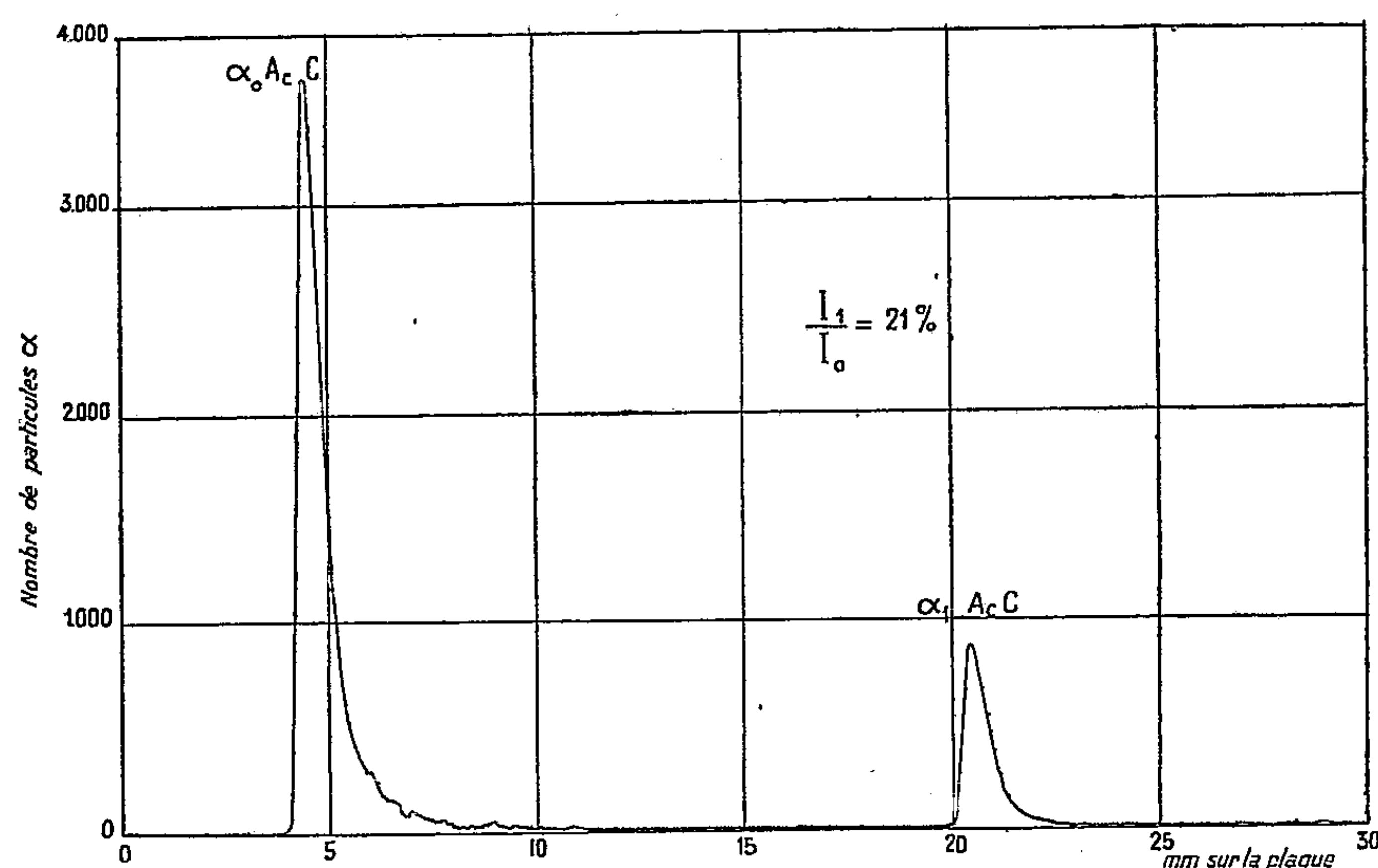
(1) Rutherford, Ward et Wynn-Williams, *Proc. Roy. Soc.*, A, **129**, 1930, p. 211; Rutherford et Wynn-Williams, *Proc. Roy. Soc.*, A, **133**, 1931, p. 351; Rutherford, Wynn-Williams, Lewis et Bowden, *Proc. Roy. Soc.*, A, **139**, 1933, p. 617.

(2) Mme Curie et Rosenblum, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 33; *Journal de Phys. et le Radium*, VII, 2, 1931, p. 309.

(3) Rosenblum, Guillot et Mlle Perey, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1274; *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 175.

été obtenus suivant la technique du Laboratoire de l'Aimant permanent de Bellevue ([4]).

La statistique a porté sur environ 150 000 particules. La figure reproduit le résultat de l'analyse d'un de ces clichés.



Le rapport du nombre de trajectoires sur les deux raies est 100/21,9. Ce rapport doit être corrigé, du fait que les rayons de courbure correspondant aux deux raies sont différents; en effectuant cette correction on obtient le rapport suivant :

$$\frac{\text{intensité de } \alpha_0}{\text{intensité de } \alpha_1} = \frac{100}{21,1}.$$

On aura, par conséquent, pour 100 désintégrations les intensités

$$\alpha_0 = 82,6\%, \qquad \alpha_1 = 17,4\%.$$

Les valeurs antérieurement déterminées étaient :

Chambre différentielle	84 % et 16 %
Compteur	78 % et 22 % (corrigée)

Si l'on admet pour $H\rho$ de la raie α_0 la valeur ([5]) de $H\rho = 370\,670$ Oe.cm, on obtient pour $H\rho$ de α_1 la valeur $H\rho = 360\,815$ Oe.cm; ces valeurs de $H\rho$ correspondent respectivement aux énergies de 6 621 keV et 6 274 keV. La différence énergétique des particules des deux groupes est, par conséquent, de 347 keV; cette différence, corrigée du recul radioactif, devient 353 keV.

(4) Rosenblum, *Nucleonics*, 4, 1949, p. 38.

(5) Rosenblum et Dupouy, *Journal de Phys. et le Radium*, VII, 5, 1933, p. 262.

D'après l'analyse du rayonnement β émis dans cette transmutation, Surugue (6) a déduit pour le rayonnement γ correspondant à la transition $\alpha_1 \rightarrow \alpha_0$ la valeur énergétique de 350 keV.

La connaissance des intensités des deux raies nous a permis de recalculer les rayons effectifs nucléaires pour les deux composantes. En employant la formule de Gamow (7) on obtient :

Rayon effectif pour α_0.............	$6,20.10^{-13}$ cm
» » » α_1.............	$6,53.10^{-13}$ cm

ce qui permet de conclure immédiatement que $j_1 < j_0$. La connaissance de ces rayons contribuera à l'évaluation des nombres j, différence des spins totaux des noyaux en transformation, les nombres j présentant en effet, un intérêt d'actualité dans la théorie du modèle des couches nucléaires.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Spectre β de conversion interne émis dans la transmutation thorium* X → *thoron.* Note de MM. **Salomon Rosenblum, Manuel Valadares** et **Marcel Guillot**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'interprétation de la structure fine du spectre magnétique α du Th X (1) se heurtait à une difficulté soulevée par Feather (2). En effet, les recherches plus récentes entreprises dans le but de mettre en évidence l'existence d'un spectre β de conversion interne émis par Th X → Tn sont restées négatives (3).

Nous avons donc repris, à l'aide d'un spectrographe magnétique à 180°, l'étude du rayonnement β de conversion interne émis au cours des transmutations qui conduisent du thorium X au thorium B; pour faciliter les expériences, nous avons surtout employé des sources de R Th en équilibre avec ses descendants. On a également utilisé des sources de Th X (contenant très peu de R Th) et des sources contenant exclusivement le dépôt actif du thoron. Toutes les plaques obtenues avec des sources de R Th ou de Th X étaient comparées avec des plaques obtenues dans les mêmes conditions de champ magnétique, mais avec comme source le dépôt actif.

Nous avons observé tant avec les sources de R Th que de Th X quatre nouvelles raies qui n'étaient pas présentes sur les spectres du dépôt actif.

---

(6) *Thèse Doct. Sc.*, Paris, 1936.

(7) Gamow et Critchfield, *Theory of Atomic Nucleus and Nuclear Energy-sources*, p. 174. Clarendon Press, Oxford, 1949.

(1) Rosenblum, Valadares, Pérey et Vial, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1009.

(2) *Nucleonics*, **5**, 1949, p. 22.

(3) Meitner, *Z. Physik.*, **52**, 1928, p. 645; Surugue et Tsien-San-Tsiang, *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 172.

Raie.	HR (Oe.cm) (4).	Énergie (keV).	Intensité (visuelle).
1.........	593	30,1	moyenne
2.........	712	42,8	faible
3.........	1358	142,2	forte
4.........	1774	226,7	moyenne

L'étude du spectre α du ThX a mis en évidence l'existence de trois raies; les intervalles énergétiques (corrigés du recul du noyau) par rapport à la raie fondamentale sont respectivement de 238 keV et 497 keV. Le groupe correspondant à environ 240 keV étant plus fortement excité, on peut espérer trouver les rayonnements β de conversion interne correspondants. En effet, en utilisant la raie de HR = 1358 Oe.cm, on trouve 142,2 + 98,6 (K de 86) = 240,8 keV, en bon accord avec $\Delta E_\alpha = 238$ keV.

La conversion de ce rayonnement γ dans les trois sous-niveaux L donnera lieu à trois raies dont l'énergie sera respectivement 222,7 keV pour L_I, 223,5 keV pour L_{II} et 226,1 keV pour L_{III}. Les deux premières de ces raies se confondent, dans les conditions expérimentales où nous avons travaillé, avec des raies I et I_a du dépôt actif; finalement la troisième coïncide, étant donné la précision des mesures, avec la raie 4 du tableau précédent. On peut en résumé, admettre que les raies 3 et 4 ont leur origine dans la transmutation ThX → Tn :

$$142,2 + 98,6\,(\text{K de } 86) = 240,8\ \text{keV},$$
$$226,6 + 14,7\,(L_{III}\text{ de } 86) = 241,4\ \text{keV},$$

Nous avons essayé de déterminer l'intensité absolue de la première de ces raies en admettant pour la raie F du Th B l'intensité de 30 électrons pour 100 désintégrations ([5]). Cette détermination est nécessairement peu précise; d'une part nous ne tenons pas compte de la perte possible de substance radioactive au cours des transmutations successives, et, d'autre part, nous avons à comparer deux raies d'intensités très différentes.

Nous avons obtenu la valeur 0,46 pour 100 désintégrations. Comme le nombre de noyaux excités, d'après la structure fine du spectre magnétique, est de 5 %, on obtient pour le rapport (nombre d'électrons K/nombre de noyaux excités) la valeur 9×10^{-2}; cette valeur est légèrement inférieure à celle du coefficient α_K ou β_K = nombre d'électrons K/nombre de photons.

([4]) On a pris comme étalons, pour la détermination des HR des raies nouvelles, les valeurs données par Arnoult (*Thèse Doct. Sc.*, Paris, 1939) pour les raies A' et B, et celles de Lindström (*Phys. Rev.*, **83**, 1951, p. 465), pour les raies F et I du dépôt actif.

([5]) Nons avons pris la moyenne des valeurs 31,3 et 28,8 données respectivement par Martin et Richardson (*Proc. Roy. Soc.*, 195 A, 1948, p. 287) et par Feather, Kyles et Pringle (*Proc. Phys. Soc.*, **61**, 1948, p. 466).

Des tables de Rose et collaborateurs [6] on déduit, par interpolation, pour $Z = 86$ et $h\nu = 240$ keV, les valeurs suivantes de α_K (rayonnement électrique) et β_K (rayonnement magnétique) :

α_1	α_2	α_3	β_1	β_2	β_3
4.10^{-2}	10^{-1}	$2,6 \times 10^{-1}$	1	3	8

D'après la théorie, l'hypothèse d'un rayonnement électrique dipolaire ayant une énergie de 240 keV seulement ne semble pas admissible et l'on peut conclure qu'il s'agit d'un rayonnement électrique quadrupolaire.

Si l'on calcule, d'après la formule de Gamow [7] l'intensité de la raie de structure fine pour $j = 2$, on trouve 3,2 % inférieure à la valeur expérimentale qui est de 5 %. La connaissance de j étant assez bien établie, la formule de Gamow serait donc en défaut.

Nous n'avons pas encore observé de raies correspondant à l'état excité de 497 keV, mais ce résultat n'est pas surprenant, étant donné l'intensité très faible de l'état excité, de quelques millièmes; nos plaques présentent, par ailleurs, un voile assez important.

En ce qui concerne les raies 1 et 2, nous ne pouvons pas encore dire à quelle transmutation de la filiation du ThX elles appartiennent; d'après leurs énergies et intensités relatives, on serait tenté de les considérer comme les raies L et M d'un rayonnement γ, dont l'énergie serait de l'ordre de 50 keV.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le spectre de vibration de l'acide nitrique dans l'infrarouge*. Note de M. **Claude Fréjacques**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le spectre infrarouge de l'acide nitrique a été étudié par Freymann [1], avec un appareil d'un type déjà ancien. Travaillant avec un spectrographe Perkin-Elmer 12 C et des cellules à fenêtres de saphir ou de chlorure d'argent, nous avons pu mettre en évidence un certain nombre de faits nouveaux : positions exactes des bandes liquide et vapeur, nouveaux harmoniques, enveloppe des bandes de vibration-rotation, ce qui permet une attribution plus sûre des fréquences. Le tableau ci-après résume les résultats.

Les attributions de fréquence faites par Chedin [2], puis Massignon et

(6) Rose, Goertzel, Spinrad, Harr et Strong, *Phys. Rev.*, **83**, 1951, p. 79.

(7) Gamow et Critchfield, *Theory of Atomic Nucleus and Nuclear Energy-sources*; Clarendon Press, Oxford, 1949, p. 174.

(1) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1339.

(2) *J. Phys.*, **10**, 1939, p. 445.

Mathieu ([3]), et Nielsen Redlich ([4]) et Ingold et Millen ([5]) diffèrent essentiellement par une inversion des attributions des fréquences ν_2 et ν_4, c'est-à-dire respectivement vibration symétrique et déformation de NO_2 et vibration de valence de N—OH. Nos résultats montrent que c'est l'attribution de Massignon et Mathieu qui est correcte. Le fort déplacement vers les grandes fréquences quand on passe de la vapeur à l'acide liquide et à l'acide hydraté (bande à 940 cm^{-1} pour l'acide à 75 %) indique que c'est la bande 880 cm^{-1} qui est la bande de déformation. De plus Massignon et Mathieu ([3]) ont montré que la fréquence de déformation des groupements NO_2 aliphatiques se trouve également vers 880 cm^{-1}; enfin, la bande de vibration N—OH à 677 cm^{-1} est très faible dans l'infrarouge comme on doit s'y attendre.

NO_3H vapeur (cm^{-1}).	NO_3H liquide (cm^{-1}).	Intensité.	Enveloppe de rotation (classification de Dennison).	Attribution. Modèle de Massignon et Mathieu ([3]).
3 550	3 380	intense	pas observé	OH
3 000	2 990	faible	»	$\nu_1 + \nu_3$
2 620	2 615	»	»	$2\nu_1$
1 674	1 666	intense	»	ν_3
1 306	1 300	très intense	A	ν_1
1 208	–	faible	B (doublet Q non résolu)	$2\nu_5$
880	920	très intense	A (branches PQR bien marquées)	ν_2
762	767	moyenne	C (branche Q très intense)	ν_6
677?	677?	très faible	–	ν_4

L'enveloppe de rotation-vibration de la bande 762 cm^{-1}, bande inactive Raman découverte par Freymann, confirme l'hypothèse faite par celui-ci en l'attribuant à la fréquence de déformation hors du plan de la molécule. La raie faible Raman à 1530 cm^{-1} est bien le premier harmonique de cette fréquence ν_6. Enfin la bosse à 1340 cm^{-1} dans la bande Raman de 1300 cm^{-1} de Ingold et Millen ne doit pas être attribuée à la fréquence de déformation de OH (elle n'apparaît pas dans l'infrarouge, mais plutôt à l'harmonique $2\nu_4$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les acidités des gels mixtes silice-alumine.* Note (*) de MM. **Yves Trambouze, Louis de Mourgues** et **Marcel Perrin**, présentée par M. Paul Pascal.

Les systèmes $x\ SiO_2 - y\ Al_2O_3$, qu'ils soient préparés par voie chimique ou qu'ils soient l'élément constitutif de terres naturelles, sont parmi les cata-

([3]) *Ann. Phys.*, 16, 1941, p. 5.
([4]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 65, 1943, p. 654
([5]) *J. Chem. Soc.*, 1950, p. 2612.

(*) Séance du 21 avril 1952.

lyseurs employés dans les transformations d'hydrocarbures. De nombreux auteurs tels que Thomas (1), Tamele (2), Oblad (3) et leurs collaborateurs ont établi que l'acidité de ces composés est un facteur déterminant de leur activité catalytique.

Les gels mixtes silice-alumine sont préparés par coprécipitation de deux solutions de chlorure d'aluminium et de métasilicate de sodium. Le précipité est lavé, séché à 110°, échangé par une solution de chlorure d'ammonium et calciné à 500°. Malgré des lavages poussés, une partie des ions Na^+ reste combinée à l'acide aluminosilicique que constitue le gel. L'acidité protonique d'un tel système provient de ce que l'aluminium, sous l'influence de la silice, devient tétracoordiné et introduit une structure d'aluminate. Lors de la calcination, une déshydratation partielle transforme cet acide en anhydride qui présente alors une acidité de Lewis, l'aluminium étant tricoordiné.

Si tous les auteurs admettent une acidité protonique en fin de précipitation, une certaine divergence apparaît quant à son évolution ultérieure. Pour certains, l'acide formé ne résisterait pas au séchage et l'apparition d'une acidité structurale, lors de la calcination, serait due à la déshydratation du gel. Pour d'autres, le gel mixte aurait une capacité d'échange très instable vis-à-vis d'une élévation de température et, à la calcination, présenterait une très faible acidité de Lewis due à une modification structurale. Aucun chercheur ne semble admettre une relation étroite entre l'acidité initiale et l'acidité de Lewis et les méthodes employées pour mesurer les deux formes d'acidité ne semblent pas très sûres.

La présente Note a pour but d'apporter quelques précisions sur l'évolution des acidités des gels mixtes.

Nous avons mesuré la capacité d'échange et l'acidité protonique en échangeant le cation fixé sur le gel par de l'acide chlorhydrique dilué. Les protons fixés sont échangés à leur tour par une solution d'acétate d'ammonium rigoureusement neutre dont le pH est déterminé en fin d'opération (4). Une méthode de mesure continue a été recherchée (5) pour suivre l'évolution thermique de l'acidité. Nous avons aussi échangé directement le gel sodique par du chlorure d'ammonium, puis dosé le sodium passé en solution, et l'ammoniac fixé. Nous mesurons l'acidité de Lewis par thermométrie selon la méthode adaptée par l'un de nous (6), en employant des bases de Lewis telles que le dioxane et l'acétate d'éthyle en solution benzénique.

Nous avons étudié cinq gels, désignés par les lettres A et E, dont les rap-

---

(1) *Ind. Eng. Chem.*, 41, 1949, p. 2564.
(2) *Discuss. Faraday Soc.*, n° 8, 1950, p. 270.
(3) *Discuss. Faraday Soc.*, n° 8, 1950, p. 279.
(4) Maehl, *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.*, 12, 1940, p. 24.
(5) *Bull. Soc. Chim.*, 1952, (sous presse).
(6) Y. Trambouze, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 648.

ports pondéraux $Al^2O^3/(SiO^2+Al^2O^3)$ sont respectivement 10,8, 16,2, 24,7, 30,0 et 41,3 %. Le tableau I rassemble les teneurs en chaque constituant (en milli-équivalents par gramme actuel de gel), l'acidité Lewis (en milli-équivalents de base fixée par gramme de catalyseur) et le rapport atomique Na/Al pour chaque système examiné.

TABLEAU I.

Gels.	A.	B.	C.	D.	E.
SiO_2 (m-équiv/g)	12,4	11,0	10,0	9,1	7,9
AlO_2^- (m-équiv/g)	1,75	2,55	3,90	4,60	6,40
$\frac{1}{2}Na_2O$ (m-équiv/g)	1,60	2,05	2,35	2,07	1,10
Na^+ échangé (m-équiv/g)	1,6	2,0	2,3	2,1	1,0
NH_4^+ échangé (m-équiv/g	1,5	2,0	2,3	2,0	1,0
Acidité de Lewis à 600°	1,5	1,7	2,4	1,9	0,8
Na/Al	0,9	0,8	0,6	0,45	0,17

Ces résultats conduisent aux conclusions suivantes :

Comme il a été déjà démontré, l'acidité passe par un maximum pour un gel à 25 % environ d'alumine. Le tableau I montre sans ambiguïté que ce maximum est obtenu sensiblement pour la composition Na_2O, Al_2O_3, 6 SiO_2 d'un certain nombre de minéraux et de terres. La plupart des auteurs ont également observé que le rapport Na/Al est voisin de 1 pour de faibles teneurs en alumine. Cependant, ce rapport s'écarte assez rapidement de l'unité pour décroître à peu près linéairement au fur et à mesure que le gel s'enrichit en alumine.

Par chauffage, l'acidité initiale du gel se transforme intégralement en acidité de Lewis. Les faibles écarts observés proviennent (*voir* tableau II) de ce que, même à 600°, toute l'acidité protonique n'a pas été détruite.

Nos résultats montrent également qu'à toute température la somme des deux formes d'acidité est sensiblement constante. Un simple dosage du sodium combiné dans le gel en fin de précipitation suffit donc pour donner une idée assez précise de l'acidité du catalyseur à sa température d'emploi.

TABLEAU II.

Température (°C)	20.	100.	300.	500.	600.	700.
Acidité protonique	2,0	1,8	0,9	0,7	0,3	0,1
Acidité de Lewis	–	–	1,0	1,2	1,7	1,9

Nous avons vu que le rapport Na/Al décroît lorsque augmente la teneur en alumine; que, par contre, la stabilité de l'acide protonique semble croître avec la quantité d'alumine. Ainsi, à 500°, le gel A ne conserve plus que 20 % de son acidité protonique alors que le gel E présente encore une acidité de l'ordre de 70 %. Nous développerons ce point particulier dans une publication ultérieure.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de l'adsorption des gaz sur la transformation superficielle d'une structure martensitique par revenu d'un acier trempé.* Note de M. **Joseph Maurer**, présentée par M. Albert Portevin.

On peut mettre en évidence, une variation de la vitesse de transformation de la martensite en perlite, par revenu d'un acier trempé en relation avec l'atmosphère gazeuse en présence. Cet effet est lié à l'adsorption des gaz à la surface du réseau cristallin.

La mise en évidence d'une variation superficielle des températures de transformation polymorphique ([1]) et de fusion ([2]) des corps solides en présence de gaz adsorbés, nous a incité à étudier cette influence des gaz sur la transformation de la martensite en perlite, par revenu d'un acier. En effet, cette transformation correspond à la fois à un changement de structure cristalline et à une précipitation. Cette étude, qui touche la destruction des états hors d'équilibre dans les aciers, pouvait présenter un certain intérêt pratique.

Nous sommes parti d'un acier à 0,8 % de carbone, qui a été obtenu à l'état martensitique par trempe à l'eau d'échantillons recuits à 950°, sous argon, pendant 30 m. Les échantillons se présentaient sous la forme de cubes de 1 cm de côté, dont la face d'expérimentation était polie spéculairement.

La progression de la transformation martensitique a été suivie par l'examen micrographique des échantillons. Cette transformation se manifeste également par des variations de dureté que nous avons mesurées par deux méthodes : la microdureté superficielle au moyen du microscléromètre Reichert, à pointe de diamant, et la dureté Brinell au moyen d'un appareil à billes classique.

Les échantillons sont dégazés avant l'essai, pendant 15 m, à 160°, dans un vide compris entre 10^{-5} et 10^{-6} mmHg. Cette température constitue la limite à partir de laquelle on peut observer la transformation. Le gaz, purifié et soigneusement desséché sur une colonne de P_2O_5, est ensuite introduit, et les échantillons sont maintenus pendant 20 m à une température fixe comprise entre 200 et 500°.

Les gaz utilisés sont H_2, Ne, A, CO_2. Les revenus ont aussi été effectués sous un vide de 5.10^{-6} mmHg. Les résultats obtenus sont résumés dans les courbes ci-après.

Courbes (*fig.* 1 et 2). — Relatives aux microduretés. Nous avons choisi

---

([1]) H. Forestier et J. P. Kiehl, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 2288.

([2]) H. Forestier et J. Maurer, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1664.

pour la comparaison, les duretés correspondant à un diamètre d'empreinte de 10 μ. Dans ce cas, la profondeur d'empreinte est de l'ordre de 2 μ.

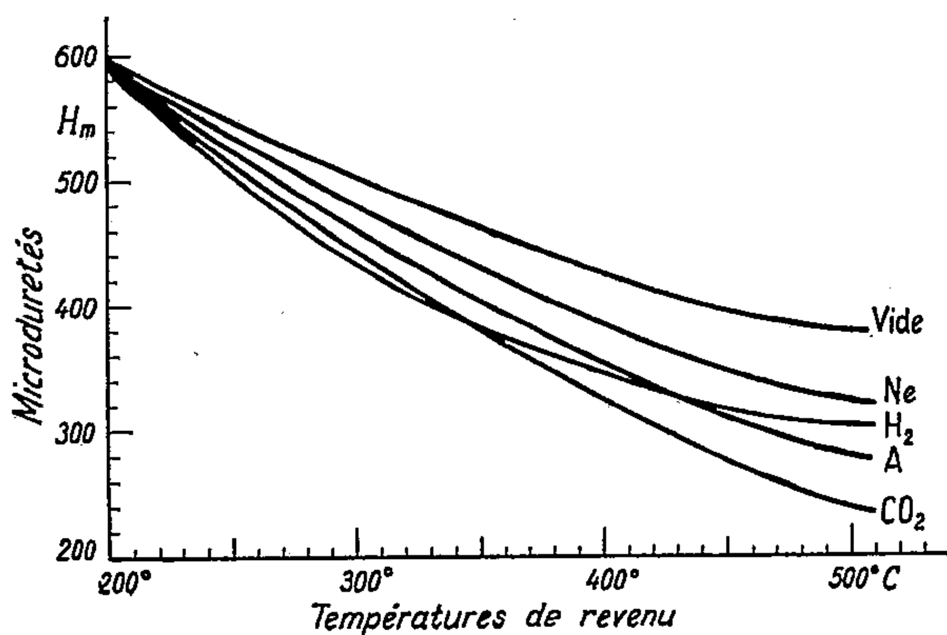


Fig. 1.

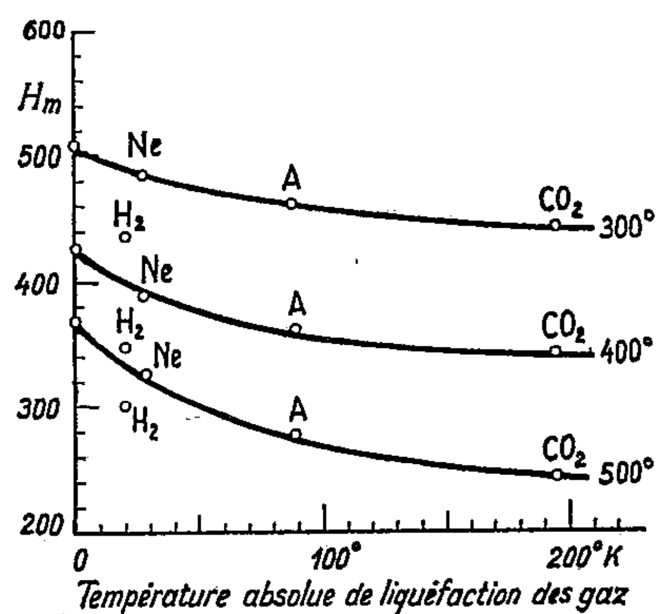


Fig. 2.

Courbe (*fig.* 3). — Cette courbe est relative aux duretés Brinell. La profondeur d'empreinte dans ce cas est de l'ordre de 0,04 mm.

Courbe (*fig.* 4). — La valeur de la microdureté peut dépendre de la charge en relation avec la possibilité d'écrouissage; cette courbe indique le sens de la variation de la dureté en fonction de la charge suivant le gaz en présence.

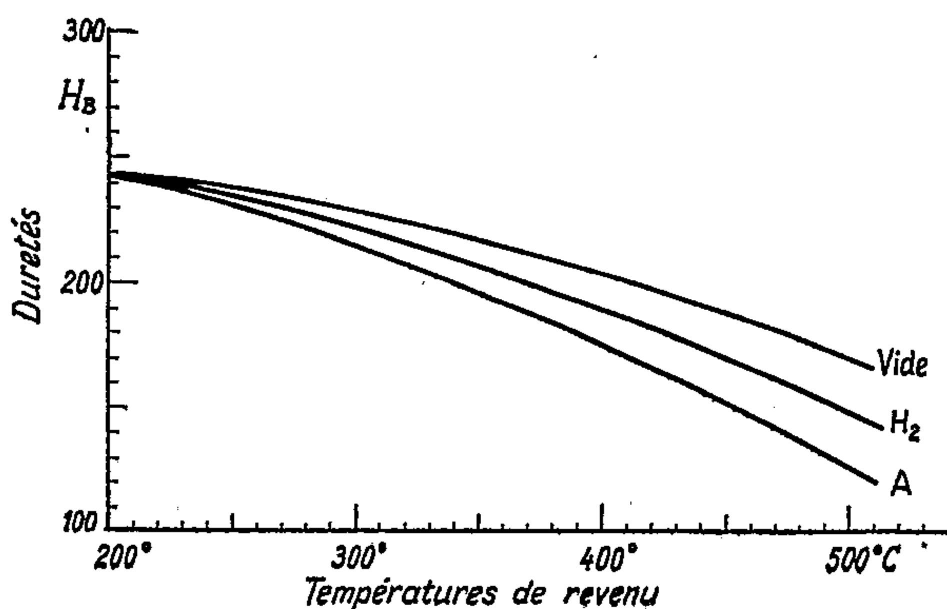


Fig. 3.

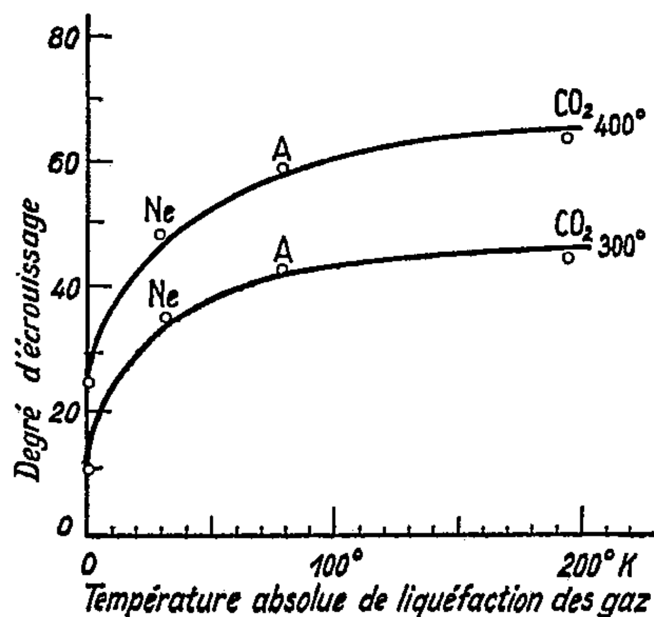


Fig. 4.

Les résultats sont confirmés par l'observation micrographique des échantillons.

L'examen de ces courbes conduit aux conclusions suivantes :

1° L'allure générale des courbes (*fig.* 1 et 3) est analogue pour les différents gaz, sauf pour H_2; cette anomalie, que nous ne retrouvons pas dans les mesures de dureté à grande profondeur d'empreinte (Brinell), peut être due à un début de décarburation de la surface du métal, en présence de

traces de vapeur d'eau provenant de la réduction d'oxydes à l'état d'impuretés dans le métal. Cette décarburation serait sensible jusqu'à une profondeur de 2 μ, tandis qu'elle n'interviendrait plus à une profondeur de 0,04 mm.

2° La vitesse de transformation de la martensite varie suivant la nature du gaz adsorbé.

3° A température et pression constantes, la vitesse de transformation est une fonction croissante, régulière, de la température de liquéfaction du gaz utilisé, donc du pourcentage de gaz adsorbé (*fig.* 2).

D'autre part, nous avons pu établir que l'écrouissage dépendait du gaz en présence (*fig.* 4). A température et pression constantes, le réseau présente une susceptibilité à l'écrouissage plus grande après revenu dans CO_2 que dans le vide.

Le phénomène antérieurement observé sur les transformations polymorphiques et sur la fusion de corps purs cristallisés se retrouve donc, dans le cas de la transformation de la martensite en perlite, dans les aciers trempés, et paraît bien relever du même mécanisme : variation de stabilité du réseau cristallin superficiel du solide.

RADIOCHIMIE ANALYTIQUE. — *Méthode de détection fine et de microdosage du cuivre dans les solides, aux différents stades de préparation des substances luminescentes.* Note (*) de M. **Edmond Grillot**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Après une longue irradiation à la pile de Châtillon, tout solide contient une quantité de radiocuivre 64 proportionnelle à sa teneur en cuivre. Limite de détection : 10^{-8} g de cuivre. Cette technique fournit le moyen, qui manquait jusqu'ici, de doser le cuivre dans les solides luminescents, à la fin ou aux différents stades de leur fabrication. Possibilités de généralisation de cette méthode à d'autres impuretés luminogènes ou extinctrices.

Certaines impuretés luminogènes ou extinctrices sont capables de provoquer ou de modifier la luminescence des substances minérales cristallines à des teneurs si faibles qu'elles ne peuvent plus être détectées, ni par les méthodes chimiques les plus sensibles, ni par les raies ultimes spectrophotographiques ([1]). C'est ainsi que le cuivre qui est l'un des luminogènes les plus actifs et les plus difficilement éliminables, manifeste déjà souvent sa présence à des teneurs inférieures à 10^{-6} g/g de substance luminescente; cependant, dans un sulfure de zinc phosphorescent, son réactif

(*) Séance du 16 avril 1952.

([1]) *Voir* par exemple H. W. Leverenz, *An introduction of luminescence of solids*, London and New-York ; 1950.

colorimétrique le plus sensible, le diéthyldithiocarbamate de sodium en permet seulement le dosage avec un seuil de sensibilité de l'ordre de 10^{-5} g/g.

Aussi, la purification préalable de toutes les matières premières utilisées pour la préparation de chaque produit luminescent, qui doit être extrêmement minutieuse, n'a pu être effectuée jusqu'ici que par des méthodes empiriques, puisque seulement controlables par les propriétés luminescentes elles-mêmes des produits finaux. Même si le degré de purification de ces matières premières était atteint, certains traitements ultérieurs tels que l'action de gaz comme l'hydrogène sulfuré ou des calcinations à 1000 ou 1200° risquent d'introduire des impuretés. Les importantes fluctuations de propriétés luminescentes d'échantillons apparemment préparés d'une manière identique tiennent à des polutions invérifiables qui se produisent au cours de ces traitements et manipulations.

Dans une Note précédente, Mme Grillot et moi-même (²) avons décrit un moyen efficace de contrôle des modes de purification d'une solution aqueuse, vis-à-vis du cuivre, d'une sensibilité 1000 fois plus grande que celle de la colorimétrie au diéthyldithiocarbamate de sodium. Il consistait à suivre l'élimination, par ce mode de purification, d'ions cuivre préalablement soumis pendant 64 h au flux maximum de neutrons de la Pile de Châtillon.

Ce procédé de détection, qui met à profit la grande section efficace de ^{63}Cu, est susceptible de nombreuses applications. Il permet en particulier le microdosage très poussé du cuivre dans un solide quelconque : les neutrons, qui produisent un nombre d'atomes de radiocuivre 64 proportionnel à celui des atomes de ^{63}Cu, rendent possible la détection de 10^{-8} g de cuivre. Si la teneur en cuivre est supérieure à la $n^{\text{ième}}$ partie de 10^{-8} g/g, la quantité de radiocuivre 64 formée au cours de 64 h d'irradiation de N grammes de cette substance est donc mesurable. Il suffit pour cela d'isoler ce radiocuivre des autres produits radioactifs qui l'accompagnent à la sortie de la Pile puis de l'entraîner à se déposer complètement sur l'une des faces d'une pastille de zinc de 3 cm de diamètre. Son activité est caractérisée et mesurée au moyen d'un compteur de Geiger-Müller de type cloche, à fenêtre circulaire de 3 cm de diamètre et de 0,02 mm d'épaisseur. En la comparant à celle, mesurée dans les mêmes conditions, d'une quantité connue de cuivre provenant d'un sel de cuivre pur ayant subi le même bombardement de neutrons, on en déduit la concentration du cuivre dans le solide étudié. La méthode présente de plus l'avantage que seul ce cuivre y est détecté, à l'exclusion de tout appoint ultérieur, volontaire ou provenant des réactifs employés pendant la séparation.

(²) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1262.

Voici, à titre d'exemples, deux dosages effectués sur des matières premières de la préparation du sulfure de strontium luminescent :

Après avoir subi l'irradiation, 0,4605 g de soufre de grande pureté ont été mis à digérer à l'ébullition dans une solution concentrée de sulfite de sodium. Après addition de 0,3 mg de Cu^{++} inactif, la séparation de Cu^{++} marqué a été obtenue par action successive de 8-hydroxyquinoléine en milieu de pH 4, par SH_2 en milieu acide et enfin par dépôt spontané sur la lame de zinc. L'activité présentait bien la période et l'absorption par les écrans caractéristiques de ^{64}Cu : résultat : $2,4.10^{-6}$ g Cu par gramme S.

De l'oxalate de strontium, obtenu par mélange de solutions saturées à chaud de nitrate de strontium et d'oxalate d'ammonium ayant subi au préalable une longue ébullition en présence de magnésium a été également irradié. La solution de sulfate de strontium obtenu à partir de 0,2960 g de celui-ci a été ensuite traitée comme ci-dessus. Sa teneur en cuivre était $8,0.10^{-6}$ g Cu par gramme.

La méthode de microdosage décrite ici peut également permettre de préciser certains points théoriques de luminescence cristalline. Jusqu'ici la composition des solides luminescents ne pouvait être que calculée d'après les quantités des différentes substances mises en œuvre; mais la composition réelle pouvait en être différente par suite, soit de vaporisations, soit d'incorporations fortuites. Le nombre et la concentration respectives, des différentes impuretés luminogènes ou extinctrices existant réellement dans une substance luminescente pourront être mieux précisées quand la mesure s'avérera généralisable, avec les moyens actuels à d'autres impuretés minérales. En ce qui concerne le microdosage du cuivre déjà mis au point, il permettra peut-être de résoudre la question du zinc interstitiel luminogène dans le sulfure de zinc à luminescence bleu clair, après que des recherches, actuellement en cours, auront permis de préciser la proportion dans laquelle la réaction (n, p) de passage du $^{64}_{30}Zn$ au $^{64}_{29}Cu$ s'effectue dans la pile de Châtillon.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les phosphates d'aluminium.*
Note de MM. **Henri Guérin** et **René Martin**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'établissement du diagramme d'équilibre du système : $P_2O_5-O_3Al_2-OH_2$ à 60° met en évidence l'existence des phosphates d'aluminium suivants : $3P_2O_5.O_3Al_2.6OH_2$, $2P_2O_5.O_3Al_2.4OH_2$, $3P_2O_5.2O_3Al_2.10OH_2$ et $P_2O_5.O_3Al_2.4$ et $10OH_2$. Les sels anhydres correspondants, chauffés dans le vide, sont décomposés à des températures d'autant plus élevées que le rapport O_3Al_2/P_2O_5 est plus grand.

Nos connaissances sur les phosphates d'aluminium étant limitées à la description de certains sels, obtenus généralement par double décomposition, il nous a semblé intéressant d'entreprendre sur ces composés des recherches analogues à celles que nous avions effectuées précédemment sur les arséniates d'aluminium (1). Nous avons donc établi le diagramme d'équilibre

(1) H. Guérin et R. Martin, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2025.

P_2O_5—O_3Al_2—OH_2 à 60°, puis examiné l'action de la chaleur sur les divers sels isolés.

1. *Étude du système* P_2O_5—O_3Al_2—OH_2 *à* 60°. — Toute une série de mélanges d'eau, d'acide phosphorique et d'alumine hydratée pure ont été agités à 60° jusqu'à réalisation de l'équilibre. Après détermination de la composition chimique, de la densité et du pH des diverses solutions saturées, nous avons caractérisé les phases solides en équilibre avec celles-ci par la méthode des restes.

Les divers résultats obtenus permettent les conclusions suivantes :

1° *Le phosphate monoaluminique :* $3P_2O_5.O_3Al_2.6OH_2$ ou $(PO_4H_2)_3Al$ est stable au contact des solutions titrant plus de 54,5 % de P_2O_5 (8,7 % d'O_3Al_2). Ce sel cristallise en grands bâtonnets agissant sur la lumière polarisée (extinction droite). Il est très hygroscopique et s'hydrolyse très rapidement.

2° Le sel $2P_2O_5.O_3Al_2.4OH_2$ qui correspond à l'arséniate



$$2As_2O_5.O_3Al_2.3OH_2$$

isolé précédemment, cristallise comme celui-ci en fines aiguilles caratérisées par une extinction oblique. Son domaine de stabilité est très limité puisqu'il est compris entre 54,5 % de P_2O_5 (8,7 % d'O_3Al_2) et 52,7 % de P_2O_5 (8,8 % d'O_3Al_2). Il est également très hygroscopique et hydrolysable.

3° *Le phosphate bialuminique :* $3P_2O_5.2O_3Al_2.10OH_2$ ou $(PO_4H)_3Al_2.3,5OH_2$ apparaît entre 52,7 % (8,8 % d'O_3Al_2) et 40,7 % (7,9 % d'O_3Al_2) de P_2O_5. Ce sel, qui se présente en tablettes triangulaires, agissant sur la lumière polarisée absorbe, lorsqu'on le laisse à l'air, une quantité d'eau correspondant sensiblement à la formation du sel $3P_2O_5.2O_3Al_2.20OH_2$. Il s'hydrolyse en phosphate trialuminique.

4° *Le phosphate trialuminique* existe sous deux états d'hydratation : $P_2O_5.O_3Al_2.4OH_2$, stable entre 40,7 % de P_2O_5 (7,9 % d'O_3Al_2) et 31,2 % de P_2O_5 (6,8 % d'O_3Al_2), et $P_2O_5.O_3Al_2.7OH_2$, stable entre 31,2 % (6,8 % d'O_3Al_2) et des traces de P_2O_5, sels microcristallins. Son hydrolyse est très lente et ne nous a pas conduits à des composés définis.

2. *Action de la chaleur sur les phosphates d'aluminium.* — Sous l'action de la chaleur les phosphates d'aluminium se déshydratent ainsi : $3P_2O_5.O_3Al_2.6OH_2$ se transforme en *métaphosphate* à 180°, $2P_2O_5.O_3Al_2.4OH_2$ perd 2 mol d'eau à 150° et les deux autres à 180°, $3P_2O_5.2O_3Al_2.10OH_2$ fournit du *pyrophosphate* d'aluminium à 180°.

Le phosphate trialuminique est obtenu anhydre à 115°.

Lorsqu'on soumet à des chauffes systématiques dans le vide les sels anhydres ainsi obtenus, on constate les transformations suivantes :

Dès 820°, le métaphosphate d'aluminium $3P_2O_5.O_3Al_2$ perd de l'anhydride phosphorique et se transforme en $2P_2O_5.O_3Al_2$. Celui-ci n'est stable que jusqu'à 850°, température à laquelle il fournit le pyrophosphate

$3 P_2O_5 . 2 O_3Al_2$. Ce dernier se décompose à son tour à 880° avec formation de phosphate trialuminique PO_4Al, qui, à partir de 1000°, est pyrolysé en P_2O_5 qui se sublime et O_3Al_2.

Cette décomposition des phosphates sous la seule action de la chaleur n'avait pas été signalée jusqu'ici.

En résumé, le diagramme d'équilibre des phosphates d'aluminium est assez différent de celui relatif aux arséniates, établi précédemment, puisqu'il permet de définir des phosphates caractérisés par des rapports O_3Al_2/P_2O_5 égaux à 1/3, 1/2, 2/3 et 1, alors que seuls les arséniates correspondant aux rapports O_3Al_2/As_2O_5 : 0,5 et 1 avaient pu être isolés.

L'étude de l'action de la chaleur sur ces sels nous a permis de montrer que les phosphates d'aluminium, considérés jusqu'ici comme stables à température élevée, subissent une décomposition comparable à celle des arséniates.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'isomorphisme des chlorure et bromure basiques de magnésium du type* $X_2Mg, 9Mg(OH)_2, 5H_2O$. Note de Mme **Léone Walter-Lévy** et Mlle **Yolande Bianco**, présentée par M. Paul Pascal.

La méthode de formation des chlorures basiques de magnésium précédemment décrite a été appliquée aux bromures de 25 à 175° (1). Plusieurs sels nouveaux ont été décelés par examen aux rayons X. L'un d'entre eux présente un diagramme à peu près identique à celui du chlorure $Cl_2Mg, 9Mg(OH)_2, 5H_2O$.

La zone de formation de ce composé débute à 75° et subsiste jusqu'à 175°. En fonction de la concentration en bromure, elle s'étend à 75, 100, 125, 150 et 175°, respectivement de 2,3; 2,0; 2,2; 2,5; 2,5 à 2,5; 3,4; 3,2; 2,9; 2,9 mol pour 1000 g. Elle est donc la plus large à 100°, où ce bromure se forme à l'exclusion des autres sels basiques; limitée alors par le domaine de la magnésie hydratée $Mg(OH)_2$ aux faibles concentrations, elle persiste jusqu'aux solutions saturées en bromure. La moyenne de cinq rapports stœchiométriques correspondant aux paliers de composition fixe à cette température a donné

$$\frac{Br_2}{Mg} = 0,101 \pm 0,001, \qquad \frac{H_2O}{Mg} = 1,39 \pm 0,04,$$

ce qui correspond exactement à la formule $Br_2Mg, 9Mg(OH)_2, 5H_2O$, formule analogue à celle du chlorure.

La solubilité du bromure dans les liqueurs mères, toujours faible, est du même ordre que celle du chlorure (0,03 mol de MgO pour 1000 g). Comme le chlorure, le bromure basique est détruit par l'eau, mais se laisse laver à l'alcool et l'éther, sécher à l'air et sous P_2O_5, sans décomposition.

---

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 513 et 1108.

Au microscope les deux halogénures se présentent sous forme de pinceaux de très longues et très fines aiguilles.

Les distances réticulaires du bromure en angströms et les intensités relatives des raies correspondantes, qui peuvent être comparées à celles déjà données du chlorure (¹) sont les suivantes : m 7,968 ; f 7,367 ; ff 5,833 ; FF 4,084 ; m 3,675 ; ff 3,472 ; f 3,080 ; ff 2,791 ; ff 2,728 ; f 2,647 ; fff 2,608 ; fff 2,522 ; F 2,400 ; F 2,262 ; f 2,148 ; m 1,978 ; f 1,713 ; f 1,581 ; ff 1,558 ; m 1,534 ; fff 1,488 ; fff 1,447 ; fff 1,434 ; fff 1,360 ; ff 1,331 ; ff 1,284 ; fff 1,264. Les douze premières distances réticulaires du chlorure se retrouvent avec, à peu près les mêmes valeurs, les trois premières raies ayant des intensités plus faibles.

Le rapport des densités du bromure et du chlorure déterminées à 25° par la méthode du flacon, à l'aide de xylène après dégazéification, 2,247/2,011 = 1,117 est presque identique au rapport des masses moléculaires des deux halogénures 799,38/710,46 = 1,125. Il s'ensuit que les mailles élémentaires sont vraisemblablement les mêmes, à une légère dilatation de celle du bromure près, décelée d'ailleurs, par la comparaison des distances réticulaires.

Nous avons donc pu mettre en évidence un bromure très basique de magnésium Br_2Mg, 9 $Mg(OH)_2$, 5 H_2O, analogue par sa formule et isomorphe du chlorure Cl_2Mg, 9 $Mg(OH)_2$, 5 H_2O, précédemment décrit, mais dont le domaine d'existence est plus étendu que celui très réduit du chlorure.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur l'apparition de l'orientation privilégiée* [112] *dans le cuivre déformé plastiquement et recristallisé.* Note de MM. **Paul Bastien** et **Jean Pokorny** (¹), présentée par M. Albert Portevin.

Dans une étude antérieure, nous avons trouvé la texture (²) fibreuse simple [111] sur le cuivre filé à chaud et dans les couches périphériques de barres de ce métal étirées à froid, les régions axiales possédant la texture fibreuse double [111] et [100]. Par recristallisation entre 300 et 500° de volumes possédant la texture double, l'orientation [111] s'atténue rapidement, puis entre 500 et 1000°, se renforce notablement, ceci résultant essentiellement d'un grossissement préférentiel très accusé des grains ayant cette orientation.

La texture fibreuse [112], trouvée par Schmid et Wassermann (³) sur fils

(¹) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2447.

(²) Nous désignons ici par texture fibreuse le résultat des phénomènes d'orientation cristalline produits par une déformation plastique.

(³) *Z. Physik*, **40**, 1927, p. 451.

de cuivre tréfilés et recuits, a été recherchée par nous à l'aide des rayons X de façon particulièrement soignée en vue de mettre en évidence s'il n'y en avait pas des traces dans nos échantillons. Deux méthodes intégrantes ont été utilisées : *a.* la première a été appliquée sur un plan taillé parallèlement à l'axe de la barre et animé des mouvements indiqués sur la figure 1, en

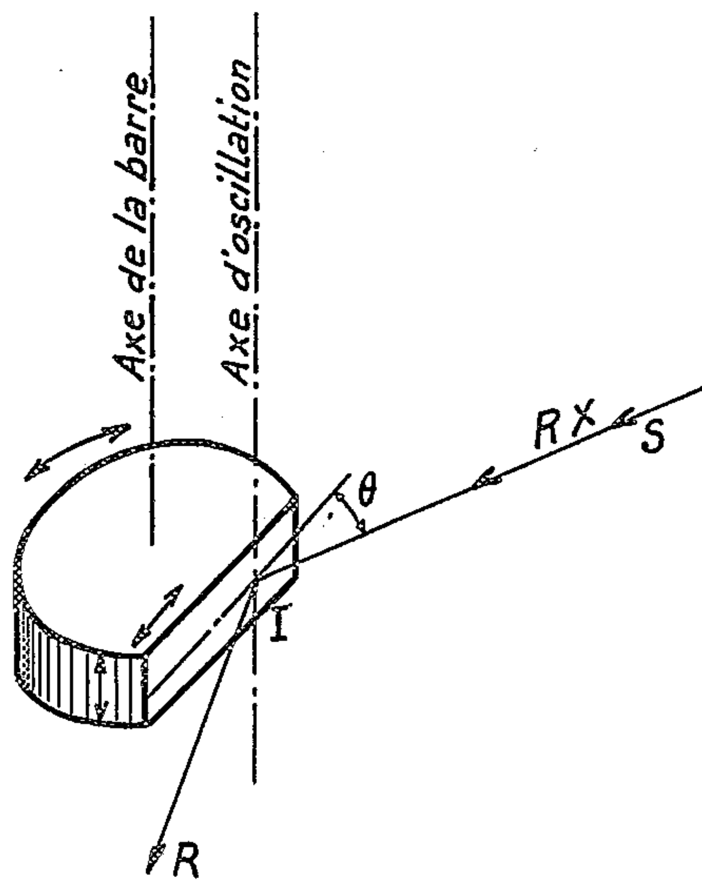


Fig. 1.

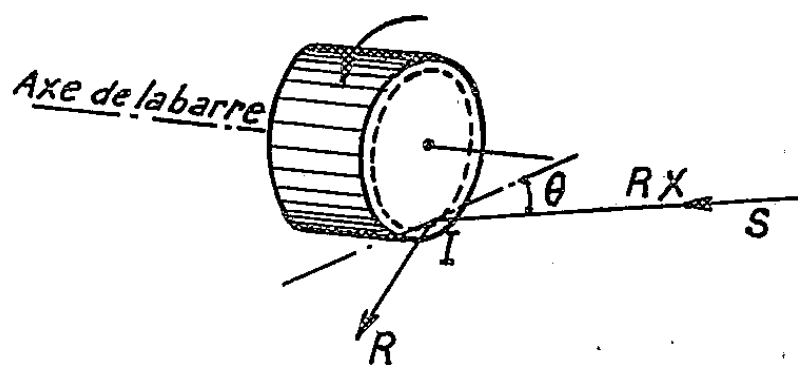


Fig. 2.

gardant l'axe de la barre parallèle à une direction fixe de l'espace; l'orientation [112] donne, dans ce cas, des taches particulières dont les plus visibles (celles ne se confondant pas avec les taches données par [111] et [100]) sont équatoriales; *b.* la deuxième consiste à attaquer une section droite de la barre en rotation autour de son axe (*fig.* 2) par le faisceau de rayons X sous l'angle $\theta_{(422)\beta}$ qui donne une tache équatoriale sur la raie $(422)_\beta$ lorsque les grains irradiés ont l'orientation [112] dans le sens de l'étirage; trois diagrammes sont alors pris en dirigeant successivement le faisceau de rayons X sur la périphérie de la barre, puis sur la zone à mi-rayon et enfin sur la région axiale.

Les résultats trouvés ont été les suivants : sur le métal filé à chaud ou étiré à froid, la texture fibreuse [112] n'existe pas, quelle que soit la position considérée sur la section droite. Après recristallisation à 1000°, l'orientation privilégiée [112] n'existe pas non plus dans le métal filé, ni dans les régions axiales et à mi-rayon du métal étiré; par contre, dans les régions périphériques du métal étiré et recristallisé, une orientation [112] très faible peut être mise en évidence (*fig.* 3 et 4).

En vue de préciser ceci, les barres de cuivre pur utilisées dans les essais précédents ont été tréfilées au diamètre de 2 mm. Sur ce métal fortement

écroui, on constate la texture fibreuse double [100] et [111], mais les grains ayant l'orientation [111]sont nettement plus nombreux que précédemment, ce qui tend à confirmer que l'orientation limite d'un cuivre complètement écroui est [111] comme prévu théoriquement par W. R. Hibbard ([4]). Par recuit de ces fils à 500°, la texture fibreuse [100] domine, elle est ensuite

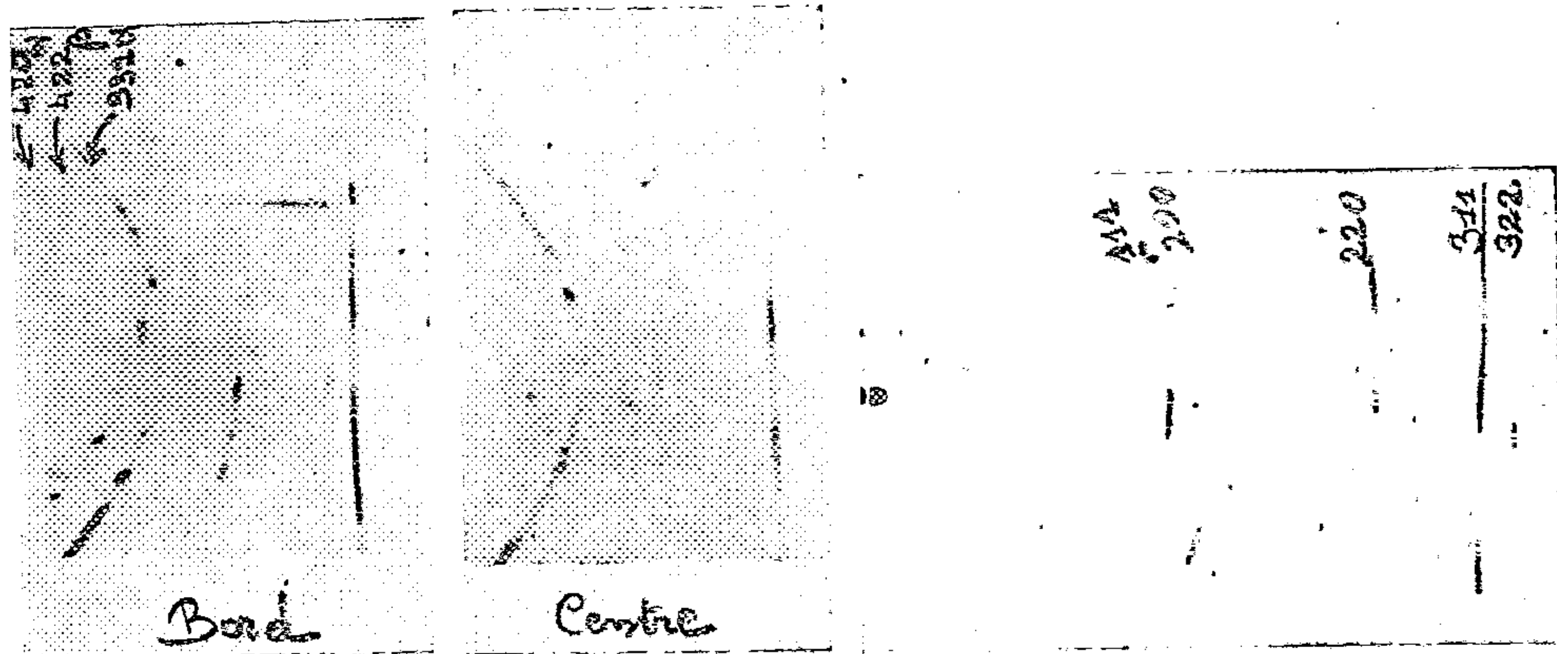


Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5.

Fig. 3 et 4. — Métal écroui par étirage et recristallisé à 1000° (barre) (diagrammes enregistrés par la méthode *b*). Bord : [112] faible. Centre : absence de l'orientation [112].

Fig. 5. — Fil fortement écroui et recristallisé à 1000° (diagramme enregistré par la méthode *a*). Orientation [112].

remplacée progressivement par celle caractérisée par la texture [112] entre 500 et 700°; à 1000°, on obtient presque uniquement cette dernière (*fig.* 5).

Ceci permet de faire disparaître la discordance apparente existant entre nos résultats et ceux de Schmid et Wassermann et de divers auteurs; sur barres étirées de diamètres assez importants (14 mm par exemple), la texture fibreuse [111] n'apparaît que très faiblement et superficiellement dans les régions ayant par conséquent subi l'action perturbatrice de frottement de la filière; plus on se rapproche de l'axe de la barre et plus la déformation plastique est de caractère uniaxial, conduisant après recristallisation à la texture fibreuse [100] ou [111] suivant la température. Sur fils suffisamment fins, l'action de la filière se fait sentir jusqu'à cœur et la texture fibreuse de recristallisation [112] apparaît intensément en tout point.

([4]) *Trans. A. I. M. E.*, 185, 1949, p. 598.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de quelques alcools sur les méthacrylates.* Note (*) de M. **Paul Bieber**, transmise par M. Marcel Delépine.

Dans le cadre de nos études sur les méthacrylates ([1]), ([2]), nous avons examiné l'action de quelques alcools ROH sur les esters méthacryliques $CH_2{=}C(CH_3)COOR'$. Les produits attendus sont ceux résultant d'une addition sur la double liaison C=C, d'une substitution de R à R' et enfin des deux réactions simultanées.

Dans le cas simple où R=R', on obtient par catalyse alcaline (RONa, ROK) les composés d'addition $ROCH_2CH(CH_3)COOR$ accompagnés, pour R à nombre de carbone supérieur à 3, de produits di- ou trimères non examinés. Le rendement baisse avec l'allongement de la chaîne. Il est respectivement de 65,5; 50,2; 4,5 % pour $R{=}CH_3$, C_2H_5, $n-C_4H_9$. Il est fortement influencé par une ramification. Pour $R{=}i-C_3H_7$ l'addition est douteuse; elle est nulle pour $t-C_4H_9$.

Ces observations concordent avec celles, connues, de la série acrylique ([3]). Elles sont complétées par l'étude de l'addition de ROH sur le nitrile méthacrylique, plus réactif que l'ester. Ce dernier a été préparé à partir de l'acétone-cyanhydrine par déshydratation au moyen de P_2O_5 en milieu SO_2 liquide (Rdt 45 %). Le rendement en alcoxynitriles est respectivement de 67; 53,4; 46,4; 23,9; 4,5 % pour $R{=}CH_3$, C_2H_5, $n-C_3H_7$, $i-C_3H_7$, $t-C_4H_9$. $n-C_4H_9OH$ dans d'autres conditions opératoires a donné 61 %.

L'addition est une réaction réversible. Le départ d'alcool est catalysé par des acides et des bases. La facilité d'addition s'interprète par la mésomérie du système conjugué.

Le cas $R \neq R'$ est plus complexe. A côté de la réaction d'addition, l'alcoolyse prend une part importante. On observe, en effet, la formation des composés

(I) $R'OH$,

(II) $CH_2{=}C(CH_3)COOR$,

(III) $CH_2(OR')CH(CH_3)COOR'$,

(IV) $CH_2(OR)CH(CH_3)COOR$,

(V) $CH_2(OR')CH(CH_3)COOR$,

et

(VI) $CH_2(OR)CH(CH_3)COOR'$.

Pour $R{=}C_2H_5$ ou $i-C_3H_7$ et $R'{=}CH_3$ on obtient des mélanges difficiles

(*) Séance du 21 avril 1952.

([1]) P. Bieber, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 291.

([2]) P. Bieber, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 655.

([3]) Rehberg, Dixon. *J. Amer. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 2205.

à séparer. Mais pour $R = n - C_4H_9$ et $R' = CH_3$, on peut mettre en évidence (I), 23 % (II), 3 % (IV) et 15 % du mélange (V) + (VI) : $É_{17}$ 80-82°, d_4^{18} 0,9311; n_D^{18} 1,415 à 1,417. Pour $R = CH_3$ et $R' = n - C_4H_9$ on obtient 52,5 % (I), (II), 2 % (III), 24 % (IV), 25 % du mélange (V) + (VI).

Dans l'espoir d'isoler les composés (VI) à l'état pur, nous avons essayé l'action, en milieu éthéré, de RONa solide sur $CH_2BrCH(CH_3)COOR'$. La réaction de déshydrohalogénation se fait beaucoup plus facilement que celle d'échange. L'ester non saturé en résultant donne ensuite les réactions d'addition et d'alcoolyse. Ainsi par action de CH_3ONa sur $CH_2BrCH(CH_3)COOn{-}C_4H_9$, nous n'avons isolé à 3° que des produits de déshydrohalogénation : $CH_2{=}C(CH_3)COOC_4H_9$ (51 %) et d'alcoolyse $CH_2{=}C(CH_3)COOCH_3$ (10 %) et C_4H_9OH (env. 30 %). A 35° on peut, en plus, mettre en évidence des composés d'addition $CH_2(OCH_3)CH(CH_3)COOCH_3$ et 26 % du mélange (V)+(VI). Avec C_6H_5ONa et $CH_2BrCH(CH_3)COOCH_3$ à température ordinaire, nous n'avons isolé que les produits résultant d'un enlèvement de HBr : $CH_2{=}C(CH_3)COOCH_3$ et C_6H_5OH.

Les esters (VI) peuvent être préparés purs par action des chlorures d'acide sur $MgBr(OR')$. Ainsi $CH_3OCH_2CH(CH_3)COCl$ donne


$CH_3OCH_2CH(CH_3)COOn{-}C_4H_9$ (rdt 54 %).

L'intérêt principal de cette étude réside dans la comparaison entre les amines et les alcools dans leur action sur les méthacrylates. L'effet frappant est la facilité relative des actions sur le groupe éthylénique et sur la fonction ester. On voit nettement que l'addition sur la double liaison est moins facile pour les alcools que pour les amines. La substitution dans le groupe ester, au contraire est plus aisée pour les alcools que pour les amines. L'influence de la longueur de chaîne et de la ramification est sensible pour les amines et les alcools. La réactivité additive de la double liaison $C = C$ est augmentée par substitution de la fonction nitrile au carboxyle ou par remplacement d'un H en β par rapport au carboxyle par un radical alcoxy ou un halogène.

Pour les amines nous avons montré [1] que l'addition est primaire et que la substitution lui fait suite. Il en est encore ainsi dans le cas des phénols. Ainsi par action du phénol sur le méthacrylate de méthyle, seul le phénoxyisobutyrate de méthyle a pu être isolé, avec un rendement de 5,6 %. Dans le cas des alcools, il est permis de supposer que l'alcoolyse est souvent plus rapide que l'addition. C'est en particulier ce que fait penser l'expérience citée de CH_3ONa sur l'ester bromé. Le produit d'alcoolyse est isolé dès 3°, alors que le produit d'addition est apparu dans des conditions plus énergiques seulement.

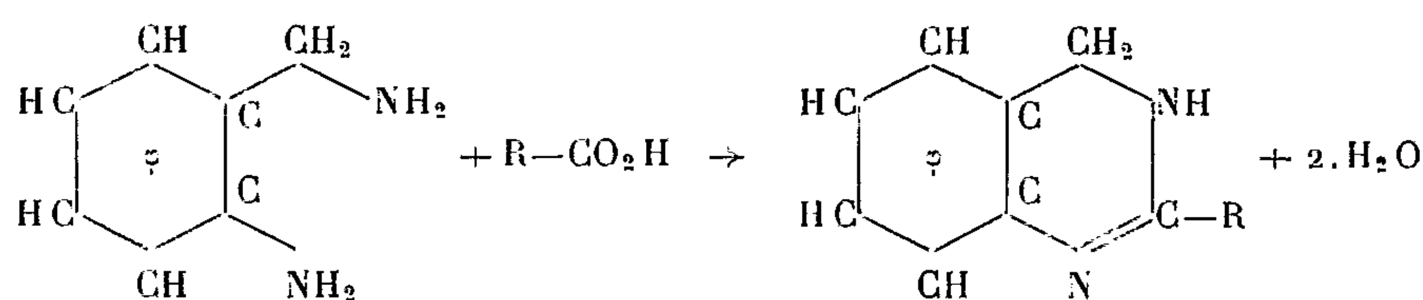
Au total, le parallélisme amines-alcools est très frappant, mais on constate nettement ses limites.

Dans ce travail, 19 composés nouveaux ont été préparés. Leur description détaillée sera publiée ultérieurement.

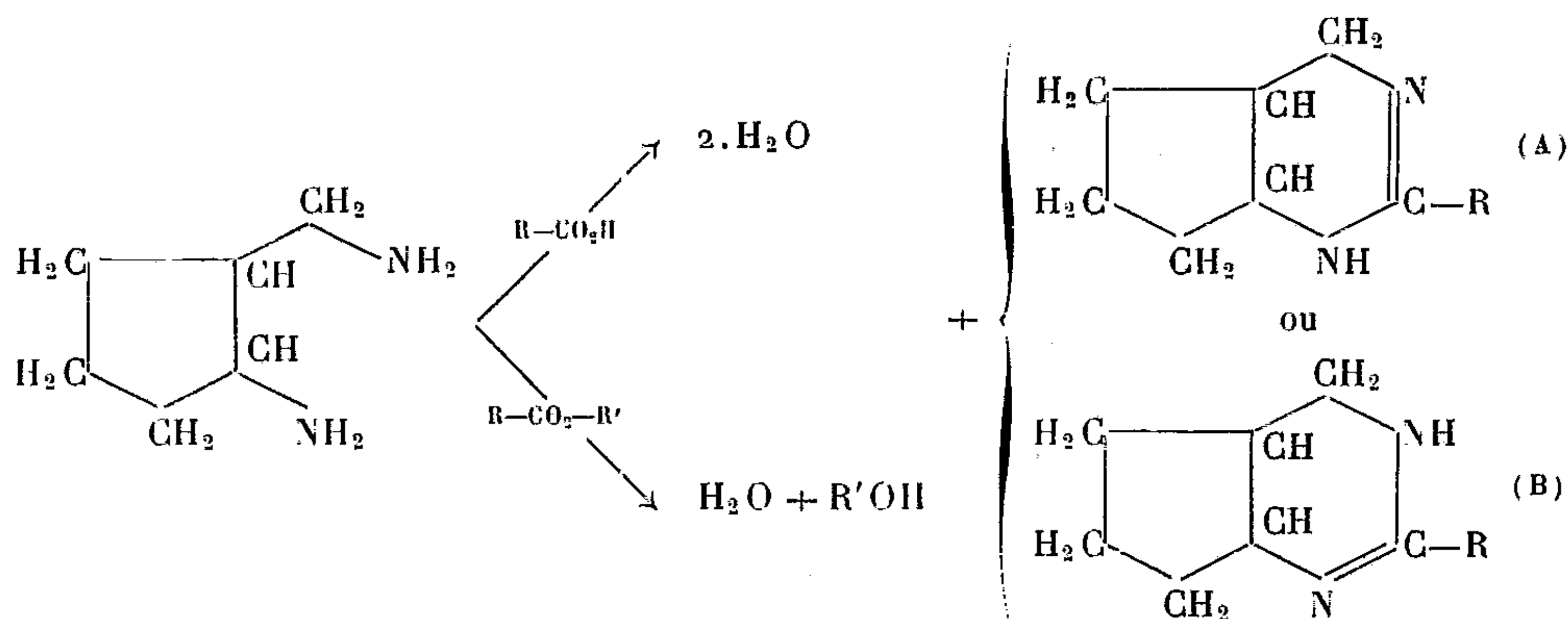
CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de quelques tétrahydropyrimidines.* Note de MM. **Olivier Riobé** et **Maurice Lamant**, présentée par M. Marcel Delépine.

Certaines cyclopentano-5.6 tétrahydropyrimidines sont obtenues facilement par condensation de l'aminométhyl-2 aminocyclopentane avec les acides organiques et leurs esters. Ces tétrahydropyrimidines sont parfaitement identifiées par leurs picrates bien cristallisés.

Gabriel et S. Colmann ([1]), étudiant la condensation des acides organiques sur l'*o*-aminobenzylamine, ont préparé la dihydroquinazoline et ses dérivés.



Nous avons cherché à appliquer cette réaction à une nouvelle diamine, l'aminométhyl-2 aminocyclopentane (*), obtenue par hydrogénation sur nickel Raney de l'imino-2 cyanocyclopentane, et nous l'avons étendue aux esters correspondants.



En condensant l'aminométhyl-2 amino cyclopentane — soit avec les acides organiques [dans la proportion d'une molécule d'amine pour 5 molécules d'acide ([2]) l'excès d'acide servant de solvant] — soit avec leurs esters éthy-

([1]) *Ber*, 37, 1904, p. 3643.

(*) Ce produit a été préparé par les services scientifiques de la Société Rhône-Poulenc.

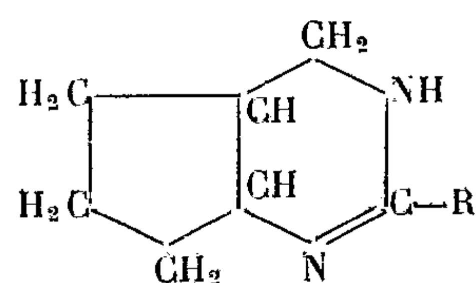
([2]) Paulus, *Thèse*, Fribourg, 1909.

liques en proportions équimoléculaires — nous avons obtenu les cyclopentano 5.6-tétrahydropyrimidines avec des rendements de 75 à 90 %.

Bien qu'on puisse, en théorie du moins, obtenir ainsi deux formes tautomères, les travaux de Gabriel et S. Colmann nous conduisent à admettre la présence de la forme B seulement, que l'on travaille avec l'acide ou avec son ester.

Les tétrahydropyrimidines obtenues, comme les pyrimidines en général, sont distillables sous pression réduite. Elles cristallisent plus ou moins facilement après rectification. Douées d'une odeur forte et désagréable rappelant celle de l'acétamide, elles sont solubles dans l'eau, l'alcool éthylique, le benzène, le chloroforme et le cyclohexane, insolubles dans l'éther ordinaire et l'éther de pétrole. Ce sont des composés très hygroscopiques et cette particularité signalée par Henry Chitwood ([3]) pour les alkylglyoxalidines, rend l'analyse pondérale de nos produits relativement difficile. Les tableaux I et II rassemblent leurs caractéristiques et celles de leurs picrates, seuls dérivés cristallisés facilement accessibles.

TABLEAU I.



	Formule brute	F (°C).	E (°C).
$R = H$	$C_7H_{12}N_2$	49-50	$164\text{-}165_{21}$
$R = CH_3$	$C_8H_{14}N_2$	38-39	$168\text{-}170_{13}$
$R = C_6H_5$	$C_{13}H_{16}N_2$	45-48	$225\text{-}230_{16}$
$R = CH_2-C_6H_5$	$C_{14}H_{18}N_2$	Gelée visqueuse	$247\text{-}250_{13}$

TABLEAU II.

Base.	Picrate.	F (°C).	N % ([4]) calculé.	N % ([4]) trouvé.
$C_7H_{12}N_2$	$C_{13}H_{15}N_5O_7$	100,5	19,82	19,70
$C_8H_{14}N_2$	$C_{14}H_{17}N_5O_7$	157-158	19,07	19,13
$C_{13}H_{16}N_2$	$C_{19}H_{19}N_5O_7$	177	16,30	15,80
$C_{14}H_{18}N_2$	$C_{20}H_{21}N_5O_7$	153	15,80	15,56

Ces tétrahydropyrimidines comme les alkylglyoxalidines décrites par Chitwood ([3]), fixent le brome en solution tétrachlorocarbonique; par action de l'acide sulfurique elles s'hydrolysent en redonnant l'acide et le sulfate de la diamine de départ.

([3]) *Amer. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 2424.

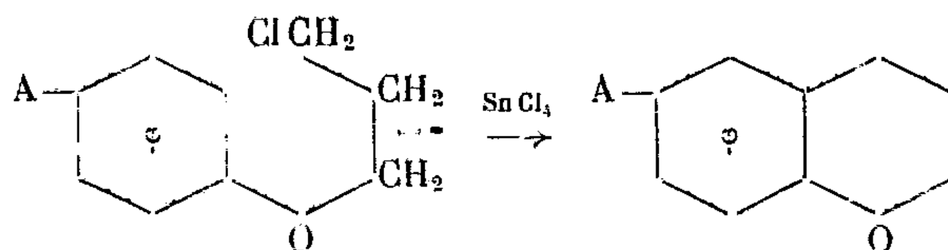
([4]) FLEURY et LEVALTIER, *Bull. Soc. Chim.*, 37, 1925, p. 330.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la synthèse des Δ_3-benzopyrannes*. Note de MM. **Henri Normant** et **Pierre Maitte**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le noyau hétérocyclique des chromannes est bromé, en position 4, par la bromosuccinimide; des bromures obtenus on passe ensuite aux chromènes. On a réalisé ainsi la première synthèse du simple Δ_3-benzopyranne.

La structure benzopyranne (ou chromène) se rencontre dans divers composés naturels, et la stabilité semble en être assurée par la présence de substituants, généralement aromatiques. En fait, les benzopyrannes Δ_2 et Δ_3, comme les pyrannes correspondants, ne semblent pas avoir été isolés : le présent travail comble cette lacune en ce qui concerne l'isomère Δ_3.

Les chromannes nécessaires ont été obtenus par cyclisation des aryloxy-1-chloro-3-propanes (1) :



avec A = H, CH_3 et Br.

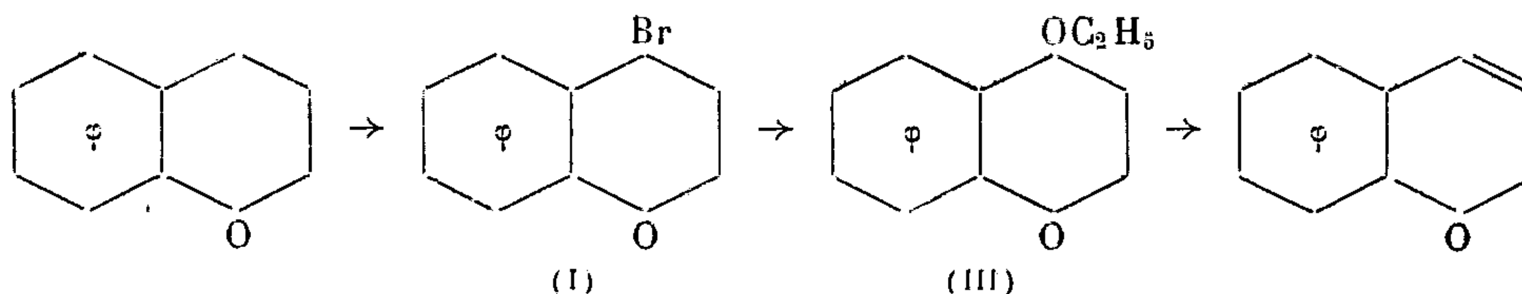
$SnCl_4$ s'est montré plus avantageux que $ZnCl_2$.

Chromanne (A = H). Rdt 80 %, compte tenu du produit non cyclisé. Redistillé sur Na, liquide incolore. $E_{12,5}$ 89°; n_D^{16} 1,5505; d_4^{16} 1,066; dérivé acétylé F 43-43°,2 (éther de pétrole) (2).

Bromo-6-chromanne (A = Br). E_{15} 140-141°; n_D^{21} 1,5914; d_4^{21} 1,4972; trouvé Br % : 37,40 et 37,59; calculé pour C_9H_9OBr : Br % 37,52.

La cyclisation se fait très mal, mais la bromation dans Cl_4C du chromanne est presque quantitative.

Le passage des chromannes aux chromènes par déshydrogénation sur S ou Se ou par oxydation par SeO_2 n'a pu être réalisé; par contre, il se fait très bien par la suite des réactions :



(1) Rindfusz, *J. Amer. Chem. Soc.*, **41**, 1919, p. 665; Rindfusz et Harnach, *J. Amer. Chem. Soc.*, **42**, 1920, p. 157.

(2) Châtelus, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 201.

La bromation, effectuée dans Cl_4C en présence de peroxyde de benzoyle et au moyen de bromosuccinimide fournit un mélange de bromo-4 (I) et de bromo-6 (II) chromannes. Une réaction brutale et l'emploi de réactifs purs et secs favorisent l'introduction de Br dans l'hétérocycle. Le mélange brut des bromures est alors traité par C_2H_5ONa qui laisse (II) inattaqué. Le chromène obtenu peut être souillé de chromanne (impossible à éliminer par distillation) si la bromation a été incomplète. On peut avoir un produit pur en distillant d'abord sous bon vide pour séparer (III) ($É_{0,4}$ 93-94°; $É_{10,5}$ 121-122°), lequel, par chauffage, perd aisément de l'éthanol (dinitrobenzoate F 92°).

Le Δ_3-*chromène* C_9H_8O présente les constantes suivantes : $É_{11,5}$ 90°,5; d_4^{12} 1,0815; n_D^{12} 1,5744; RM trouvée 40,29; calculée 39,14.

Parachor : trouvé 307,2; calculé 305,0.

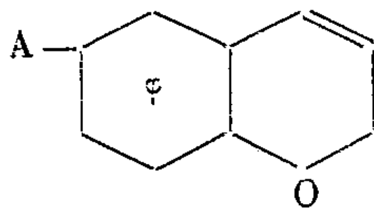
Spectre Raman : raie de double liaison à 1640 cm^{-1}.

Dibromure-3.4 peu stable, F 124°.

Analyse. — Trouvé %, C 81,15; H 6,07; calculé pour C_9H_8O : C 81,8; H 6,06. Par hydrogénation en présence de Ni Raney, il redonne le chromanne.

Le produit principal de l'action de $(C_2H_5)_2NH$ sur le bromure (I) est le *diéthylamino-4-chromanne* ($C_{13}H_{19}ON$). E_{16} 143°,5; $E_{9,5}$ 134°; n_D^{22} 1,5262; d_4^{22} 1,0136; trouvé N % 7,03, calculé pour $C_{13}H_{19}ON$: N % 6,83. Picrate F 121°,5. Il est accompagné d'un peu de chromène dans les produits neutres.

La méthode a permis de préparer, de même, les composés suivants :



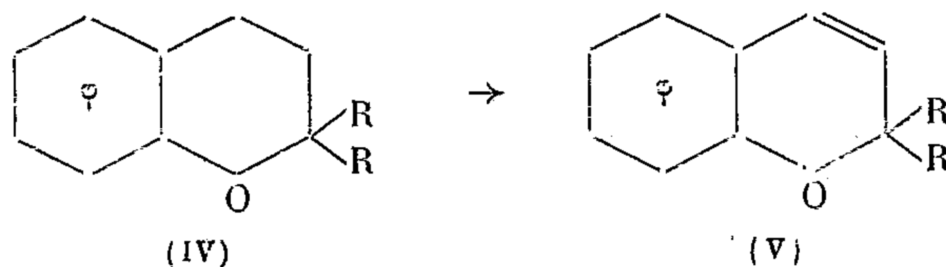
Méthyl-6 Δ_3-*chromène* ($C_{10}H_{10}O$) A = CH_3. E_{11} 104°; d_4^{16} 1,0602; n_D^{16} 1,5691; RM trouvée 45,12; calculée 43,76.

Analyse. — Trouvé %, C 81,46; H 7,38 calculé pour $C_{10}H_{10}O$: C 82,2 H 6,85.

Dibromure-3.4 peu stable F 84°.

Bromo-6 Δ_3-*chromène* (C_9H_8OBr) A = Br. E_{14} 136°; d_4^{16} 1,6105; n_D^{16} 1,5235; RM trouvée 48,05; calculée 46,80. Analyse : trouvé Br % 37,40, calculé pour C_9H_8OBr : Br % 37,95.

Enfin, elle a permis de préparer un composé connu



(IV) ($R = nC_4H_9$) préparé suivant Smith et Ruoff ([3]) a ainsi donné (V) : $E_{0,8}$ 132°; d_4^{17} 0,9627; n_D^{17} 1,5138; RM trouvée 76,28, calculée 76,10, que ces mêmes auteurs avaient préparé à partir de la coumarine.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réductions sélectives au moyen de l'hydrure d'aluminium et de lithium. III. Nouvelle synthèse de la chloromycétine.* Note de Mme **Irène Elphimoff-Felkin**, MM. **Hugh Felkin** et **Zoltan Welvart**, présentée par M. Pierre Jolibois.

La réduction sélective par $LiAlH_4$ de la seule fonction ester des *trans* 2-aryl ou alcoyl 4-carbéthoxy 5-*p*-nitrophényl oxazolines, suivie d'hydrolyse, conduit aux N-acyl *thréo* β-*p*-nitrophénylsérinols. Cette réaction constitue une nouvelle méthode de préparation de la chloromycétine racémique.

L'un de nous a montré ([1]) ([2]) que l'hydrure double d'aluminium et de lithium permet souvent de réduire sélectivement une seule fonction dans des composés comportant deux fonctions différentes, toutes deux réductibles. En particulier il est possible, *en employant la quantité théorique de réactif*, de transformer les esters comportant dans leur molécule une fonction nitro aromatique en nitro-alcools correspondants ([1]).

Dans le but d'élaborer une synthèse avantageuse de la chloromycétine (IV, $R = CHCl_2$), nous avons envisagé l'application de cette méthode de réduction sélective au *thréo* β-*p*-nitrophénylsérinate d'éthyle (I) ou à ses dérivés, en vue d'obtenir le *thréo* β-*p*-nitrophénylsérinol (V).

Les résultats des essais préliminaires ([3]) effectués sur des composés ne comportant pas de groupement nitro dans leur molécule (dérivés de la β-phénylsérine) nous ont laissé prévoir que l'action de la quantité théorique de $LiAlH_4$ sur les carbéthoxy *p*-nitrophényl oxazolines (II, $R = C_6H_5$ et CH_3) permettrait de réduire sélectivement la seule fonction ester de ces oxazolines sans réduire leur groupement nitro.

L'expérience a confirmé cette prévision; l'action de la quantité théorique de $LiAlH_4$ ([4]) sur ces oxazolines conduit à un complexe organo-métallique dont l'hydrolyse plus ou moins poussée permet d'obtenir à volonté soit les hydroxyméthyl *p*-nitrophényl oxazolines (III, $R = C_6H_5$ et CH_3), soit les N-acyl *thréo* β-*p*-nitrophénylsérinols (IV) correspondants. L'hydrolyse ultérieure

([3]) Smith et Ruoff, *J. Amer. Chem. Soc.*, **62**, 1940, p. 145.

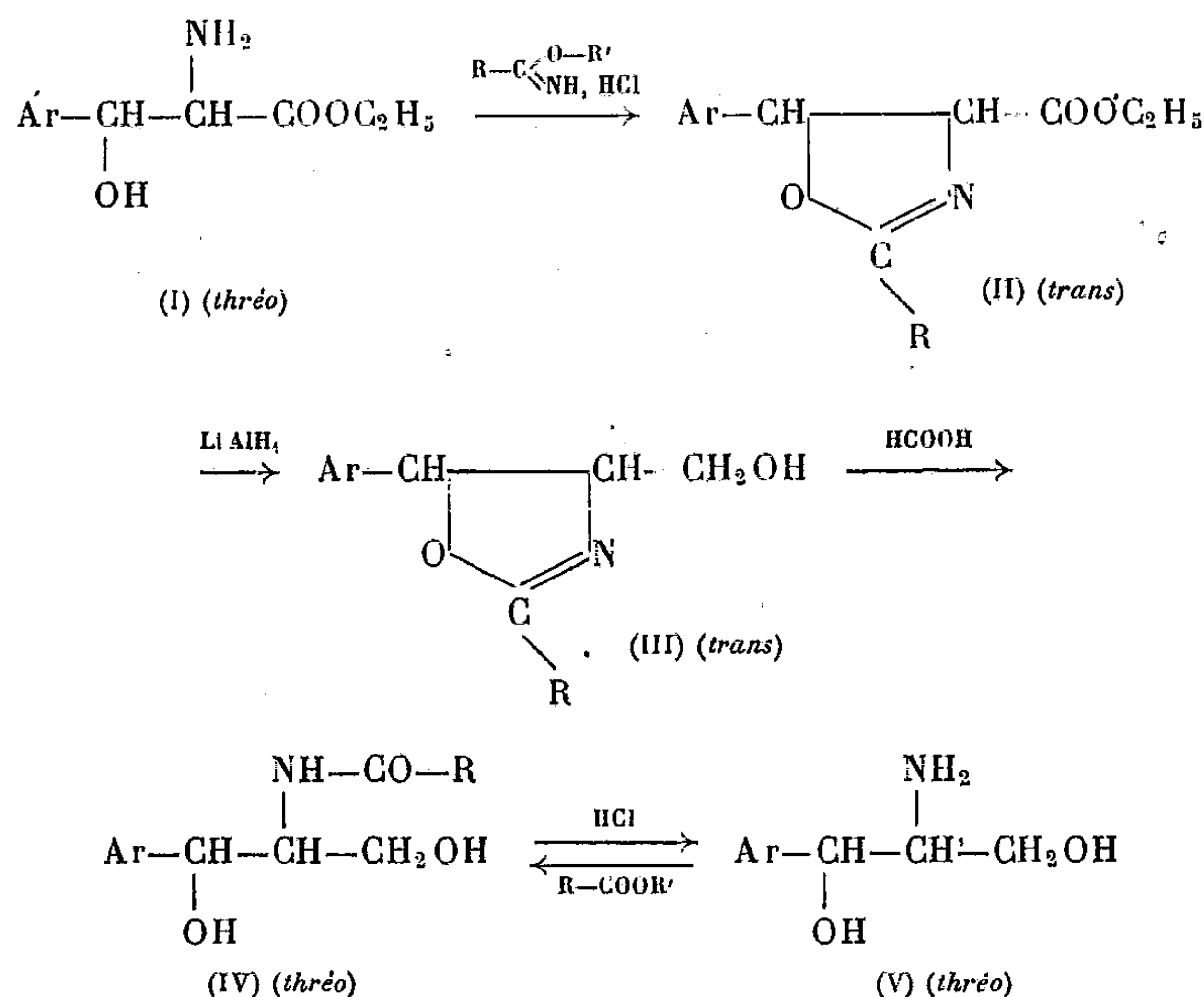
([1]) H. Felkin, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 304.

([2]) H. Felkin, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1316.

([3]) I. Elphimoff-Felkin, H. Felkin, B. Tchoubar et Z. Welvart, *Bull. Soc. Chim., France*, **19**, 1952, fasc. 3-4, p. 252.

([4]) 3/4 mol-g dans le cas de l'oxazoline (II, $R = C_6H_5$) qui possède un atome d'hydrogène mobile.

de ces composés conduit au *thréo* β-*p*-nitrophénylsérinol (V) ([5]) qui fournit, par dichloracétylation, la chloromycétine racémique (IV, R = $CHCl_2$) ([6]) :



Afin d'éviter ces deux derniers stades (hydrolyse et dichloracétylation), nous nous sommes proposé de réduire une carbéthoxy *p*-nitrophényl oxazoline (II, R=$CHCl_2$) contenant déjà le groupement dichlorométhyle dans sa molécule. En effet, les travaux antérieurs ([2]) ([7]) laissaient prévoir que ce groupement ne serait pas attaqué par $LiAlH_4$ dans les conditions où le réactif ne réduit pas le groupement nitro. Nous avons montré que la réduction sélective de la fonction ester de cette oxazoline ([8]), suivie d'hydrolyse par l'acide formique aqueux, conduit directement, comme nous l'avions espéré, à la chloromycétine racémique (IV, R=$CHCl_2$).

Du fait qu'il est possible, comme nous l'avons montré récemment ([9]), d'obtenir directement le *thréo* β-*p*-nitrophénylsérinate d'éthyle (I) par condensation

([5]) J. Controulis, M. C. Rebstock et H. M. Crooks, *J. Amer. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 2463.

([6]) Dans toutes les formules, Ar = *p*-NO_2 — C_6H_4.

([7]) C. E. Sroog, C. M. Chih, F. A. Short et H. M. Woodburn, *J. Amer. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 1710; R. E. Lutz, R. L. Wayland, et H. G. France, *J. Amer. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 5511.

([8]) Lorsque la réduction est effectuée dans l'éther, les rendements obtenus sont nettement inférieurs à ceux obtenus dans le cas des phényl et méthyl oxazolines (II, R=C_6H_5 et CH_3), vraisemblablement à cause de l'insolubilité d'un des complexes alumino-lithiques formés intermédiairement.

([9]) I. Elphimoff-Felkin, H. Felkin et Z. Welwart, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1627.

du glycocollate d'éthyle et de l'aldéhyde *p*-nitrobenzoïque, la chloromycétine racémique peut actuellement être préparée en trois opérations à partir de cet aldéhyde ([10]).

Partie expérimentale. — Les *oxazolines* (II) sont préparées par action des chlorhydrates d'imino-éthers sur l'amino-ester (I) ([9]), par une technique déjà décrite ([3]) : $R = C_6H_5$, $C_{18}H_{16}O_5N_2$, F 86-87°; $R = CH_3$, $C_{13}H_{14}O_5N_2$, F 91-92° $R = CHCl_2$, $C_{13}H_{12}O_5N_2Cl_2$, F 72-74°. Les *oxazolines* (III) sont obtenues par réduction sélective suivant la méthode décrite ([1]), en opérant à 0° en milieu très dilué et en dissolvant l'hydroxyde d'aluminium par l'acide acétique aqueux à froid : $R = C_6H_5$, $C_{16}H_{14}O_4N_2$, F 199-200°; $R = CH_3$, $C_{11}H_{12}O_4N_2$, F 159-160°. Les N-acyl β-*p*-nitrophénylsérinols (IV) sont obtenus soit à partir des oxazolines (III), soit directement à partir du mélange réactionnel résultant de la réduction, par action d'une solution diluée d'acide formique. Ils sont identiques aux composés obtenus par acylation de l'aminodiol (V), F 142-143°, auquel ils conduisent par hydrolyse ([5]) : $R = C_6H_5$, F 162-163° ([11]); $R = CH_3$, F 167-168° ([5]); $R = CHCl_2$, F 150-151° ([5]).

CRISTALLOGRAPHIE. — *Faciès en forme de rhombes des microcristaux de* NaCl *servant de noyaux de condensation atmosphérique.* Note de M. **Léopold Facy**, présentée par M. Charles Mauguin.

En examinant au microscope électronique les particules atmosphériques servant de noyaux de condensation on observe fréquemment, comme l'a déjà noté Linke ([1]), des formes en losange souvent très régulières. Certaines figures cristallines, même après métallisation des préparations, ne présentent aucun relief décelable; d'autres au contraire, par leur ombre portée caractéristique, indiquent sans ambiguïté que le cristal est un octaèdre reposant sur une de ses faces (111).

En opérant avec des solutions pures de NaCl pulvérisées de façon à reproduire artificiellement, après évaporation, des particules comparables aux noyaux de condensation, on retrouve avec les formes (100) du système cubique un nombre important de formes en losange semblables à celles données par les noyaux naturels. Certaines de ces formes en losange proviennent de la projection oblique du contour apparent de l'octaèdre, forme de l'holoédrie cubique apparaissant parfois spontanément en présence d'impuretés ou aux grandes vitesses d'évaporation et signalée

---

([10]) Nous décrirons ultérieurement une voie de synthèse analogue conduisant à la chloromycétine optiquement active.

([11]) A. Cestari et S. Bezzi, *Il Farmaco*, 5, 1950, p. 649, et A. Iliceto et E. Scoffone, *Gazz. Chim. Italiana*, 81, 1951, p. 133, indiquent F 152°.

([1]) *Naturwissenschaften*, V 31, 1943, p. 230-231.

tout récemment par Kern [2]; d'autres, dénuées de toute ombre portée, proviennent de cristaux tabulaires extrêmement plats.

Dans ce dernier cas, pour les noyaux artificiels comme pour les noyaux naturels, des mesures effectuées sur les clichés donnent pour l'angle aigu du rhombe une série de valeurs assez constantes, respectivement voisines de 53, 62, 73, 77 et 80°. Les deux dernières valeurs étant les plus fréquemment observées.

Malgré la faible précision que l'on est en droit d'attendre de semblables mesures, à partir de clichés qui ne fournissent que la projection de l'angle et non l'angle lui-même, il est à noter que ces valeurs concordent remarquablement avec les angles que font entre elles les faces (120), $(1\bar{2}0)$; (350), $(3\bar{5}0)$; (340), $(3\bar{4}0)$; (450), $(4\bar{5}0)$, déjà indiquées par Krat [3], et entre des faces d'indices encore plus élevés puisque des rhombes de 80° correspondant à l'angle des plans (560), $(5\bar{6}0)$ sont encore fréquents.

Devant les dimensions absolues de la gouttelette formée par détente sur une particule de NaCl souvent inférieure au 1/10 de μ, les processus d'évaporation sont extrêmement rapides. Dans une semblable gouttelette toujours étalée, après sa chute sur lamelle ou sur grille collodionnée du porte-objet, le cristal ne pourra croître, en général, que sous forme tabulaire. Au début des processus d'évaporation, tant que la sursaturation n'est pas excessive, un premier embryon de forme cubique (100) a toutes les chances d'apparaître. Dans les premiers stades de sa croissance, il conservera l'aspect d'un cube régulier tant que les dimensions absolues du cristal demeureront petites devant l'épaisseur du milieu liquide. Lorsque la hauteur de l'embryon deviendra notable, le niveau des faces (001) et $(00\bar{1})$ se trouvera fixé par l'épaisseur du contenu en sel de la solution étalée sur le porte-objet. A partir de cet instant les faces (001), $(00\bar{1})$ ne joueront plus un rôle prépondérant, non seulement parce qu'elles sont de faible indice, mais surtout parce que la solution mère au-dessus ou au-dessous d'elles est à peu près épuisée et que devant la vitesse des processus d'évaporation, un apport par diffusion dans le liquide devient improbable. C'est à ce moment qu'apparaîtront les faces à grands indices signalées par Krat et qui sont seules compatibles avec la croissance accélérée imposée par une évaporation rapide. Devant les conditions extrêmes qui lui sont imposées, le cristal n'a pas le temps de se développer selon ses faces habituelles qui sont toujours des faces de croissance minima. Suivant les remarques de Bunn et Emmett [4], il se développera par les

---

(2) *Comptes rendus*, 234, 1951, p. 970.
(3) *Kryst. und Min.*, Leipzig, 7, 1883, p. 393.
(4) *Crystal Growth, General dicussion, Faraday Soc.*, 133, 1949, p. 119.

faces d'indices élevés, adoptant celles qui lui permettront d'absorber les sursaturations rencontrées.

Des formes plates en losange, limitées par les faces (450), ($4\bar{5}0$) ou (560), ($5\bar{6}0$), angles de 77 et 80°, sont les plus fréquemment observées et correspondent à une vitesse critique d'évaporation presque toujours atteinte à l'échelle du noyau de condensation.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Spirales de croissance sur des rubis synthétiques.* Note de M. Séverin Amelinckx, présentée par M. Charles Mauguin.

Des spirales de croissance engendrées par des dislocations hélicoïdales prévues par la théorie de Burton, Cabrera et Frank (1), (2), ont été signalées, jusqu'ici pour huit substances. A ces substances, s'ajoute maintenant le rubis synthétique (Corindon).

La structure de Corindon peut être considérée en première approximation comme un assemblage hexagonal compact d'atomes d'oxygène, dans les interstices octaédriques desquels se logent les atomes d'aluminium. Les plans à assemblage compact sont donc les plans (0001), ce sont, de ce fait, les faces (0001) qui portent les spirales de croissance.

Les cristaux que nous avons examinés, mis aimablement à notre disposition par M. le Directeur de l'Institut royal des Sciences naturelles (Bruxelles), étaient préparés suivant le procédé de Frémy; ils forment de minces plaques hexagonales suivant *c* (0001).

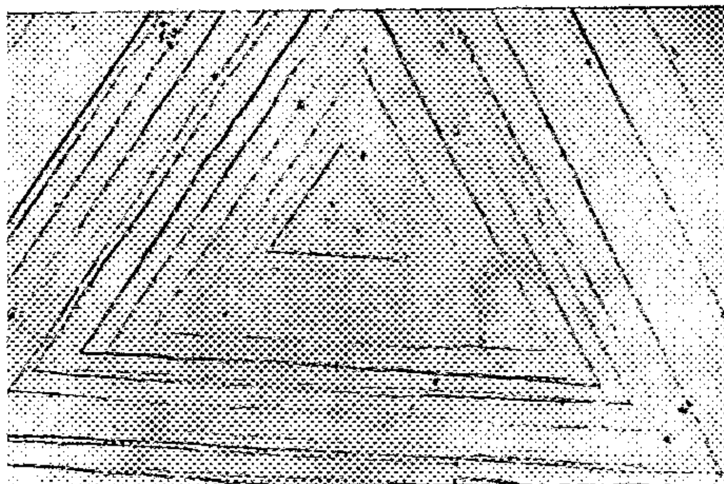


Fig. 1. (× 65).

Les spirales observées à l'aide de la technique déjà décrite ailleurs (3) sont triangulaires et parfaitement polygonisées. La figure 1 en donne un

(1) *Farad. Soc. Disc.*, n° 5, 1949, p. 48.
(2) *Phil. Trans. Roy. Soc.*, A, 243, 1951, p. 299-358.
(3) S. Amelinckx, *J. Chim. Phys.*, 48, 1951, p. 475.

exemple et représente une spirale simple. On y remarque des couches de croissance successives, arrêtées derrière un front de croissance triangulaire apparemment fermé, donnant lieu à une nappe épaisse de couches, simulant ainsi la croissance par formation de germes à deux dimensions. Ce phénomène est presque général et masque, très souvent, la forme en spirale des fronts de croissance. La figure 2 montre l'interaction de deux groupes de spirales de signes contraires.

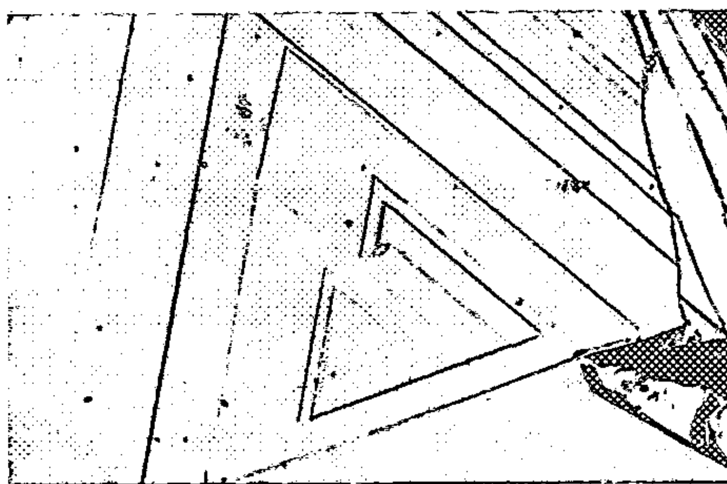


Fig. 2. (× 100).

Quelquefois, des spirales étaient visibles des deux côtés du cristal, elles étaient alors tournées l'une par rapport à l'autre de 180°, ce qui est en accord avec la symétrie du cristal (classe $\bar{3}\cdot m$). Dans ce cas, les points d'émergence de la dislocation sont situés sur une droite perpendiculaire aux faces (0001).

Vu le nombre limité de spires et le réarrangement des couches, résultant dans un changement de la hauteur de marches successives, celles-ci ne peuvent pas être évaluées d'une façon précise.

D'après la visibilité des marches on peut, néanmoins, conclure que, comme pour le carbure de silicium, les dislocations ont très souvent des vecteurs de Burgers de plusieurs unités. Cela suggère la possibilité de polytypisme, il suffit pour cela que la dislocation soit imparfaite.

La concentration de dislocations est plus grande que dans le cas du carborundum; la tendance à avoir toutes les spirales de même signe sur une même face ne s'observe pas ici. Ceci suggère que le mécanisme de création des dislocations diffère pour les deux substances. Ici, une origine possible pour les dislocations est, d'après nous, la présence des sels de chrome nécessaires pour la coloration des cristaux.

Contrairement à ce qui se passe dans le cas de SiC, nous n'observons, en général, pas de « tubes » de dislocation.

D'autres phénomènes analogues à ceux observés pour SiC ont aussi été trouvés; leur étude détaillée sera publiée ailleurs.

GÉOLOGIE. — *Les faciès du Jurassique dans la région de Corneille, près de Batna (Département de Constantine).* Note de MM. **Guy Durozoy**, **Jules Glaçon** et **Lionel Lessard**, présentée par M. Charles Jacob.

Au cours de levers effectués de 1949 à 1951, nous avons été amenés à modifier l'échelle stratigraphique adoptée depuis 1920 pour la partie des Monts du Hodna, située au Nord et au Nord-Est de Corneille et s'étendant de 25 à 50 km au Nord-Ouest de Batna. Les travaux de Tissot y mentionnaient dès 1881 la présence du Jurassique, mais J. Savornin n'avait pas cru devoir l'admettre. Des faunes, recueillies par nous et déterminées au C. E. D. P. par M. Roger et ses collaborateurs, montrent que la série, loin de se limiter au Crétacé inférieur, descend jusqu'au Lias moyen inclus. Dans le massif du Tafourer et le Djebel Massaouda (étudiés par J. G.), et dans le Djebel Mestaoua (observations de G. D. et L. L.), on a schématiquement la succession suivante :

Le Valanginien, en affleurements plus ou moins continus à la périphérie des dômes jurassiques, peu épais (une centaine de mètres), avec marnes bariolées à la base et marno-calcaires au sommet. Sa faune comprend notamment : *Neocomites*, cf. *neocomiensis* d'Orb., *Lytoceras* du gr. de *L. anisoptychum* Uhl., *Holcostephanus sulcosus Pavlow*, *Leopoldia* sp.

Le Jurassique supérieur et moyen est représenté par 300 à 400 m de sédiments calcaire fortement dolomitisés; l'absence de fossile déterminable (dans l'état actuel de nos recherches) ne nous permet pas de dire s'il y a des lacunes.

Le Toarcien affleure de façon limitée au pourtour des boutonnières de Lias, au centre du Tafourer, vers le Sud-Est du Djebel Messaouda et sur les contreforts ouest de la Mestaoua, près du Teniet Oum el Aroug. Il est formé de calcaires crayeux blancs, puis calcaires gris en rares plaquettes et marnes jaunâtres (puissance totale faible : 15 m). Il a fourni une faune d'Ammonites empâtées dans les calcaires crayeux blancs : *Pseudogrammoceras* aff. *quadratum* Haug. (in Renz), *Hildoceras* du groupe de *H.-bifrons* Brug., *Polyplectus subplanatus* Opp., *Harpoceras* sp., *Cæloceras* sp., *Lytoceras* sp. Cette faune peut caractériser le *Toarcien moyen*.

Le *Lias moyen* comporte des calcaires dolomitiques gris ou blancs, rubannés, en petits bancs pouvant appartenir au *Domérien* (puissance visible : 150 m au Tafourer).

D'un massif à l'autre la série varie légèrement, ces variations n'intéressant que le Jurassique moyen et supérieur, le Lias restant partout identique.

Sur les pentes Sud du *Djebel Tafourer* (*s. str.*) on distingue de haut en bas, sous le Valanginien :

1. Dolomie massive blanche, à patine brune (40 m); 2. Calcaire massif très blanc, en gros bancs épais (1 à 4 m) séparés par des lits plus tendres (environ 150 m); 3. Dolomie blanche, calcaire dolomitique gris ou noirâtre, (150 m).

En lame mince le calcaire 2 se montre formé de débris de Polypiers et de Bryozoaires; c'est un faciès « corallien ». Il passe latéralement à des dolomies blanches largement cristallisées. D'autre part, dans le niveau 3, se rencontrent des ilôts épargnés par la dolomitisation, formés d'un calcaire gris à Bélemnites et de débris d'Ammonites pyriteuses indéterminables, semblable, en lame mince, à certains calcaires du Dogger du reste des Monts du Hodna.

Dans le *Djebel Messaouda*, le Jurassique supérieur et moyen est entièrement dolomitique ; la puissance est la même que précédemment (350 m).

Sur les contreforts ouest du massif tabulaire de la Mestaoua on observe de haut en bas :

Dolomies grenues blanches ou noires (20 m) ; calcaire blanc passant latéralement à des dolomies (120 m), dolomies (60 m) ; calcaires gris ou blancs et dolomies en gros bancs (50 m), dolomies grises, noirâtres et à gros grains vers la base, puis calcaire dolomitique gris en bancs peu distincts.

Ainsi, dans les trois massifs considérés, le Jurassique supérieur et moyen garde les mêmes caractères : puissance relativement faible (autour de 350 m), absence de niveaux marneux ou marnocalcaires, faciès corallien très blanc, dolomitisation accentuée, sédimentation peu profonde.

Vers l'Ouest, dans le reste des Monts du Hodna (Talrempt, Ampère, Bou-Taleb), et vers le Sud (Bélezma), les faciès sont différents (marnes et calcaires marneux plus épais, environ de 600 m) ; la sédimentation paraît donc plus profonde. Cette différence peut être due au fait que la région située au Nord et au Nord-Est de Corneille a résisté à la subsidence vers la fin du Jurassique, et constituait l'amorce d'un horst. Lors de l'orogénèse alpine, la différence des faciès a influencé la structure, la Mestaoua continuant à jouer le rôle d'un horst (les trois massifs où affleure le Jurassique « corallien » peu épais ont une structure simple de style cassant), le Talrempt et le Belezma ayant évolué de façon moins rigide.

GÉOLOGIE. — *Existence dans les environs d'Oujda (Maroc Oriental) d'une discordance dans le Jurassique supérieur, établie grâce à des niveaux repères récemment reconnus.* Note de M. **Jacques Claveau**, présentée par M. Charles Jacob.

Le Jurassique de la région minière de Bou Beker, sur la frontière algéro-marocaine à 30 km au Sud-Est d'Oujda, a fait l'objet d'études surtout minières de géologues de la Société des Mines de Zellidja : A. Landel, S. Janiak et J. Segaud et d'un travail antérieur de Géologie générale de G. Lucas, qui nous a été utile, de même que les conseils de son auteur.

Entre les dolomies liasiques et le Callovien, les horizons stratigraphiques appuyés par des faunes d'Ammonites, ne manquent pas et le repérage est relativement facile. Par contre, au-dessus, depuis la base du Callovien jusqu'à celle du Kiméridgien, soit sur une puissance de plus de 800 m, il était difficile, sinon impossible, de se situer avec précision. Aussi ai-je cherché des niveaux lithologiques caractéristiques. Je les ai trouvés, tout au moins pour la moitié de cette série puissante, sous la forme de *bancs calcaires à oolithes ferrugineuses* qui peuvent être groupés en huit niveaux. Lorsque tous sont représentés et qu'il n'existe aucune lacune sédimentaire, le premier niveau (oolithe ferrugineuse bathonienne) se trouve

à quelques mètres du toit du Lias et le dernier (oolithe 8) à une distance de 400 m au-dessus.

Les bancs calcaires, épais de 5 à 80 cm, sont interstratifiés dans une série marno-argileuse à intercalations gréseuses, à faciès monotone, avec toutefois quelques amas un peu plus caractéristiques de gros bancs de grès à quelques niveaux (grès de Bou Beker, localement, à la base de la série; grès de Missiouïne à 250 m au-dessus; grès lusitaniens à 10 m environ plus haut que l'oolithe 8).

C'est grâce à ces niveaux repères que j'ai pu montrer la généralité d'une discordance, entrevue en 1949 par J. Goguel et S. Janiak, à l'Est de Bou Beker (puits n° 3), mais considérée par eux comme accidentelle. En réalité, il s'agit d'un phénomène de grande envergure : tout au long de la falaise, entre le Ras Asfour et Sidi Abd el Ouahab, on peut voir les grès de Missiouïne manifestement plissés et même redressés à la verticale, recoupés par une surface d'érosion presque plane à faible pendage. Les niveaux repères 1 à 4 et les grès de Missiouïne sont *au-dessous* de la surface d'érosion : celle-ci est recouverte par des marnes parfaitement tranquilles dont le faible pendage représente celui de la surface d'érosion. Elles contiennent près de leur base le niveau 5, et, plus haut, les niveaux 6, 7 et 8, puis les grès lusitaniens. J'ai considéré arbitrairement que la surface érodée, que je qualifie de « supra-oxfordienne », correspondait à la limite Oxfordien-Lusitanien.

On sait d'autre part que le Primaire, le Lias et le Callovo-Oxfordien sont recoupés par des failles. Or, autre fait très important, j'ai pu montrer que parmi les principales, il en était une tout au moins, à savoir la faille sud du horst de Bou Beker, qui s'arrêtait à la surface d'érosion : elle lui serait donc antérieure. G. Lucas m'a fait savoir qu'à son avis, d'après l'observation sur le terrain et l'examen de photographies aériennes, c'est aussi le cas de la faille sud du Djorf Ouazzen. Les autres failles, au contraire, intéressent également Lusitanien et Kiméridgien : peut-être antérieures aussi à la surface d'érosion, elles ont cependant rejoué plus tard.

C'est le cas, par exemple, de la faille nord du horst de Bou Beker. Mais celle-ci présente un autre intérêt. Elle sépare deux compartiments : l'un, au Sud, que nous venons de décrire, et dans lequel il y a, entre la surface d'érosion et le repère 8, 150 m de dépôts, l'autre, au Nord, qui va jusqu'au Ras Asfour et où l'oolithe 8 repose directement, ou presque, sur la surface érodée.

Comment interpréter ces faits ? Il faut d'abord remarquer que les marnes et grès situés entre les repères 1 et 4 ne participent pratiquement pas aux plissements qui n'intéressent que les grès de Missiouïne. On est donc amené à penser que les plissements sont, non pas le fait d'une poussée tangentielle, mais la traduction en surface d'un déséquilibre profond,

causé par le jeu des failles du socle. Ce jeu est du reste prouvé pour la faille sud de Bou Beker.

La faille nord a dû être active plus longtemps, et elle a créé une dénivellation d'environ 150 m entre le compartiment situé au Nord et celui du Sud, abaissé; ce n'est que lorsque cette différence de niveau a été rattrapée par le dépôt des couches contenant les repères 5 à 7, que la sédimentation a pu redevenir uniforme, la couche 8 reposant sur la surface érodée au Nord, et au-dessus de 150 m de dépôts au Sud.

La stabilité de la région *après* la discordance, qui n'a été rompue que sans doute beaucoup plus tard, à savoir au Tertiaire, est à mettre en opposition avec son instabilité au cours du Lias, du Jurassique moyen et du Callovien, dont les épaisseurs sont variables selon qu'on s'adresse aux horsts ou aux graben. Cependant, la zone sud, où le Lusitanien est complet, peut être considérée comme une extension vers le Nord de la zone subsidente des Hauts-Plateaux, la zone nord, moins complète, représentant au contraire, un gain vers le Sud du horst du Ghar Rouban.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *De l'influence de l'irrégularité de la rotation terrestre sur le champ magnétique.* Note de M. **Nicolas Stoyko**, présentée par M. André Danjon.

Dans une Note précédente [1] j'ai trouvé une relation entre la variation de la rotation de la Terre et le champ magnétique total, en utilisant les résultats des observations du champ magnétique en Europe continentale.

Comme les variations du magnétisme terrestre dans les différents lieux de la Terre ont une allure apparemment différente, on a pu penser que c'était une coïncidence fortuite. J'ai donc complété mon étude en utilisant les résultats des 27 stations magnétiques [2], dont neuf sont en Europe, sept en Asie, quatre en Amérique, cinq en Australie et Océanie, deux en Afrique.

J'ai fait différentes combinaisons en prenant les moyennes : des dix observatoires les plus anciens (N_{10}) qui travaillent régulièrement, au moins depuis 1880; j'en ai ajouté neuf qui travaillent depuis 1890 (P_{19}) et, enfin huit qui travaillent depuis 1900 $F_{(27)}$. De plus, j'ai utilisé la moyenne des 17 dernières stations magnétiques (D_{17}).

Pour la commodité de la discussion, j'ai ramené tous les résultats à un système homogène, en prenant pour l'année 1900 la valeur 47000 γ pour la force totale (F) du champ magnétique terrestre. De plus, j'ai tenu compte du terme

(1) *Comptes rendus*, 223, 1951, p. 80.

(2) F. Burmeister et J. Bartels, *Magnetismus des Erdkörpers*, p. 403-405 (*Landolt-Börnstein Zahlenwerte und Funktionen*, III Band., *Astronomie und Geophysik*, Ed. Springer, 1952, Berlin).

séculaire pour qu'on puisse comparer les résultats de la variation de la force totale avec les irrégularités aléatoires de la rotation de la Terre (ΔT_m), venant de l'étude du mouvement de la Lune, du Soleil et des planètes. Les résultats sont donnés dans le tableau ci-dessous :

	1880.	1890.	1900.	1910.	1920.	1930.	1940.	1945.	ε_m (γ).
N_{10}......	46 794	46 908	47 000	46 880	46 811	46 885	47 147	47 281	31
P_{19}......	46 801	46 902	47 000	46 874	46 740	46 813	47 114	47 297	41
D_{17}......	46 778	46 882	47 000	46 984	46 847	46 875	47 119	47 294	49
F_{27}......	46 773	46 879	47 000	46 951	46 844	46 895	47 150	47 313	48
ΔT_m.....	$-18^s,82$	$-25^s,03$	$-27^s,31$	$-21^s,50$	$-18^s,64$	$-25^s,20$	$-33^s,28$	$-36^s,12$	–
F_c.......	46 779	46 940	47 000	46 848	46 774	46 945	47 156	47 230	–

J'ai trouvé les coefficients suivants de corrélation entre ΔT_m et N_{10}, P_{19}, D_{17} et F_{27} : 0,976, 0,948, 0,908, 0,935. Dans ma Note précédente j'ai trouvé le coefficient de corrélation entre ΔT et ΔF de l'Europe égal à 0,95. On remarque, donc, que le coefficient de corrélation reste presque le même pour toutes les combinaisons de stations magnétiques.

La résolution par la méthode des moindres carrés des équations du type

$$\Delta T_m = - a_i F_i + C_i,$$

où C_i est une constante, donne les résultats suivants :

$$(1) \qquad \Delta T_m = - 0,0364 N_{10} + C_{10} = - 0,0325 P_{19} + C_{19} = - 0,0345 D_{17} + C_{17} = - 0,0335 F_{27} + C_{27}.$$

La résolution inverse donne

$$(2) \qquad F_{27} = - 26,073 \Delta T_m + C_m.$$

Les résultats de calcul d'après cette formule sont donnés dans la dernière ligne du tableau précédent. Dans la dernière colonne (E_m), on donne des écarts moyens entre le calcul et l'observation. On remarque une concordance dans les résultats des différentes combinaisons et la même formule peut pratiquement représenter toutes les combinaisons.

Donc, la variation aléatoire de la rotation de la Terre produit le changement de la force totale du champ magnétique terrestre. Cette variation a la même valeur relative dans toutes les stations. A cette variation se superposent, plus ou moins, les perturbations locales.

Comme le terme séculaire du champ magnétique terrestre est une fonction du lieu, il faut calculer ce terme pour l'ensemble de la Terre. Le terme séculaire de la moyenne des 27 stations étudiées est égal à -17γ par an. En corrigeant cette valeur de la distribution inégale de nos stations sur la Terre, j'ai trouvé pour la variation séculaire -21γ par an. Cette valeur peut caractériser en

première approximation, la variation séculaire du champ magnétique terrestre en unités adoptées.

On peut écrire, d'après Spencer Jones, pour la correction du temps terrestre, en laissant de côté le terme constant :

$$\Delta t = + 0^s,7232\, t + 0^s,00299\, t^2 + \Delta T_m,$$

où t est exprimé en années à partir de 1900,0.

La somme des termes linéaire et du deuxième ordre, donne pour la période 1880-1945, la variation annuelle de la rotation de la Terre égale à $0^s,805$. En utilisant la formule (2) on trouve pour la variation correspondante de la force totale du champ magnétique -21γ par an, en bon accord avec la valeur précédente.

Donc, la variation progressive de la vitesse de rotation d'un corps peut produire la variation du champ magnétique pour l'ensemble du corps et peut être représentée par la même formule.

Ces résultats montrent que chaque corps (Terre, Soleil, astres), dont la vitesse de rotation varie, doit posséder un champ magnétique variable, dont la variation est proportionnelle à la variation de sa vitesse.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Les relations entre les produits de fractionnement des matières azotées de l'orge.* Note de M. **Georges Lejeune**, présentée par M. Maurice Javillier.

Le fractionnement de la matière protéique de l'orge est fonction des matières solubilisantes employées et du mode opératoire. Quoique arbitraire, il conduit à des résultats intéressants, puisque la méthode utilisée par Bishop, lui a permis de mettre en évidence une propriété variétale de l'orge : après solubilisation de la fraction soluble dans le sulfate de potasse à 5 %, puis de la fraction soluble dans l'alcool à 70° bouillant, le résidu insoluble représente une fraction constante de l'azote total pour une espèce pure. Ce résultat est obtenu quoique le taux d'azote total varie pour une même espèce de 1,2 à 2,5 % suivant la nature du sol et la fumure.

Lorsque nous avons, à l'École de Brasserie de Nancy, appliqué la méthode de Bishop aux orges françaises, nous avons bien retrouvé la *constante variétale de Bishop*, mais nous avons constaté que sa *valeur absolue est fonction du mode opératoire*. En cherchant à préciser les facteurs qui interviennent dans la solubilisation, une nouvelle constatation s'est fait jour. *Pour une graine à taux d'azote constant, lorsque l'on fait varier les conditions de l'extraction aqueuse facteur par facteur, le taux de la fraction soluble dans l'alcool ou hordéine présente une constance remarquable.* En effet : 1° La fraction sel-soluble varie de 33 à 39 % quand on passe de la mouture grossière au moulin à une mouture fine amenant la destruction complète

de l'organisation cellulaire ([1]). 2° La fraction sel-soluble passe de 20 à 30 % quand toutes les autres conditions restant inchangées, le pH du liquide d'extraction varie de 4,5 à 9, limites de la zone de pH où ne se dissolvent pas les protéines insolubles dans les solutions de sels, mais solubles dans les acides forts et les bases fortes ([2]). 3° La fraction sel-soluble croît de 20 à 40 % quand la température du liquide d'extraction décroît de 35 à 0° ([3]). 4° La fraction sel-soluble croît de 16 à 30 % quand la teneur en sels du liquide d'extraction passe de 0 à 15 % ([4]).

Dans les quatre cas, l'accroissement de la fraction sel-soluble se fait aux dépens de la fraction insoluble *alors que la fraction alcool-soluble reste constante à 1-2 % près.*

Ce résultat ne doit pas conduire à séparer en deux groupes la matière protéique de l'orge : azote soluble dans l'alcool d'une part et l'ensemble, azote sel-soluble et azote insoluble de l'autre, car de nombreux faits viennent démontrer l'étroite interdépendance des trois fractions obtenues par cette méthode. Notre étude systématique ([5]) a fait ressortir des variations saisonnières au cours du stockage en flacon de verre; à humidité constante et température pratiquement invariable, le taux des différentes fractions subit une variation de l'ordre de 5%, nettement supérieure aux erreurs de dosage. Au printemps, à la période de germination de l'orge, la fraction azote sel-soluble s'accroît aux dépens de la fraction azote alcool-soluble puis le taux des deux fractions redevient normal. Un peu plus tard, au moment de la floraison, une deuxième variation se produit, mais cette fois aux dépens de l'azote insoluble, alors que la fraction azote alcool-soluble reste constante.

Ces variations, nous les avons retrouvées, la première lors de la trempe du grain, la deuxième au cours de la printanisation. Après une trempe de 24 h, on constate un accroissement de l'azote sel-soluble aux dépens de l'azote soluble dans l'alcool, du même ordre de grandeur que dans la variation saisonnière observée au printemps sur grain sec à l'époque de la germination. Si le grain trempé est maintenu à l'état de vie ralentie par printanisation, c'est-à-dire par conservation du grain humide à 2° pendant un mois pour empêcher le développement de la plumule, on constate que l'azote sel-soluble reste le même qu'après trempe, mais à ce moment, l'azote alcool-soluble a repris sa valeur aux dépens de l'azote résiduel.

([1]) E. URION, G. LEJEUNE et GOLOVTCHENKO, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 26, 1944, p. 221.
([2]) E. URION, G. LEJEUNE et Mlle THIEC, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 26, 1944, p. 316.
([3]) E. URION, G. LEJEUNE et GOLOVTCHENKO, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 26, 1944, p. 303.
([4]) E. URION, G. LEJEUNE et Mlle COLLIN, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 26, 1944, p. 310.
([5]) E. URION, G. LEJEUNE et Mme FRONSACQ-COLLIN, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 33, 1951, p. 120.

On voit donc que la variation azote sel-soluble/azote résiduel ne se fait pas directement, mais par l'intermédiaire de la fraction azote alcool-soluble. Ce fait est bien connu des malteurs et les travaux de Bishop ont montré que le début de la germination amenait une diminution de l'azote alcool-soluble sans que la portion azote résiduel soit touchée, tandis que, vers la fin de la germination, le taux de la fraction soluble dans l'alcool remonte aux dépens de l'azote résiduel.

On est donc amené à conclure à l'existence d'un équilibre entre les trois fractions isolées par la méthode de Bishop et, si l'on relie ce fait à la constance remarquable de la fraction azote alcool-soluble, pour un échantillon donné à taux d'azote fixe, on est fondé de dire que *si l'azote résiduel* (*glutéline*) *représente une constante variétale, l'azote alcool-soluble* (*hordéine*) *doit représenter la constante personnelle de l'échantillon envisagé.* Cette constante présente un avantage sur la constante variétale : elle ne semble pas, comme cette dernière, dépendre du mode opératoire. Il y aurait donc intérêt à rechercher si des orges d'espèces différentes, mais à taux d'hordéine identiques, présentent des comportements analogues au maltage et au brassage. Au point de vue de la connaissance plus précise du comportement des matières azotées, il y aurait peut-être intérêt à relier les connaissances plus fines apportées par la chromatographie et l'électrophorèse à ces constantes variétale et personnelle des échantillons.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Le poison digitalique de* Menabea venenata *Bn.* Note de M. **Marcel Frèrejacque**, présentée par M. Roger Heim.

Parmi les plantes toxiques de Madagascar, l'une des plus réputées est *Menabea venenata* Bn., arbrisseau connu sous le nom de kisompa ou kisopa en pays Sakalave et de fiofio en Androy. La plante est également désignée sous le nom de tanghin des Sakalaves ou tanghin de Ménabé; mais alors que dans le vrai tanghin (*Tanghinia venenifera* Poir.), ce sont les fruits qui étaient utilisés dans les ordalies, ce sont les racines de *Menabea* qui sont considérées comme toxiques par les indigènes et vendues comme drogues sur les marchés de l'Imérina. Selon R. Decary les Antandroy attribuent au fiofio une toxicité extraordinaire; il arriverait même qu'au cours de luttes à main plate entre deux adversaires, l'un d'eux croit s'assurer une supériorité immédiate sur son antagoniste s'il réussit à lui frotter subrepticement l'aisselle avec un morceau de racine de fiofio.

Quelques auteurs ont étudié les racines de *Menabea* [1]. Si tous sont arrivés,

(1) L. Camus, *Comptes rendus*, 136, 1903, p. 176; *C. R. Soc. Biol.*, 55, 1903, p. 115; R. Hamet, *C. R. Soc. Biol.*, 1, 1936, p. 1327; G. Ratsiandavana, *Thèse Pharm.*, n° 340, Université de Montpellier, 1951.

par l'étude pharmacologique d'extraits, à conclure que ces racines contenaient des principes provoquant chez les animaux des actions analogues à celles des digitaliques, aucun d'eux n'a isolé des racines un corps pur se rattachant au groupe des digitaliques. Ayant eu à notre disposition quelques kilogrammes de racines de *Menabea*, nous avons repris cette question.

Les racines, séchées, puis pulvérisées, ont été d'abord épuisées par l'essence B; l'extrait obtenu est un liquide épais, collant, représentant 4 pour cent du poids des racines utilisées. Traité par l'acétone, ce liquide laisse déposer un solide blanc, qui purifié par recristallisations dans l'acétone, puis par chromatographie, conduit à un corps cristallin : F 83°; $[\alpha]_D^{15}+35 (CHCl_3)$; C = 83,1; H = 12,1. Ce corps n'a pas de caractère acide. Il n'est pas acétylable; il n'est pas réducteur. Comme il ne donne aucune des réactions colorées des digitaliques, son étude n'a pas été poursuivie.

La poudre de racines a été ensuite épuisée par le méthanol. On obtient un extrait méthanolique abondant qui est aisément soluble dans l'eau; la solution aqueuse a été alors épuisée successivement par l'éther, puis par le chloroforme; la solution aqueuse finale a été précipitée par le tannin et le tannate formé décomposé par l'oxyde de zinc suivant la technique habituelle. Les extraits éthéré, chloroformique et aqueux sont aisément amenés sous forme de poudres légèrement jaunâtres et non hygroscopiques. Un kilogramme de racines donne environ 20 g d'extrait éthéré, 30 g d'extrait chloroformique et 50 g d'extrait aqueux. Ces extraits sont très amers, sternutatoires; ils donnent les réactions colorées habituelles des digitaliques (Raymond, Legal, Baljet, etc.) ainsi que la réaction de Keller-Kiliani.

Nous avons chromatographié sur Al_2O_3 les extraits éthéré et chloroformique; aucune des fractions obtenues n'a cristallisé. Le fractionnement par divers solvants de l'extrait aqueux n'a pas non plus conduit à des corps cristallins ([2]), ([3]). Nous avons alors hydrolysé séparément cinq fractions provenant de la chromatographie de l'extrait éthéré, et huit fractions provenant de l'extrait chloroformique ainsi que l'extrait aqueux. Dans chaque cas les génines obtenues ont été elles-mêmes chromatographiées sur Al_2O_3.

Dans tous les cas le bloc des génines provenant de chaque fraction a fourni environ 10 % d'un corps cristallin qui a été identifié à la digitoxigénine. Toutefois une des fractions de l'extrait chloroformique a fourni une petite quantité d'un corps digitalique cristallin qui n'a pas été identifié F 138-141,

---

([2]) Toutefois, nous avons isolé une petite quantité d'un corps cristallisé F 130°; $[\alpha]_D + 4° (CH_3OH)$. Ce corps, peu soluble dans le butanol, est réducteur. (C = 49,7; H = 5,5). Il ne donne pas les réactions colorées des digitaliques.

([3]) Le suc digestif d'escargot, agissant sur l'extrait aqueux, donne naissance à des produits peu solubles dont nous n'avons pu séparer de digitaliques purs; cette action s'accompagne de libération de glucose.

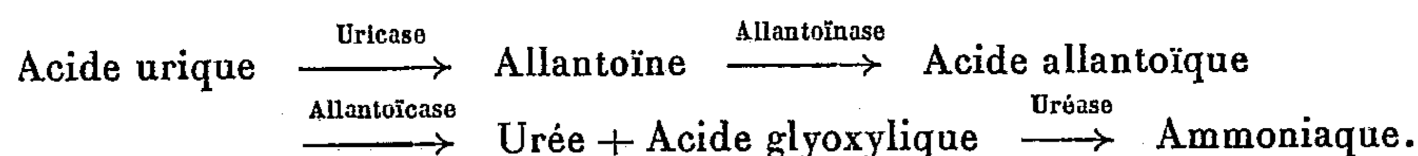
$[\alpha]_D^{15} + 41°(CH_3OH)$; $C = 67,4$; $H = 8,2$. Ce corps est peu soluble dans le chloroforme.

La digitoxigénine du *Menabea* a été identifiée par comparaison avec un échantillon préparé à partir du digitoxoside. Elle ne présente aucune fluorescence en lumière de Wood. Elle fond à 254°; $[\alpha]_D^{15} + 16°$ (CH_3OH); $C = 73,5$; $H = 8,9$. Nous avons pour plus de sûreté préparé son dérivé acétylé ainsi que l'isodérivé qui se sont révélés identiques à l'acétyldigitoxigénine et à l'isodigitoxigénine.

En résumé, bien que nous n'ayons pu isoler en nature d'hétérosides digitaliques des racines de *Menabea*, nous pouvons affirmer que ces racines contiennent un mélange complexe de digitaliques dont une partie a pour génine la digitoxigénine.

PHYSIOLOGIE DES INSECTES. — *Recherches sur les uréides glyoxyliques et leurs enzymes chez le Phasme* Carausius morosus *Br.* (*Insecte Chéleutoptère*). Note de MM. **Raymond Poisson** et **Pierre Razet**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

A la suite de Florkin et Duchateau ([1]), on considère comme bien établi, chez les Insectes, que l'acide urique représente le terme prédominant du catabolisme purique. Dans d'autres Embranchements du Règne animal, d'après Brunel ([2]), Florkin et Duchateau ([3]), et chez de nombreux végétaux ([4]), l'acide urique est dégradé par étapes, grâce à des enzymes, jusqu'à l'ammoniaque, suivant le schéma :



Il nous a semblé intéressant de vérifier, dans un groupe aussi important, les affirmations de Florkin et Duchateau, d'autant plus que peu de recherches ont été jusqu'ici effectuées en ce qui concerne les uréides glyoxyliques chez les Insectes. Déjà, quelques auteurs ayant trouvé de l'uricase chez trois espèces de Mouches ([5]), on en a conclu que les Diptères, dans leur ensemble, dégradaient l'acide urique et excrétaient de l'allan-

([1]) *Arch. Intern. Physiol.*, 53, 1943, p. 267.
([2]) *Bull. Soc. Ch. Biol.*, 19, 1937, p. 807, 1029, 1683.
([3]) *Arch. Intern. Physiol.*, 52, 1942, p. 261.
([4]) A. Brunel et G. Capelle, *Bull. Soc. Ch. Biol.*, 29, 1947, p. 427.
([5]) A. W. A. Brown, *Bioch. Journ.*, 32, 1932, p. 895, 903; R. Truszkowski et S. Chajkinowna, *Bioch. Journ.*, 29, 1935, p. 2361.

toïne. Les travaux de Rocco ([6]) ont prouvé la présence d'allantoïnase chez de nombreux Coléoptères et un Orthoptère, mais ils n'ont donné lieu à aucune conclusion sur le mode d'excrétion des composés puriques chez ces Insectes.

Nos premières recherches ont été effectuées chez *Carausius morosus* Br. en mettant en présence, pendant un temps déterminé et dans un tampon de pH donné, une macération au 1/10 de Phasmes broyés, et une substance dont la transformation prouve l'existence de l'un de ces enzymes. Un témoin, formé seulement de macération et de tampon, permettait de voir si le Phasme ne contenait pas lui-même le corps à transformer.

Mode opératoire.	E.	T.
Solution fraîche M/500 du corps à transformer dans tampon phosphate-soude (cm^3)	10	–
Macération au 1/10 dans tampon (cm^3)	10	10
Tampon (cm^3)	–	10
Toluène (gouttes)	10	10

L'uricase est recherchée au pH 8,0. A ce pH, l'allantoïne résultant de la transformation en acide urique s'hydrolyse déjà spontanément, sans intervention enzymatique, en acide allantoïque ([4]); ce dernier est hydrolysé à chaud, en milieu acide, avec formation d'acide glyoxylique qui est dosé à l'électrophotomètre grâce à sa réaction phénylhydrazinique.

Chez le Phasme, l'uricase est peu active. Nous avons obtenu, après 24 h au bain-marie, une transformation atteignant 3,8 % de l'urate disodique mis dans la macération. Le témoin aussi avait varié, et contenait, après cette même durée, une quantité d'acide allantoïque supérieure à celle dosée au début de l'expérience (0,725 mg contre 0,435 mg). Ceci ne semble pouvoir s'expliquer que grâce à un apport, par la macération, à la fois d'uricase et de purine. Cette purine ne semble pas être de l'acide urique; nous n'avons pu, en effet, obtenir avec le Phasme, ni avec ses excréments, la réaction de la murexide.

L'allantoïnase a été recherchée de la même façon, par action de la macération sur une solution d'allantoïne, en solution tampon à pH 7,3; le dosage de l'acide allantoïque est effectué comme ci-dessus. L'allantoïnase du Phasme est très active, atteignant, à cette dilution, 42,7 % après 1 h et 61,8 % après 5 h.

La recherche de l'enzyme allantoïcase est effectuée, en milieu tamponné de pH 7,1, par action de la macération sur une solution d'allantoate potassique, et en présence de chlorhydrate de phénylhydrazine afin de bloquer

([6]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1947.

l'acide glyoxylique qui prend naissance (7). L'acide allantoïque étant un uréide peu stable, dont l'hydrolyse est facile, il est indispensable de prendre des précautions dans la recherche de l'allantoïcase; on ne doit se baser que sur des résultats quantitatifs. Chez le Phasme, cet enzyme existe à l'état de traces, son action est très peu importante; la proportion d'allantoate transformé est toujours très inférieure à 1 %.

En accord avec l'absence de l'allantoïcase, on constate que *Carausius morosus* renferme toujours de petites quantités d'acide allantoïque libre : de 0,12 mg à 0,20 mg pour 1 g; on en trouve également dans les excréments.

Afin de prouver que l'acide allantoïque n'entre pas dans le métabolisme de l'Insecte, nous avons nourri pendant 10 jours des Phasmes avec des inflorescences d'*Acer platanoïdes* L., inflorescences très riches en acide allantoïque. Après ce laps de temps, nous avons trouvé chez ces Insectes une plus grande quantité d'acide allantoïque libre (0,3 mg pour 1 g), et les excreta étaient très riches en acide allantoïque, mais la macération ne contenait pas davantage d'allantoïcase.

Dans aucun cas, nous n'avons pu mettre en évidence l'enzyme uréase.

De ces observations, il ressort que le *Carausius morosus* Br. dégrade, au moins en partie, ses purines, jusqu'au stade acide allantoïque, et les élimine sous cette forme.

HISTOCHIMIE. — *Sur les mucocytes des podia de quelques Échinodermes. Comparasion de leur sécrétion avec d'autres mucoprotides.* Note de M. **René Defretin**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

L'étude histochimique des glandes des pieds ambulacraires de quelques Echinodermes montre la présence d'acide mucoïtine sulfurique, de polysaccharides, d'aminopolysaccharides pour certains mucocytes et l'absence d'acide hyaluronique. Cette sécrétion glandulaire est comparée à d'autres mucoprotides

L'histologie des pieds ambulacraires des Échinodermes est bien connue depuis les travaux de Cuénot (1) et de Hamann (2). D'autre part, Paine (3) a montré expérimentalement que la force adhésive de la ventouse terminale était due partiellement à la succion (56 %), mais qu'il fallait imputer à d'autres facteurs, au mucus en particulier, le pourcentage complémentaire. Récemment, Tortonese (4) a estimé que les ventouses « n'étaient pas

(7) Brunel-Capelle, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1979.

(1) *Arch. Zool. exp.*, 2e série, 5 *bis*, 1887, p. 1.
(2) *Zeits. Wiss. Zool.*, 39, 1885, p. 145.
(3) *Journ. exp. Zool.*, 45, 1926, p. 361.
(4) *Monit. Zool. ital.*, 56, 1947, p. 5.

indispensables à la locomotion des Astéries sur des surfaces verticales »; l'adhérence des pieds ambulacraires de l'*Astropecten aurantiacus* étant imputable au mucus sécrété.

En vue de leur comparaison avec d'autres mucines, j'ai recherché les caractères de ces sécrétions particulièrement adhésives. Les pieds ambulacraires d'*Asterias rubens* L. de *Marthasterias glacialis* L., d'*Astropecten irregularis* Linck et de l'Echinide *Sphærechinus granularis* Lamarck, ont été prélevés, fixés au Carnoy et à l'alcool absolu picriqué selon Bensley. La mucine et les polysaccharides ont été mis en évidence par le mucicarmin, la technique de McManus et celle de Gomori; l'acide hyaluronique recherché par les procédés de Hale et de Kulonen; la présence d'acide mucoïtine sulfurique démontrée par la métachromasie du bleu de toluidine selon Hess et Hollander et par le bleu Alcian; la fluorescence secondaire des mucines observée après fluorochromisation par la coriphosphine O.

Nous signalerons d'abord que les cellules glandulaires. le long du podion, sont morphologiquement différentes de celles s'ouvrant à la surface des ventouses : les premières sont courtes et épaisses, les secondes sont par contre extrêmement longues et ténues. Chez *Astropecten*, on n'observe pas cette distinction; les glandes sont fines et uniquement localisées à l'extrémité conique des podia.

Toutes ces glandes sont colorables par le mucicarmin et la technique de Mc Manus y révèle la présence de polysaccharides. Mais si le traitement par l'acide périodique n'est exercé qu'un temps très court, la fuchsine bisulfitée est recolorée, selon Monné, par les aminopolysaccharides très rapidement oxydables. Dans de telles conditions opératoires, on constate, sauf pour *Marthasterias*, une réaction négative au niveau des glandes latérales, tandis qu'elle est positive pour celles des cônes terminaux et des ventouses, *Spærechinus* excepté. La réaction de Gomori n'est positive que pour les glandes latérales des podia de *Marthasterias glacialis*. Les techniques de Hale et de Kulonen montrent, l'une comme l'autre, que l'acide hyaluronique est absent de ces sécrétions glandulaires quel que soit leur emplacement morphologique. Toutes les glandes des podia (glandes latérales et glandes des ventouses) provoquent la métachromasie du bleu de toluidine. La présence d'acide mucoïtine sulfurique est, en outre, confirmée pour toutes par les résultats que fournit le bleu Alcian. Enfin la fluorochromisation préalable par la coriphosphine O permet d'observer en lumière de Wood, dans toutes les glandes, la fluorescence secondaire jaune orangé caractéristique des mucines.

De cet ensemble d'observations et de recoupements, il résulte que la présence d'acide mucoïtine sulfurique paraît certaine dans toutes les glandes. Par contre l'acide hyaluronique est absent. Si, comme l'on pouvait s'y attendre, les polysaccharides sont décelables dans l'ensemble des

mucocytes étudiés, il n'en va pas de même pour les sucres aminés qui paraissent seulement localisés dans les glandes des ventouses et des cônes terminaux chez les Astérides étudiés. Il faut enfin noter que, sauf pour les mucocytes latéraux des podia de *Marthasterias glacialis*, toutes ces mucines contiennent des polysaccharides oxydables par l'acide périodique mais non par l'acide chromique dans les conditions normales d'emploi de la technique de Gomori.

Certains de ces caractères différencient ces mucines de celles sécrétées par les Polychètes tubicoles. Elles sont aussi très différentes de la sécrétion salivaire de la larve de Chironome. Nous y avons montré récemment (5) la présence de polysaccharides oxydables tant par l'acide périodique que par l'acide chromique, d'acide hyaluronique, tandis que l'acide mucoïtine sulfurique semble absent.

La caractérisation de plusieurs constituants précisée par l'emploi de techniques histochimiques différentielles peut conduire en définitive à une discrimination des mucines plus précise que celles proposées antérieurement (Clara, Schaffer, Seeliger, Zimmermann etc.). Il s'en faut que toutes les mucines révèlent une identité de composants : les résultats exprimés ci-dessus et ceux que nous avons signalés antérieurement confirment ce point de vue.

Les variations qualitatives et quantitatives des composants identifiés seraient probablement en rapport avec certains caractères physiques (viscosité, élasticité, rigidité, adhésivité, etc.) des mucines, parfois si dissemblables, que l'on peut déceler chez les Invertébrés.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Influence du niveau d'amputation sur les potentialités des régénérats de membre chez les Amphibiens Urodèles*. Note de M. **Christian Mettetal**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

On sait que, chez les Amphibiens Urodèles, l'amputation d'un membre déclenche des processus de migration cellulaire et de prolifération qui conduisent à l'édification d'un régénérat. Des expériences récentes (1) ont conduit à distinguer deux étapes dans l'évolution de ce régénérat; pendant la première, qui correspond sensiblement au stade cône, le matériel qui s'accumule dans le blastème se montre capable de différencier seulement la partie la plus distale du membre, c'est-à-dire l'autopode; pendant la seconde période qui débute lorsque le régénérat s'aplatit en une palette,

(5) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 103.

(1) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 675.

l'action inductrice de la base s'exerce sur le blastème et le rend capable de différencier toutes les parties du membre distales par rapport à la surface d'amputation. La question se pose alors de savoir si pendant la première étape les régénérats ont les mêmes capacités quel que soit le niveau de la surface d'amputation sur laquelle ils s'édifient et s'il n'existe entre eux d'autres différences que celles résultant de l'induction exercée par la base. Pour répondre à cette question, il suffit de soustraire les régénérats à l'action du moignon et de comparer l'évolution sur un territoire étranger de blastèmes provenant d'une amputation faite au niveau du stylopode avec celle de blastèmes provenant d'une amputation faite à travers l'autopode. Les régénérats doivent être séparés des vieux tissus avant que l'induction de la base se soit exercée; ils sont transplantés sur un territoire neutre tel le dos qui est capable d'assurer leur vascularisation et leur innervation sans exercer sur eux aucune action inductrice spécifique.

Tous les régénérats utilisés dans ces expériences proviennent de Tritons adultes (*Triturus cristatus* Lauredi) maintenus dans des conditions semblables.

1. *Régénérats provenant d'une amputation faite à travers le stylopode.* — J'ai déjà étudié (Mettetal, 1939) l'évolution de ces régénérats lorsqu'ils sont prélevés sans base au stade cône et greffés sur le dos. Sur 55 bourgeons transplantés 29 ont été résorbés, 6 sont restés indifférenciés tandis que 20 ont formé un autopode plus ou moins complet, comprenant un carpe chez 10 de ces régénérats.

2. *Régénérats provenant d'une amputation faite au niveau de l'autopode.* — Ces expériences ne diffèrent des précédentes que par le niveau de section qui passe par la base des métacarpiens. Le régénérat qui s'édifie est ensuite séparé des vieux tissus et transplanté sur le dos, soit du même Triton, soit d'une larve de Salamandre (*Salamandra salamandra* Lin.).

a. Les greffes effectuées sur le dos du même Triton ont fourni les résultats suivants : sur 52 greffons soudés aux tissus dorsaux, 30 ont été résorbés dans les 15 jours qui suivent la transplantation, pour 15 régénérats la résorption a été plus lente, le greffon a diminué progressivement de taille avant de disparaître complètement de 30 à 60 jours après l'opération. Sept régénérats seulement ont persisté jusqu'à la fixation. Parmi ces derniers un est resté indifférencié, quatre ont réalisé le squelette d'un doigt constitué soit par un cartilage unique, soit par deux phalanges. Les deux régénérats qui ont présenté l'évolution la plus complète ont réalisé chacun deux doigts, sans élément du carpe.

b. Les greffes effectuées sur le dos d'une larve de Salamandre n'ont fourni que trois résultats utilisables. Dans tous les autres cas la larve est morte peu après l'opération. Un des trois régénérats a été résorbé, les deux autres ont différencié un doigt unique.

Les régénérats provenant d'une amputation faite à travers l'autopode ont évolué de manière semblable après avoir été greffés sur le dos du même individu ou d'un individu appartenant à une espèce étrangère. Dans les deux cas, la différenciation s'est toujours limitée à la formation d'un ou deux doigts sans que le carpe apparaisse jamais.

Les résultats obtenus par la transplantation sur le dos de régénérats prélevés sans base sont résumés dans le tableau suivant :

	Nombre de régénérats							
				Avec doigts				
Niveau d'amputation.	greffés.	résorbés.	indifférenciés.	4.	3.	2.	1.	Avec carpe.
Stylopode....	55	29	6	6	8	4	2	10
Autopode.....	55	46	1	0	0	2	6	0

Il résulte de ces expériences que des régénérats, détachés de leur base pendant la première phase de leur évolution et greffés sur le dos, différencient un autopode quel que soit le niveau de la surface d'amputation sur laquelle ils s'étaient édifiés; mais le degré de réalisation de cet autopode n'est pas le même pour tous les régénérats, il est meilleur lorsque le régénérat provient d'une amputation faite à travers le stylopode qu'après une amputation faite dans l'autopode. Il existe donc entre les régénérats s'édifiant sur des niveaux d'amputation différents des dissemblances primitives antérieures à toute action inductrice de la base. Il semble que ces dissemblances résultent en partie au moins de la quantité plus faible de matériel présent dans les régénérats distaux.

MICROBIOLOGIE. — *Propriétés pro-infectieuses de certains filtrats de culture de* Salmonella typhi. Note de MM. **Armand Frappier** et **Ludwik Sherman**, présentée par M. Gaston Ramon.

Dans certains filtrats de jeunes cultures de bacille typhique, il a été possible de démontrer l'existence d'un facteur non toxique qui, ajouté aux bacilles inoculés par voie intrapéritonéale aux souris, aggrave l'infection. Ce facteur semble être différent des facteurs déjà décrits.

L'action pro-infectieuse du « facteur déchaînant » (1) produit par *Welchia perfringens* a suscité notre intérêt dans le problème des substances d'origine bactérienne qui aggravent les infections expérimentales.

Au début du siècle, on avait décrit sous le nom d'« agressines » l'action

(1) V. Fredette et A. Frappier, *Rev. Can. Biol.*, 5, 1946, p. 436.

pro-infectieuse d'exsudats inflammatoires ou de filtrats de différentes cultures bactériennes. Plus tard, on a isolé certaines substances douées d'une action pro-infectieuse : antigènes somatiques, divers polysaccharides, leucocidines, facteurs de diffusion et d'autres enzymes agissant sur les tissus. L'action des « agressines » pourrait être rapportée à une ou à plusieurs de ces substances, mais les données expérimentales du temps ne sont pas suffisantes pour en tirer une conclusion.

A l'effet de reconnaître la présence possible d'un principe ayant une action pro-infectieuse dans les liquides des cultures de bacille typhique, nous filtrons sur verre fritté (U. F.) les cultures en milieux empiriques variés (sans peptone), âgées de 18 h, ou moins. Ce filtrat est ajouté à des suspensions de bacilles typhiques lavés trois fois dans l'eau salée physiologique et le mélange est injecté à des souris par voie intra-péritonéale. Des témoins sont inoculés avec la même suspension bactérienne à laquelle on ajoute de l'eau salée physiologique ou, surtout, le milieu nutritif non ensemencé. La difficulté d'obtenir une infection typhique de gravité connue d'avance chez la Souris est compensée par la multiplication du nombre d'expériences et d'animaux.

Sur un nombre total de 594 animaux, dont la moitié étaient des témoins inoculés avec le milieu nutritif non ensemencé, nous avons eu une mortalité de 41 % chez les souris ayant reçu le filtrat de culture, comparée à une mortalité de 8 % chez les témoins. Pour obtenir une augmentation de mortalité équivalente avec des bacilles seuls, on aurait dû administrer des doses de 15 à 100 fois plus grandes. Le tableau suivant rend compte de quelques expériences typiques :

Date de l'expérience...	5 mai.	10 mai.	19 juin.	22 juin.	24 juin.	Total des cinq expériences.	mortalité (%).
Nombre de bacilles typhiques, souche 63, inoculés (en millions)..	7.	14.	7.	3,5.	3,5.		
1. 10 cm³ d'eau salée........	0/10 (*)	2/10	3/10	1/20	0/10	6/60	10
2. 1 cm³ d'infusion de veau...	0/10	1/10	6/10	3/20	–	10/50	20
3. 1 cm³ d'infusion de veau filtrée................	–	–	5/10	0/20	0/20	5/50	10
4. 1 cm³ de filtrat de culture 63 de 18 h................	5/10	7/10	8/10	8/20	5/20	33/70	47

(*) Nombre des souris mortes en 72 h/nombre des souris inoculées.

Les variations de pH n'ont joué aucun rôle. La seule différence entre les substances inoculées aux groupes d'animaux n°s 3 et 4, est constituée par les métabolites présents dans les filtrats et absents du mélange administré aux témoins. Parmi ces métabolites se trouve le principe actif responsable de l'augmentation de la gravité de l'infection. Les quelques caractéristiques qu'il est possible de lui attribuer sont les suivantes :

a. Apparition précoce dans les cultures (avant 18 h);

b. Résistance à la chaleur (90 m à 100° C);

c. Se conserve mal, même à la glacière, (quelques jours);

d. Non toxique pour la Souris (3 cm^3 par voie intrapéritonéale, ou 2 cm^3 par voie intraveineuse);

e. Action non spécifique quant à l'effet aggravant pour la maladie expérimentale, agissant aussi bien sur les infections à bacille typhique que sur les infections à paratyphique A, à *S. typhimurium*, à staphylocoque ou à colibacille. Il n'agit pas chez les animaux inoculés par voie intramusculaire avec *Welchia perfringens*;

f. Le filtrat contenant le principe actif ne précipite pas le sérum antityphique (agglutinant le bacille typhique à 1/10 000).

Le principe actif des filtrats de cultures jeunes de bacille typhique diffère de l'antigène somatique de Boivin par son apparition précoce dans le liquide des cultures où l'antigène somatique n'apparaît qu'après 24 h, selon les faits actuellement acceptés. Il en diffère aussi par son innocuité, tandis que l'antigène somatique est toxique; et surtout il en diffère par l'absence de précipitation avec le sérum antityphique employé habituellement pour le diagnostic.

Pourtant, des réserves doivent être faites pour le cas où l'extrême dilution de l'antigène somatique présent dans les filtrats le priverait de sa toxicité et de sa capacité de réagir avec le sérum antityphique, tout en lui conservant sa propriété d'aggraver des infections.

Dennis et Senekjian (2) et Mutermilch (3) ont décrit des leucocidines présentes dans des filtrats de cultures de *b.* typhique, mais ils n'ont pas étudié l'influence de ces leucocidines sur les infections. Checcacci et Cecci (4) identifient ces leucocidines avec les antigènes somatiques de Boivin.

MÉDECINE. — *Étude de cinq pièces opératoires concernant des cas d'hypoglycémie pancréatique.* Note (*) de MM. **Pierre Brocq** et **Jean Verne**, présentée par M. Léon Binet.

Les causes d'une hyperinsulinie provoquant une hypoglycémie apparaissent biologiquement variées : tumeur langerhansienne (adénome ou carcinome) avec prédominance des cellules B, augmentation diffuse du tissu langerhansien en rapport avec une accélération des phénomènes de balancement acino-insulaire, augmentation de la proportion des cellules B insulino-sécrétrices par rapport aux autres cellules.

L'hyperinsulinie est liée à une activité exagérée du tissu langerhansien

(2) *Amer. J. Hyg.*, 30, 1939, p. 321.
(3) *Ann. Inst. Pasteur*, 76, 1949, p. 24.
(4) *Boll. Inst. Sieroter.*, Milan, 30, 1951, p. 117.

(*) Séance du 21 avril 1952.

et l'on sait, comme Sendrail y insiste dans ses travaux, que cette activité peut dépendre d'une augmentation du tissu langerhansien par macronésie ou par polynésie, ou par développement d'une tumeur langerhansienne, adénome ou carcinome. Mais on sait aussi que les îlots du pancréas sont constitués par plusieurs types cellulaires et que l'hyperinsulinie peut être en rapport avec l'augmentation du nombre des cellules B qui sont maintenant considérées comme productrices de l'hormone hypoglycémiante. Une telle hyperactivité peut se produire sans qu'il y ait augmentation sensible du tissu langerhansien.

Ce sont ces cas que l'on range dans le cadre de l'hyperinsulinie fonctionnelle.

Nous avons eu l'occasion d'examiner cinq pièces provenant d'opérations pratiquées sur des pancréas à la suite de phénomènes hypoglycémiques (quatre appartenant à l'un de nous, P. Brocq, la cinquième au Professeur Delannoy de Lille).

De ces cinq pièces deux concernent des tumeurs individualisées et représentent des énucléations-résections. Les trois autres se rapportent aux cas que l'on peut qualifier d'hyperinsulinies fonctionnelles : la résection dans les trois cas a intéressé la partie gauche du pancréas, queue et partie gauche du corps.

1. *Tumeurs langerhansiennes.* — L'une de ces tumeurs (M. X...) a été considérée d'abord comme un adénome; elle s'est révélée par la suite être un carcinome. Elle était constituée par des éléments polygonaux à protoplasma finement granuleux. Beaucoup de cellules présentaient un aspect nécrotique.

L'autre tumeur (février 1951, Mme B...) a les caractères d'un adénome langerhansien.

Le fragment soumis à l'examen histologique est constitué par un nodule de 1 cm environ de diamètre, encapsulé et entouré de tissu pancréatique. Ce nodule bien vascularisé contient un important système fibreux dont les travées renferment de nombreux canaux excréteurs. Par endroits, les canaux se dégagent de la gangue fibreuse et paraissent se continuer avec le parenchyme du nodule. Ce parenchyme a un aspect syncytial. Les contours cellulaires ne sont visibles que dans des régions limitées. Le cytoplasme est finement vacuolaire ou granuleux, teinté en lilas. Cet aspect est celui des cellules B dans les îlots. Il existe un grand polymorphisme nucléaire, portant à la fois sur la taille et sur la chromaticité des noyaux. Les rapports sont intimes entre le parenchyme et les capillaires du type sinusoïde. On observe quelques cellules, très dispersées, colorées en rouge par la phloxine et répondant aux caractères des cellules A. Le tissu pancréatique entourant le nodule comporte, à côté des acini,

des îlots nombreux dont quelques-uns de fort grande taille. La proportion des cellules A et B s'y montre normale.

Les caractères histologiques de cette pièce (tumeur bien limitée, mitoses rares) amènent à conclure qu'il s'agit d'un adénome langerhansien, constitué dans une proportion très élevée par des cellules du type B. Ces cellules sont fréquemment fusionnées, donnant au tissu un aspect syncytial. Leur cytoplasme est tantôt granuleux, tantôt vacuolaire, images qui doivent répondre à l'accumulation ou à l'excrétion de l'insuline et qui s'accompagnent de variations dans la taille des noyaux et de leur richesse en chromatine.

Il semble que l'adénome en question se soit formé aux dépens de l'épithélium des canaux excréteurs, étant donné les images de continuité que l'on observe en plusieurs points entre cet épithélium et le tissu langerhansien.

2. *Hyperinsulinies fonctionnelles.* — Les trois autres cas correspondent à des hypoglycémies avec des pancréas ne renfermant pas de tumeur langerhansienne, mais où l'on observe une augmentation diffuse du tissu langerhansien ou une élévation du nombre des cellules B, insulino-sécrétrices.

Le premier de ces cas (M[lle] G..., mai 1948), présente de nombreuses images de balancement acino-insulaire. Les îlots à contours précis sont rares; la plupart sont, sur une plus ou moins grande étendue de leur périphérie, en continuité avec le tissu exocrine, formant ainsi des plages mal limitées. On a l'impression d'une poussée de transformation langerhansienne des acini. Il existe ainsi un grand nombre de nouveaux îlots dans lesquels prédominent d'ailleurs les cellules B.

Le deuxième cas (M. L..., juin 1948), présente aussi une néoformation nette d'îlots. Mais ce qui le caractérise avant tout c'est la très faible proportion des cellules autres que les cellules B dans les îlots de Langerhans. Alors qu'à l'état normal, la proportion des cellules B est de 70 % sur le total de la population cellulaire des îlots, dans le pancréas en question, les numérations effectuées sur l'ensemble des îlots donnent une proportion de 90 à 95 % de cellules B, surtout au détriment des cellules A. Par contre, on observe, dispersées entre les acini, des cellules à noyaux arrondis rappelant ceux des cellules A et dont le cytoplasme est rempli de granulations ayant les caractères de coloration des granulations α.

Troisième cas (pièce de MM. E. Delannoy et J. Paris) : l'attention est d'abord attirée par le développement considérable de tissu adipeux noyant littéralement la glande pancréatique. Cette glande est elle-même caractérisée par l'abondance du tissu langerhansien. Dans certaines travées, le tissu dépasse en importance les éléments acineux exocrines. Dans le reste de la glande, on observe de nombreux îlots de toutes tailles et surtout

de véritables fusées cellulaires langerhansiennes, s'insinuant entre les acini. Dans ces régions, de la moyenne des pesées effectuées sur des dessins à la chambre claire, on calcule que le rapport (poids des îlots × 100/poids des acini), suivant les formules de Richardson et Young, atteint 4,53.

Comme on peut admettre l'existence d'une hyperplasie langerhansienne à partir d'un rapport de 2, nous nous trouvons donc en présence d'une forte hyperplasie. La proportion des cellules A et B est à peu près normale.

A 15 h 45 m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

Sur la proposition du Comité National français de Radioélectricité scientifique, transmise à l'Académie par M. **Pierre Lejay**, la délégation française à l'Assemblée générale de l'Union radioscientifique internationale, qui se tiendra à Sydney, du 8 au 22 août 1952, est ainsi composée :

M. **Pierre Lejay**, Membre de l'Académie; MM. **André Blanc-Lapierre**, **Bernard Decaux**, **Marius Laffineur**, **Dimitri Lepechinsky**, **Édouard Picault**, **René Rivault**, **Jean Voge**.

La séance est levée à 16 h 5 m.

L. B.

ERRATA

(*Comptes rendus* du 3 mars 1952.)

Note présentée le 11 février 1952, de M. *André Vuittenez*, Transmission par double greffage d'une panachure infectieuse de la Vigne.

Page 1086, 11e ligne, *au lieu de* avec les mêmes symptômes que sur le Kober 5 BB, *lire* avec les mêmes symptômes sur le Kober 5 BB.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 MAI 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** donne lecture de l'avis paru au *Journal Officiel de la République française*, annonçant la signature, le 26 avril 1952, du décret qui porte approbation de l'élection faite par l'Académie de M. **Maurice Lemoigne** pour occuper, dans la Section d'économie rurale, la place vacante par le décès de M. *Émile Schribaux*.

Sur son invitation, M. **Maurice Lemoigne** prend place parmi ses Confrères.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Guido Castelnuovo**, Correspondant pour la Section de Géométrie, survenu à Rome, le 27 avril 1952.

Une notice nécrologique sera publiée prochainement.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Zygophyllacées. Développement de l'embryon chez le* Tribulus terrestris *L.* Note de M. **René Souèges**.

L'embryon du *Tribulus terrestris* se développe selon des lois qui peuvent être rigoureusement déterminées. Ces lois, qui s'appliquent à la cellule apicale, permettent de considérer le *Tribulus* comme un type embryonomique nouveau venant occuper, dans la deuxième période, une case correspondant à celle que commande le *Geum urbanum* dans la première.

D. A. Johansen [1], dans une critique, très bienveillante d'ailleurs, de mon système embryogénique, sans chercher à rappeler toutes les raisons sur lesquelles je m'étais fondé pour établir les séries et les groupes, n'admet pas la série B dans les périodes successives ou grandes divisions que comporte le système. J'attacherais, d'après lui, plus d'importance que les faits ne semblent

---

[1] D. A. Johansen, *Plant embryology. Embryogeny of the Spermatophyta*. Chronica bot. C°, Waltham, Mass., p. 125.

le justifier à l'orientation oblique de la paroi longitudinale dans la cellule apicale du proembryon bicellulaire, et il ajoute, à cet égard, qu'il est significatif qu'aucun exemple ne soit cité correspondant à la série B de la seconde grande division.

En 1948 ([2]), le *Pisum sativum* L. et le *Lupinus polyphyllus* Lindl. ont pu être rattachés au mégarchétype VI de cette série, à titre de types irréguliers toutefois, étant donné certaines particularités qui pouvaient prêter à controverse. Aujourd'hui, le *Tribulus terrestris* nous apporte un exemple, fort net et tout à fait indiscutable, d'une espèce qui vient se ranger dans la série B', dans la deuxième période, à une place correspondant à celle qu'occupe l'archétype du *Geum urbanum* ([3]) dans la première. J. Mauritzon ([4]), en 1934, a consacré quelques lignes à l'embryon du *Tribulus terrestris*; elles ne nous apprennent rien sur la marche de la segmentation et ne peuvent nullement servir à l'établissement de lois embryogéniques. On ne connaît aucun autre travail sur le développement de l'embryon chez les Zygophyllacées.

La figure 1 donne une idée de la forme allongée que prend le zygote à peu près au terme de sa maturation. En 2, on peut voir le proembryon bicellulaire passant au stade tricellulaire; en 3, la division de la cellule apicale et, en 4, la tétrade *première*, de la catégorie C_2, produite par segmentation transversale de la cellule basale et de la cellule apicale. Les éléments tirant origine de la cellule basale donnent la partie inférieure du suspenseur; aucun d'eux ne contribue à la construction de l'embryon proprement dit; ceux qui occupent la région la plus inférieure sont bientôt comprimés et résorbés par les cellules voisines de l'albumen.

Les éléments *cc* et *cd* de la tétrade première, se partagent, ce dernier transversalement, l'autre obliquement pour engendrer une tétrade *seconde*, de la catégorie B_2, présentant au sommet deux cellules juxtaposées, *a* et *b*, quelque peu dissemblables. Ces deux cellules, dans leurs processus de division et dans leurs fonctions histogéniques, se comportent comme les mêmes éléments que l'on rencontre chez le *Geum urbanum*. Ils produisent quatre quadrants en disposition tétraédrique (*fig.* 11, 12), celui du sommet fonctionnant comme cellule épiphysaire. La figure 14 montre, de face, les deux quadrants produits par *b*; dans la figure 15, les deux quadrants engendrés par *a* se sont déjà cloisonnés longitudinalement. Les trois quadrants sous-épiphysaires donnent la partie cotylée *s. stricto*, *pc* (*fig.* 17, 18, 20 et suiv.). Parfois, à certains stades et dans quelques formes, l'épiphyse fait saillie au sommet du proembryon de manière caractéristique (*fig.* 22, 25).

L'élément *m* de la tétrade seconde (*fig.* 5) engendre la partie hypocotylée. Par divisions longitudinales cruciales, il donne quatre cellules circumaxiales (*fig.* 9 à 13) qui prennent ensuite des parois périclines séparant extérieurement les premiers éléments de dermatogène. Les cloisons transversales apparaissent peu après, dans les cellules intérieures tout d'abord (*fig.* 17, 21, 22), et, après différenciation de deux assises dans cette région, c'est

---

([2]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 802; 226, 1948, p. 1410; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 95, 1948, p. 184; *Embryogénie et Classification*, 4e fasc., Partie spéciale, 1951, p. 10.

([3]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 1070 et p. 1197; *Embryogénie et Classification*, 3e fasc., Partie spéciale, 1948, p. 47.

([4]) *Bot. Notiser*, 1934, p. 407-422.

encore dans les cellules intérieures de l'assise supérieure de ces deux assises, que se forment de nouvelles parois transversales (*fig.* 24, 25). Au moment de l'apparition prochaine des cotylédons, la masse intérieure originaire de *pc* et de *m* se montre homogène; le périblème et le plérome ne sont pas nettement différenciés; seules les cellules de dermatogène se distinguent par leur forme assez aplatie et leur contenu plasmatique.

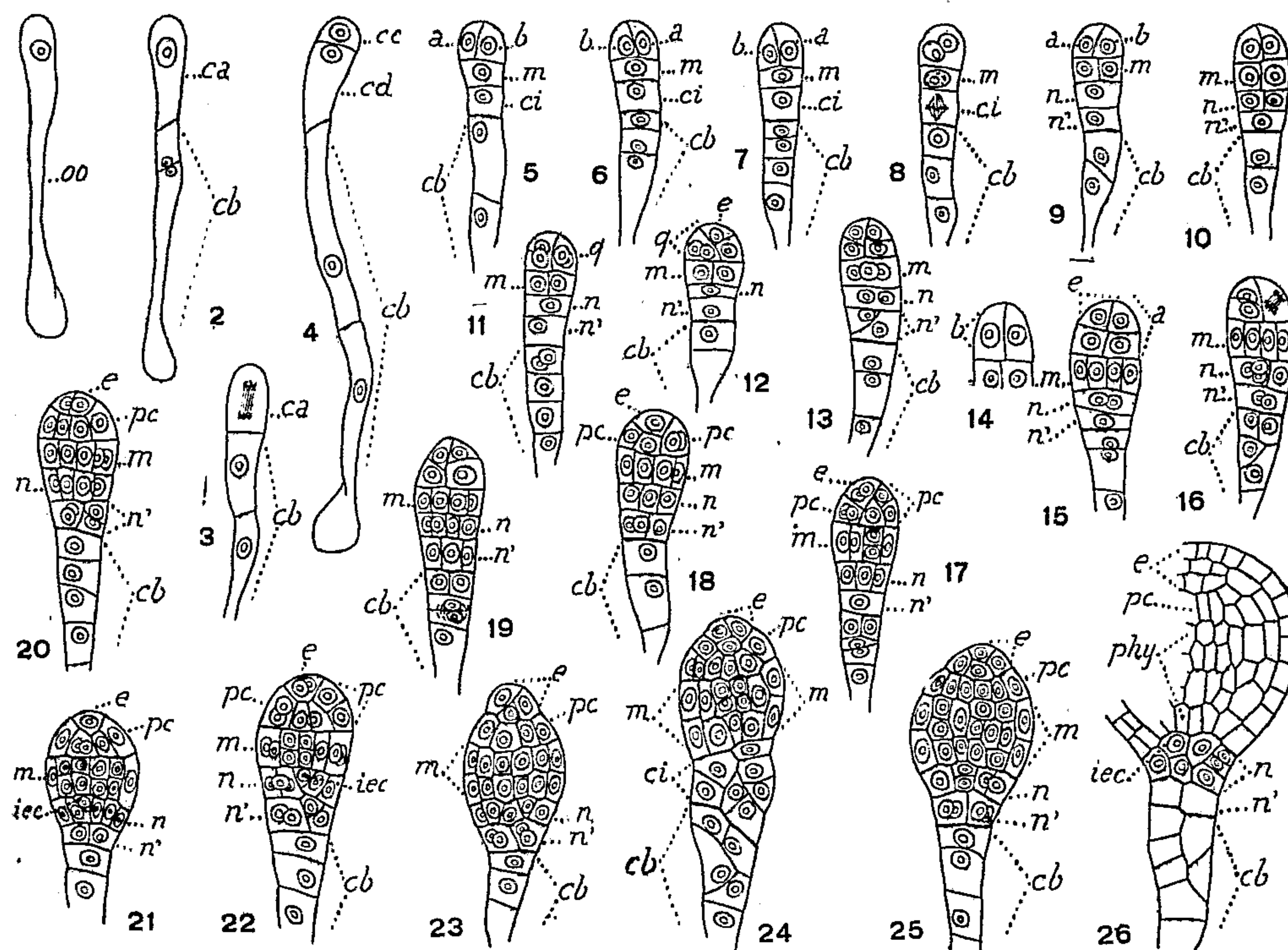


Fig. 1 à 26. — *Tribulus terrestris* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon *oo*, spore; *ca*, cellule apicale du proembryon bicellulaire; *cb*, cellule basale ou partie inférieure du suspenseur; *cc* et *cd*, cellules-filles de *ca*; *a* et *b*, cellules-filles de *cc* ou éléments qui en dérivent; *m*, cellule-fille supérieure de *cd* ou partie hypocotylée, *phy*; *ci*, cellule-fille inférieure de *cd*; *n*, cellule-fille supérieure de *ci* ou hypophyse; *n'* cellule-fille inférieure de *ci* ou portion supérieure du suspenseur; *q*, quadrant; *e* épiphyse; *pc*, partie cotylée *s. stricto*; *iec*, initiale de l'écorce de la racine. En 14 et 15, deux coupes voisines d'un même proembryon. G = 180.

La cellule *ci* (*fig.* 5) se partage transversalement (*fig.* 8 et 9) en deux éléments superposés *n* et *n'*, qui se convertissent plus tard, le premier plus vite que le second, en quatre cellules circumaxiales. L'élément *n'* ne dépasse guère ce stade quadricellulaire, comme on peut le voir dans les figures 23, 25, 26. Si quelquefois il paraît prendre part à la construction de la partie culminante de la coiffe, en règle générale les quelques cellules qu'il produit viennent seulement accroître le nombre des éléments du suspenseur.

Le blastomère *n* correspond à une hypophyse véritable, génératrice des initiales de l'écorce de la racine et du primordium de la coiffe. Ses processus de division rappellent étroitement ceux qui ont été observés chez l'*Erodium cicutarium*, et rapportés au mode Da dans mon travail d'ensemble sur l'hypophyse ([5]). Les quatre cellules circumaxiales

([5]) R. Souèges, *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 1565; *Bull. Soc. bot. Fr.*, **81**, 1934, p. 737.

visibles en 16 donnent, par divisions longitudinales, une couche de 8 à 12 éléments dont 4 apparaissent en section verticale : 2 périphériques et 2 voisines de l'axe (*fig.* 19, 20). Ce sont ces derniers qui, de manière normale, se partagent transversalement (*fig.* 25, 26 à gauche) pour donner, vers le haut, les initiales de l'écorce de la racine, vers le bas, les premiers éléments de la portion centrale de la coiffe; les portions latérales tirent origine des cellules périphériques de la couche *n*. On observe quelques irrégularités dans ces processus de division : la séparation des *iec* peut se faire plus tard, au terme de nouvelles divisions longitudinales ou obliques dans les quatre cellules circumaxiales primitivement séparées; la segmentation peut parfois procéder obliquement déjà dans le blastomère *ci*, intéressant à la fois les deux cellules filles, *n* et *n'*, qui en dérivent (*fig.* 24). Des variations analogues ont été observées chez le *Ceanothus azureus*, espèce qui, comme l'*Erodium cicutarium*, appartient à la famille embryogénique du *Geum urbanum* ([6]).

Comme on le voit, le *Tribulus terrestris* représente un type embryonomique nouveau qui, par sa tétrade *seconde* en B_2, prend place dans la série B' de la deuxième période; il appartient en outre, au mégarchétype II, la cellule *cd*, qui remplit dans la deuxième période les fonctions dévolues à la cellule *cb* dans la première, engendrant la partie hypocotylée, une hypophyse véritable ($iec + co$) et une portion du suspenseur. Ce type occupe dans la deuxième période une place correspondant à celle qui se trouve assignée à l'archétype du *Geum* dans la première. Les lois du développement sont fondamentalement les mêmes dans les deux cas; des différences apparaissent seulement dans l'origine et dans les processus de division de l'hypophyse qui chez la Benoîte, s'individualise aux dépens de la cellule-fille supérieure de *n* et se cloisonne comme chez les Crucifères, tandis que, dans la Croix-de-Malte, elle prend naissance aux dépens de *n* et s'édifie selon les modalités observées chez l'*Erodium* ou le *Ceanothus*. Ces différences sont secondaires, puisque ces deux dernières espèces ont pu être rangées dans la famille du *Geum* et que, chez celui-ci, l'hypophyse tire parfois directement origine du blastomère *n*.

L'exemple du *Tribulus* apporte la démonstration irréfutable de l'existence de types embryonomiques bien définis pouvant prendre place dans la série B' de la deuxième période. Le principal argument invoqué par D. A. Johansen pour ne pas admettre la série B dans le système périodique perd ainsi toute sa valeur.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur le pouvoir de fixation des sols pour l'ion* PO_4H_2. Note de MM. **Albert Demolon**, **Pierre Boischot** et Mlle **Jacqueline Lajon**.

Nous avons montré que chaque sol réagit d'une façon particulière à l'apport de doses croissantes de phosphate monocalcique du superphosphate. L'accroissement de la concentration de la solution du sol pour un même apport ne

([6]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1673.

dépend pas de l'état phosphorique exprimé par la concentration initiale ou par le taux de P_2O_5 dit « assimilable ». C'est le *pouvoir fixateur* qui intervient spécifiquement.

Nous examinerons dans cette Note quels sont les facteurs exerçant à cet égard une action déterminante. A cet effet, nous avons opéré sur une terre de limon de type moyen, ayant la composition suivante :

CO_3Ca	néant	Fer libre	8,7 ‰
Argile	140 ‰	pH	6,5
Humus	0,9 ‰	P_2O_5 assim. (ac. citr.)	0,14 ‰

Rôle de l'hydroxyde de fer. — Dans une série d'expériences il y a eu addition d'hydroxyde de fer colloïdal, dans l'autre la terre a été déferrifiée par l'acide oxalique, le pH et le taux de Ca étant maintenus constants.

	Fer ajouté à 20 g de terre (mg).	Fer libre total (‰).	Concentration de la solution du sol (mg P_2O_5 par litre).
Terre déferrifiée	0	0	20,7
» initiale	0	8,70	1,9
» enrichie	3,5	8,85	1,3
» »	7,0	9,03	1,2
» »	14	9,38	0,6
» »	35	10,40	0
» »	70	12,80	0

Ces résultats mettent en évidence le rôle du fer libre dans la fixation de P_2O_5 apporté, celle-ci devenant totale pour un rapport $(P/Fe) < 3\%$.

Rôle de la matière humique. — L'action des matières humiques a été étudiée en ajoutant à la terre expérimentée de l'humus colloïdal préparé à partir d'un fumier bien décomposé.

	Quantité d'humus ajouté à 20 g de terre (mg).	Quantité d'humus pour 1000 de terre.	Concentration de la solution du sol (mg P_2O_5 par litre).
Terre initiale	0	9,0	1,9
» enrichie	7,4	9,37	2,1
» »	15	9,75	2,4
» »	22	10,1	2,70
» »	30	10,5	3,25
» »	45	11,25	3,8
» »	60	12	5,1
» »	75	12,75	6,0

La matière humique bloque donc le pouvoir fixateur de l'hydroxyde de fer. Le même résultat est obtenu lorsque le sol est traité préalablement par une solution d'hydroxyquinoléine, de tannin ou d'H_2S.

	Concentration de la solution du sol (mg P_2O_5 par litre).
Terre initiale	1,9
Terre traitée avec 2 cm³ d'une solution d'hydroxyquinoléine à 1 %	4,6
Terre traitée avec 2 cm³ d'une solution de tannin à 1 %	4,75

Rôle de l'argile. — Le pouvoir fixateur est généralement considéré comme fonction du taux d'argile. Pour le vérifier nous avons enrichi notre terre avec une argile extraite du même sol.

Quantité d'argile (%).	Quantité d'argile ajoutée à 20 g (g).	Taux de fer libre (°/₀₀).	Concentration de la solution du sol (mg P_2O_5 par litre).
14 (terre initiale)	0	8,7	1,90
16	0,40	8,76	1,88
20	1,20	8,89	1,80
22	1,60	8,95	1,30

L'argile dosant 32 °/₀₀ de fer libre, il convenait de rechercher si son action n'était pas due au pouvoir fixateur de ce fer vis-à-vis du P_2O_5. A cet effet nous avons répété l'expérience précédente en ajoutant non pas une argile extraite de la terre, mais une kaolinite exempte de fer. Dans ces conditions, même avec des apports de kaolinite allant jusqu'à 10 °/₀₀, aucune action n'a été enregistrée sur la concentration de la solution du sol en P_2O_5.

L'on constate d'ailleurs en comparant le tableau ci-dessus et l'expérience directe avec addition d'hydroxyde de fer qu'à teneur identique en fer (8,9 °/₀₀) la concentration de la solution du sol en P_2O_5 (1,3 mg/l) est la même, quoique la quantité d'argile ait augmenté de 8 %. Ainsi donc l'action de l'argile est imputable à l'oxyde de fer qu'elle fixe par adsorption.

Rôle du chaulage. — Le rôle de l'ion Ca dans la fixation du P_2O_5 est connu. Pour en préciser le rôle nous avons d'abord abaissé le taux de CaO dans la terre initiale par lessivage avec des quantités variables de KCl. Dans une deuxième série d'expériences, nous avons ajouté des quantités variables d'eau de chaux à la terre initiale, le volume étant maintenu constant (40 cm³).

CaO pour 1000 de terre.	CaO ajouté à 20 g de terre.	pH.	Concentration de la solution du sol (mg P_2O_5 par litre).
1,3 (terre décalcifiée)	0	6,5	11,5
1,8 (» »)	0	6,5	8,8
2,16 (» »)	0	6,5	6,5
2,45 (» »)	0	6,5	4,0
2,72 (» initiale)	0	6,5	1,9
2,95 (» enrichie)	4,7	9,6	1,4
3,07 (» »)	7,05	10,1	1,1
3,2 (» »)	9,4	10,2	0,8
3,4 (» »)	14,1	10,5	0,75

La substitution de l'ion K à Ca à pH constant, entraîne une augmentation de la concentration en P_2O_5 de la solution. Mais l'addition de CaO a au contraire un effet dépressif au-dessus de la neutralité.

Examen d'une série de sols. — Pour chacun des sols nous indiquons le coefficient 1/C exprimant le pouvoir fixateur, tel que nous l'avons défini antérieurement ([1])

Terres.	pH.	P_2O_5 assimil. (‰).	Argile (%).	Fer libre (‰).	Matières humiques (%).	$\frac{1}{C}$.
1. Finistère sableuse	7,1	0,36	8,5	5,2	2,4	0,8
2. Limon de la Somme	6,5	0,14	14	8,7	0,09	0,72
3. Terre rouge Vaucluse	8,0	0,04	20,75	9,4	–	1,3
4. Haute-Garonne limoneuse ..	6,5	0,21	12,5	5,9	0,08	1,9
5. Haute-Garonne argileuse ...	6,6	0,03	41,5	10	0,24	2,4
6. Argileuse de Seine-et-Oise ..	6,5	0,04	14	10,6	0,45	2,4
7. Humifère du Finistère	6,2	0,50	15,5	13,7	0,22	33,0
8. Côte-d'Or argileuse	7,0	0,05	50	15,5	–	25
9. Landes du Finistère	5,0	0,03	15,5	17,0	3,1	7,4

Ces résultats concernant des sols exempts de CO_3Ca confirment que le coefficient 1/C croît non avec le taux d'argile mais avec celui de Fe libre et qu'il décroît quand la proportion de matières humiques augmente.

Il s'élève dans le cas des terres calcaires, comme dans celui des terres nettement acides.

Conclusion. — L'influence d'un apport de phosphate soluble sur la concentration des solutions du sol est conditionnée par le rapport entre les combinaisons calciques et ferriques qu'il convient de réaliser aussi élevé que possible, en vue d'accroître l'efficacité de l'engrais.

Deux moyens permettent d'y parvenir en pratique :

1° Le maintien d'un complexe absorbant saturé de calcium en milieu légèrement acide (pH voisin de 6, 5).

2° Le blocage par les acides humiques de l'oxyde de fer libre ou adsorbé par l'argile.

CYTOLOGIE. — *La néoformation totale des noyaux dans le syncytium vitellin des Plagiostomes* (Scylliorhinus canicula *L. Gill*) *et le problème du passage des gènes au cytoplasme, durant l'intercinèse.* Note (*) de M. **Paul Wintrebert.**

Les noyaux du syncytium vitellin des Plagiostomes apparaissent *de novo* dans l'aire centrale d'énergides néoformées. A une première période de dépôt chromatique surabondant, succède une période de régulation chromosomienne, réalisée par

([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 509.

(*) Séance du 28 avril 1952.

un jeu de mitoses épuratrices. Les éléments nucléaires, émanés du blastodisque, y compris les gènes, passent en totalité dans le protoplasme, à l'état dissocié, granulaire ou dissous, s'y cultivent et se réorganisent en noyaux figurés.

Les noyaux diploïdes du syncytium vitellin des Plagiostomes, originaires du blastodisque, se multiplient et forment, avec le protoplasme vitellin, des énergides, puis des cellules libres qui émigrent dans la cavité sous-germinale. La naissance de ces noyaux retient l'attention. Ils ne proviennent pas, en effet, de division; *ils apparaissent de novo*, chacun dans une zone claire, dépourvue de vitellus, au centre d'une énergide syncytiale néoformée. Le déroulement des phénomènes a été repéré, phase par phase, en vue d'établir leur liaison morphologique avant toute exploration chimique.

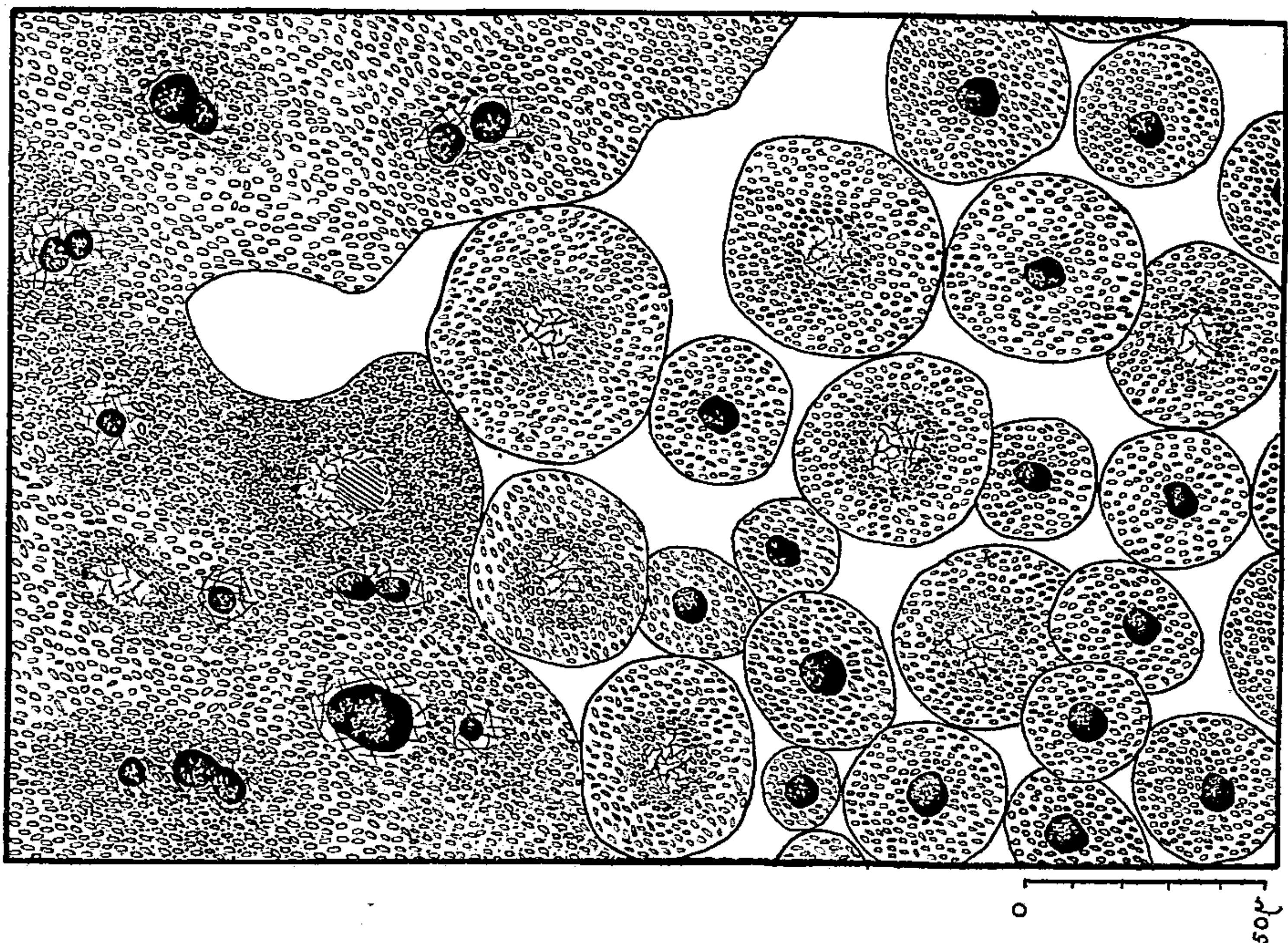
Technique. — Fixation de germes blastuléens et gastrulaires au Zenker-formol picrique; surcharge colorée du vitellus à l'acide picrique ou à l'éosine-aurantia-orange G, avant l'emploi d'hémalum acide de Masson ou d'hématoxyline, jusqu'à bleuissement de la coloration vitelline. Coupes; prélèvements en un seul bloc, de la région superficielle du blastodisque entourée de son cadre syncytial.

Exposé et signification des faits. — L'examen général des germes montre, en premier lieu, que les noyaux déjà constitués du syncytium et du disque germinal sont de taille variable, que de petits noyaux voisins ou accolés n'offrent aucune trace de division, que chacun d'eux est entouré d'une zone claire d'autant plus étroite que le noyau est mieux formé, que l'anneau vitellin qui l'entoure est d'autant plus compact que le dépôt chromatique est moins abondant.

Les zones claires les plus larges sont aussi les moins évoluées : *elles sont anucléées.* Placées au centre d'une énergide à contour extérieur mal délimité, elles sont légèrement bleutées par l'hémalum, et parfois ornées d'une tache homogène plus bleue. Cette zone centrale est parcourue par des fibres entrecroisées sur lesquelles, et dans l'intervalle desquelles, se déposent de petits grains chromatiques isolés. Ces grains augmentent peu à peu de nombre et de volume, se rapprochent, s'agglomèrent en petits tas, qui s'unissent à leur tour en masses globuleuses irrégulières. L'aspect rappelle, au début, celui de noyaux au repos, où la chromatine se disperse sur un réseau de trabécules anastomosés; mais ici, le noyau est absent. On pense aussi à une mitose anormale; mais on ne voit ni aster, ni fuseau et les filaments entrecroisés, disposés en lâche réseau, pénètrent la couronne vitelline. Le refoulement de celle-ci à la périphérie de l'aire centrale, témoigne de la concentration très dense du matériel prénucléaire, dont la transformation et la précipitation déterminent le dépôt des grains chromatiques.

A cette première période *d'apport*, de néoformation et de groupement de la chromatine, succède une période de *régulation* des masses nucléaires

collectées, au cours de laquelle, par un jeu de mitoses en chaîne, d'abord aberrantes et polycentriques, puis de plus en plus régulières, le stock chromosomien s'épure et devient spécifique. Les blocs nucléaires se disjoignent, se résolvent en chromosomes; certains de ceux-ci restent en route sur les fuseaux, tandis que les autres se rassemblent en noyaux télophasiques, qui se divisent à leur tour. Les fuseaux de ces mitoses réitérées persistent après la division et dessinent, dans le syncytium, des figures en zigzag (¹).



Segment d'un disque germinal blastuléen de *Scylliorhinus canicula* L. Gill, prélevé *in toto*, encadré de sa bordure syncytiale. — Énergides et cellules libres anucléées.

Les cellules anucléées, tôt sorties du syncytium, se comportent comme les énergides, sauf que leur matériel nucléaire est limité, que les cellules filles se séparent et que la régulation chromosomienne, plus simple, va de pair avec l'établissement du rapport nucléoplasmique. Leur libération, l'acquisition de leur individualité, sont indépendantes du degré d'organisation du noyau.

La néoformation n'est donc pas directe, immédiate, acquise d'emblée, mais épigénétique, réalisée en deux temps, dont le second corrige le premier. A l'apport en vrac, succède l'épuration génétique. Les deux temps alternent et les processus de chacun d'eux sont synchrones dans l'ensemble du syncytium.

(¹) P. WINTREBERT, *Comptes rendus*, 200, 1934, p. 91.

Discussion et conclusion. — La source des matériaux nucléaires, inclus dans le protoplasme, se trouve dans les cellules profondes et latérales du blastodisque, ouvertes dans le syncytium. Mais pour Olga Lepechinskaia ([2]), l'origine des cellules et des noyaux remonte, dans le développement et, de façon provisoire, à chaque division, à l'ère précellulaire de la vie. Elle dépend, par exemple, chez la poule, d'un bio-cristal dans l'albumine de l'œuf, de sphérules vitellines, chez l'hydre d'eau douce broyée, de granules, nourris d'extraits de cyclopes. Le noyau de l'œuf fécondé d'esturgeon naîtrait d'un mélange d'albumine et d'acides nucléiques. Au départ de sa dialectique, elle fait ainsi bon marché des cellules germinales. Son aversion pour la génétique est sans borne. Elle rejette la formule de Virchow (1855) : *Omnis cellula è cellulà*, fondée sur la morphologie, sans s'apercevoir que la biochimie la renforce, du moment que le protoplasme contient les éléments des noyaux préexistants. Elle prend à partie Pasteur, en imaginant, dans le présent, la création possible du passé, en acceptant la réalisation actuelle de mutations d'un autre âge, en prônant, dans le même temps, le retour à l'ère précellulaire et la génération spontanée d'un être évolué, dont elle nie l'hérédité génétique. L'audacieuse préformation matérielle que l'auteur nous propose, vivement combattue déjà par Jean Rostand ([3]), est insoutenable.

En réalité, nous savons, depuis les travaux de Jean Brachet ([4]), que l'acide ribonucléique du protoplasme passe au noyau avant la mitose, qu'il s'y transforme en acide thymonucléique et commande la duplication des chromosomes. *Le problème nouveau que pose le syncytium est celui du transfert des gènes au protoplasme, après une transformation inverse.* Un tel passage, dans le jeu normal d'une cellule nucléée dont les chromosomes génétiques, à l'intercinèse, sont décelables au microscope électronique ([5]), dont le noyau au repos possède une quantité notable d'acide thymonucléique estimée par les uns constante et diploïde ([6]) et, par les autres, variable ([7]), où, par conséquent, le transfert n'est que partiel et accroît simplement le nombre des éléments ribonucléiques déjà présents, est difficile à déceler. Dans le syncytium, par contre, la néoformation totale du noyau exige l'inclusion préalable, dans le protoplasme, de tous les éléments nucléaires, y compris les gènes.

([2]) V. Safonov, *Études soviétiques*, 35, 1951, p. 57.

([3]) *Figaro littéraire*, n° 271, 1951.

([4]) *Embryologie chimique*, Paris, 1947, p. 208 et 462.

([5]) E. Guyénot et M. Damon, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 498; E. Guyénot, M. Damon, E. Kellenberger et J. Veigle, *Arch. der Julius Klaus Stiftung*, 25, 1950, p. 47.

([6]) A. Boivin, R. Vendrely et C. Vendrely, *C. R. Soc. Biol.*, 142, 1948, p. 1258; C. Vendrely, C. Leuchtenberger et R. Vendrely, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2362.

([7]) L. Lison et J. Pasteels, *Arch. Biol.*, 62, 1951, p. 1-43 et *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 196.

Au cours de ce va-et-vient cellulaire, les gènes gardent leur qualité propre, leur autonomie, leur unité; passés dans le protoplasme, ils assimilent, croissent et se trouvent à pied d'œuvre au moment d'accomplir leur induction.

CYTOPATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur l'action pathogène de la silice en particules submicroniques (silice de condensation).* Note de MM. **Albert Policard** et **André Collet**.

De la silice de condensation, formée de particules sphériques de 0,5 à 1 μ et de particules submicroscopiques de 100 à 200 Å environ, injectée dans la trachée ou le péritoine, provoque une première réaction générale violente due aux particules submicroscopiques suivie d'une seconde réaction caractérisée par la phagocytose des particules microniques et la formation de nodules fibreux. Déductions pratiques à tirer de ces résultats.

Chauffée au-dessus de 1600°, la silice se volatilise. La condensation de ses vapeurs donne des particules fines, décrites par Moissan (¹) comme des globules mi-amorphes mi-cristallins.

Au cours de recherches sur les mécanismes de la silicose poursuivies au Centre d'Études et Recherches des Charbonnages de France, nous avons étudié les effets de cette silice. La présente Note concerne spécialement les histiocytes.

Le produit utilisé (provenant de deux usines différentes), au microscope électronique, s'est montré constitué de deux éléments : particules d'une extrême finesse, de 100 à 200 Å, sans formes régulières, aux limites peu précises et toujours rassemblées en agrégats ténus, peu serrés et facilement dissociables, et petites sphères régulières de 200 à 2 000 Å environ. Les diffractogrammes de Debye-Scherrer ont montré sa nature amorphe.

La silice en suspension en solution physiologique a été injectée par voie intratrachéale et intrapéritonéale. Elle a donné deux catégories de réactions.

A. Contrairement aux autres formes de silice, en particules allant de 1 à 3 μ, elle a déterminé immédiatement des manifestations générales vives, spécialement capillarodilatation intense et œdème.

Par voie intratrachéale, elle provoque immédiatement ou en quelques heures, un œdème pulmonaire entraînant la mort rapide de la presque totalité des animaux.

Au niveau du péritoine, elle entraîne de suite une forte réaction qui s'apaise ensuite en donnant des nodules miliaires diffus et fibreux.

Son injection déclenche, d'autre part, une réaction de « stress » accentuée, avec augmentation de poids des surrénales (50 et quelquefois 97 %), une

(¹) *Comptes rendus*, **116**, 1893, p. 1122 et 1429.

involution rapide du thymus et une hypertrophie par œdème des ganglions lymphatiques.

B. La réaction péritonéale du début, apaisée au quatrième jour, est suivie d'une réaction secondaire moins vive, caractérisée de petits granulomes miliaires fibreux. La même réaction nodulaire s'observe dans le poumon chez les rares animaux qui ont pu survivre à la poussée initiale d'œdème pulmonaire.

On retrouve ainsi l'effet habituel des injections de particules de silice ayant plus de 1 à 2 μ (particules microniques).

A ces réactions générales correspondent des modifications cellulaires distinctes.

A. Dans les quatre premiers jours, les cellules histiocytaires du poumon, de la cavité péritonéale et de l'épiploon, présentent des altérations dont les caractères ont été définis par microscopie de phase et électronique, sur les cellules isolées (fraîches ou fixées) et sur coupes.

Les histiocytes très altérés présentent les modifications suivantes :

Vacuolisation du cytoplasma, avec production de vésicules sarcodiques à la périphérie.

Altération profonde du noyau, fragmenté en 6 ou 8 morceaux polyédriques, de 2 à 3 μ de diamètre, égaux en volume et restant accolés bien que séparés par des espaces clairs distincts et en communication avec le cytoplasma.

Dans ces cellules, la recherche des particules de silice a toujours été infructueuse. Ni au microscope optique, ni au microscope électronique, on n'a pu déceler de la silice à leur niveau. Ces histiocytes, brutalement intoxiqués, ne peuvent plus phagocyter les particules présentes dans leur voisinage.

B. Dans la phase qui suit, au sein des nodules fibreux miliaires formés plus tardivement, dans le péritoine comme dans le poumon, on observe des histiocytes volumineux, de 15 à 20 μ, bourrés de particules de forme sphérique ayant de 0,5 à 1 μ environ et mal visibles au microscope optique. Le contraste de phase et, mieux encore, la microincinération, montrent, sans doute possible, que ce sont des particules de silice (indice de réfraction très voisin de celui du Baume (méthode du liséré de Becke, absence de biréfringence). Elles représentent les particules sphériques de silice existant dans la substance injectée.

Ces cellules à cytoplasma peu colorable et noyau souvent altéré ressemblent aux cellules à poussières de silice du type habituel.

Ces constatations peuvent être interprétées ainsi. Les particules de 100-200 Å en agglomérats légers, à surface totale considérable, se dissolvent rapidement. Le produit de cette dissolution est l'agent des processus toxiques du début. Après l'action violente de ces particules

inframicroniques (et même inframicroscopiques), semblent se dérouler, vis-à-vis des particules plus grosses, les processus habituels de phagocytose par histiocytes et la formation de granulomes miliaires rapidement fibrosés. Ceci est possible parce que les produits de la dissolution des particules inframicroscopiques ont été éliminés. Cette explication appelle évidemment une démonstration plus précise, mais elle constitue l'hypothèse la plus vraisemblable.

Ces résultats peuvent être rapprochés de ceux obtenus par certains expérimentateurs ayant utilisé de la silice en particules submicroniques, mais avec d'autres voies d'introduction, comme l'injection intraveineuse, qui tue les animaux en quelques minutes par un processus mal défini encore [Gye et Purdy ([2]), Gardner ([3])].

Ils apportent une contribution au problème, si important en pathologie industrielle, de la nocivité des poussières submicroniques. On a souvent considéré comme moins dangereuses les particules de silice inférieures à 0,5 μ. Les résultats apportés ici sont en contradiction avec cette opinion. Comme le soutient Dautrebande ([4]), il faut, dans la lutte contre les poussières, considérer tout autant les microniques et les submicroniques.

Ils montrent aussi la nécessité de mesures de sécurité strictes dans les industries où de la silice est soumise à des températures élevées capables de la vaporiser.

Enfin, ces expériences montrent, dans l'action de ces poussières submicroniques, l'intervention de processus du type « stress » avec réaction de la corticosurrénale. Ce facteur surrénalien, généralement négligé dans la pathogénie des pneumoconioses, mériterait d'être considéré de plus près.

M. **Emmanuel de Margerie** fait hommage à l'Académie du Tome I[er] de son Ouvrage : *Études américaines. Géologie et Géographie*.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Albert Demolon** : *Guide pratique de reconnaissance des parasites des cultures, avec les moyens de les combattre*.

CORRESPONDANCE.

Le Comité d'organisation du **Cinquantenaire de la découverte de l'Anaphylaxie par Charles Richet et Paul Portier** invite les Membres de l'Académie à assister à la Cérémonie qui aura lieu à cette occasion à la Sorbonne, le 10 mai 1952.

([2]) *Brit. J. exp. Path.*, 3, 1922, p. 75 et 5, 1924, p. 239.
([3]) L. U. Gardner et D. E. Cummings, *Amer. J. Path.*, 9, 1933, p. 751.
([4]) *Bull. Micr. appl.*, 2, 1952, p. 1.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *De Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen*, 1752-1952, door Johan Abraham Bierens de Haan, Secretaris van de Maatschappij.

2° *Plaques rectangulaires anisotropes reposant librement sur deux côtés opposés seulement et soumises à la flexion sous charges normales à leur plan*, par H. S. Gedizli.

LOGIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur un ensemble de fonctions primitives pour le calcul des prédicats du premier ordre lequel constitue son propre dual.* Note (*) de M. **Alan Rose**, présentée par M. Louis de Broglie.

Church (1) a démontré qu'en ajoutant les constantes logiques t et f (ou bien 1 et 2) à la fonction de disjonction conditionnée ayant le même tableau de vérité que $(X \& Y) \vee (Z \& \overline{Y})$, on obtient un ensemble complet de foncteurs connectifs indépendants pour le calcul des propositions à deux valeurs et que cet ensemble constitue son propre dual. On a montré depuis (2) qu'il en est de même pour le calcul des propositions à m valeurs, lorsqu'on ajoute les constantes logiques 1, 2, ..., m à la fonction de disjonction conditionnée $[Y, X_1, X_2, \ldots, X_m, Y]$ ayant le même tableau de vérité que

$$(X_1 \& J_1(Y)) \vee (X_2 \& J_2(Y)) \vee \ldots \vee (X_m \& J_m(Y)).$$

Dans les deux cas on obtient la duale d'une formule en écrivant celle-ci à rebours et en changeant de place les constantes i et $m-i+1$ $(i=1, 2, \ldots, m)$.

Nous allons montrer qu'en ajoutant un certain quantificateur à l'ensemble de fonctions primitives dont nous venons de parler on obtiendra un ensemble complet de foncteurs indépendants pour le calcul des prédicats du premier ordre, que cet ensemble constitue son propre dual et que, cette fois encore, la duale d'une formule s'obtient par la méthode indiquée plus haut. Au lieu d'appliquer les quantificateurs aux formules prises séparément, nous les appliquons également aux ensembles ordonnés de $m+1$ formules. Nous entendons ici par « formule » les combinaisons de symboles de notre calcul, et ces combinaisons seulement, qu'on peut établir comme telles en y appliquant, un nombre fini de fois, les règles suivantes :

1° Les constantes logiques 1, 2, ... m sont des formules;

2° Toute variable d'énoncé est une formule;

3° Les variables de prédicats où des variables d'individus figurent à la place des arguments sont des formules;

(*) Séance du 28 avril 1952.

(1) *Portugal. Math.*, 7, 1948, p. 87.

(2) *Math. Annalen*, 123, 1951, p. 76.

4° Si $\mathfrak{A}_1, \mathfrak{A}_2, \ldots, \mathfrak{A}_m, \mathfrak{B}$ sont des formules telles que la même variable d'individu ne se rencontre pas à la fois dans l'une d'elles, à l'état lié, et dans une autre, à l'état libre, alors $[\mathfrak{B}, \mathfrak{A}_1, \mathfrak{A}_2, \ldots, \mathfrak{A}_m, \mathfrak{B}]$ est une formule;

5° Si $\mathfrak{A}(x)$ et $\mathfrak{B}(x)$ sont des formules où la variable x se rencontre à l'état libre, et si $\mathfrak{C}_1, \mathfrak{C}_2, \ldots, \mathfrak{C}_{m-2}, \mathfrak{D}$ sont des formules d'où la variable x est absente, et s'il n'y a aucune variable qui se rencontre à la fois dans une des formules $\mathfrak{A}(x), \mathfrak{B}(x), \mathfrak{C}_1, \mathfrak{C}_2, \ldots, \mathfrak{C}_{m-2}, \mathfrak{D}$ à l'état libre, et, dans une autre de ces formules, à l'état lié, alors $\{x\}\{\mathfrak{D}, \mathfrak{A}(x), \mathfrak{C}_1, \mathfrak{C}_2, \ldots, \mathfrak{C}_{m-2}, \mathfrak{B}(x), \mathfrak{D}\}\{x\}$ est une formule. $\{x\}\{\mathfrak{D}, \mathfrak{A}(x), \mathfrak{C}_1, \mathfrak{C}_2, \ldots, \mathfrak{C}_{m-2}, \mathfrak{B}(x), \mathfrak{D}\}\{x\}$ a le même sens que $[\mathfrak{D}, (x)\mathfrak{A}(x), \mathfrak{C}_1, \mathfrak{C}_2, \ldots, \mathfrak{C}_{m-2}, (\mathrm{Ex})\mathfrak{B}(x), \mathfrak{D}]$. Nous écrivons le quantificateur aux deux bouts pour assurer la symétrie.

L'indépendance des fonctions primitives découle de celle des fonctions primitives du calcul des propositions et du fait que toute fonction qui n'est pas *exclusivement* définie en fonction de celui-ci doit contenir nécessairement des variables d'individus. Pour prouver que n'importe quel quantificateur peut être défini dans ce système, il suffit de définir ([3]) le quantificateur universel, ce qui se fait comme suit :

$$(x)\mathfrak{A}(x) =_{df} \{x\}\{1, \mathfrak{A}(x), 1, 1, \ldots, 1, \mathfrak{A}(x), 1\}\{x\}.$$

Étant donné le théorème de dualité pour le calcul des propositions, il suffit maintenant de montrer que la duale de $\{x\}\{\mathfrak{D}, \mathfrak{A}(x), \mathfrak{C}_1, \mathfrak{C}_2, \ldots, \mathfrak{C}_{m-2}, \mathfrak{B}(x), \mathfrak{D}\}\{x\}$ est $\{x\}\{\mathfrak{H}, \mathfrak{F}(x), \mathfrak{G}_{m-2}, \mathfrak{G}_{m-3}, \ldots, \mathfrak{G}_1, \mathfrak{E}(x), \mathfrak{H}\}\{x\}$ où $\mathfrak{E}(x), \mathfrak{F}(x), \mathfrak{G}, \mathfrak{H}$ sont les duales de $\mathfrak{A}(x), \mathfrak{B}(x), \mathfrak{C}, \mathfrak{D}$ respectivement. Mais puisque les duales de $(x)\mathfrak{A}(x)$, $(\mathrm{E}x)\mathfrak{B}(x)$ sont $(\mathrm{E}x)\mathfrak{E}(x)$, $(x)\mathfrak{F}(x)$ respectivement, il résulte du théorème qu'on a prouvé pour le calcul des propositions que la duale de $[\mathfrak{D}, (x)\mathfrak{A}(x), \mathfrak{C}_1, \mathfrak{C}_2, \ldots, \mathfrak{C}_{m-2}, (\mathrm{E}x)\mathfrak{B}(x), \mathfrak{D}]$ est $[\mathfrak{H}, (x)\mathfrak{F}(x), \mathfrak{G}_{m-2}, \mathfrak{G}_{m-3}, \ldots, \mathfrak{G}_1, (\mathrm{E}x)\mathfrak{E}(x), \mathfrak{H}]$. C. Q. F. D.

CALCUL FONCTIONNEL. — *Sur les clôtures faible et forte des ensembles convexes dans les espaces linéaires réels abstraits.* Note de M. **Otton Martin Nikodým**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Dans l'espace linéaire réel abstrait L (sans topologie) ayant une base dénombrable de Hamel, pour chaque ensemble convexe E il existe $\alpha < \Omega$ tel que $\mathrm{lin}^{\alpha} E = \mathrm{lin}^{\alpha+1} E$. Si la base est non dénombrable, il existe un E pour lesquels toutes les itérations $\mathrm{lin}^{\alpha} E (\alpha < \Omega)$ sont différentes. La clôture linéaire de E est toujours égale à l'union des $\mathrm{lin}^{\alpha} E$ étendue à tous les $\alpha < \Omega$.

Nous reprenons les notions et notations de la Note précédente ([1]) et nous ne considérerons que des ensembles convexes contenant au moins deux points.

([3]) Cp. *J. Symbol Log.*, **13**, 1948, p. 181.

([1]) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1727.

Un sous-ensemble E de l'espace linéaire L s'appelle *linéairement fermé* [2] si, quelle que soit la droite l, l'ensemble $E \cap l$ est fermé dans la topologie naturelle de l. Par la *clôture forte*, $\mathrm{cl}\, E$, de E nous entendons l'intersection de tous les ensembles linéairement fermés contenant E.

THÉORÈME 1. — *Quel que soit l'espace linéaire L et un sous-ensemble convexe E de L, on a* $\mathrm{lin}^{\Omega} E = \mathrm{lin}^{\Omega+1} E$.

THÉORÈME 2. — *La clôture forte d'un ensemble convexe E est convexe et l'on a* $\mathrm{cl}\, E = \mathrm{U}_{\alpha} \mathrm{lin}^{\alpha} E \; (\alpha < \Omega)$.

Le théorème 1 se prouve par impossible. Le théorème 2 ne présente pas de difficulté, parce que $\mathrm{lin}^{\alpha} E$ est convexe et $\mathrm{lin}^{\alpha} E \subseteq \mathrm{cl}\, E$.

THÉORÈME 3. — *Si l'espace L possède une base dénombrable de Hamel, et si l'ensemble convexe* $E \subseteq L$, *il existe* $\alpha < \Omega$ *tel que* $\mathrm{lin}^{\alpha} E = \mathrm{lin}^{\alpha+1} E$.

Démonstration. — Supposons qu'on ait $\mathrm{lin}^{\alpha} E \neq \mathrm{lin}^{\alpha+1} E$ pour tout $\alpha < \Omega$, et soit H une base de Hamel de L.

Il existe une Ω — suite bien ordonnée $\{x_{\alpha}\}$ telle que $x_0 \overline{\in} E$, $x_0 \in \mathrm{lin}^1 E$ et, pour $\alpha \geq 1$, $x_{\alpha} \in \mathrm{lin}^{\alpha+1} E$, mais $x_{\alpha} \overline{\in} \mathrm{lin}^{\beta+1} E$ quel que soit $\beta < \alpha$. Posons $y_0 = x_0$, $y_{\alpha} = x_{\omega.\alpha}$ $(1 \leq \alpha < \Omega)$. Comme y_{α} s'exprime linéairement par un nombre fini de vecteurs de H, il existe dans $\{y_{\alpha}\}$ une suite partielle non dénombrable, soit $\{y(\sigma(\alpha))\}$ dont les éléments s'expriment par les mêmes vecteurs de H et, par conséquent, appartiennent tous au même sous-espace V à un nombre fini de dimensions. On a, pour tout $\sigma < \Omega$, $y(\alpha(\sigma)) \overline{\in} \mathrm{lin}^{\omega.\alpha(\sigma)+2} E$, $y(\alpha(\sigma)) \in \mathrm{lin}^{\omega.\alpha(\sigma+1)+1} E$. Posons $F_{\sigma} = V \cap \mathrm{lin}^{\omega.\alpha(\sigma)+1} E$ et, soit M_{σ} le flat de F_{σ} dans L. Il existe τ tel que, pour tout $\sigma > \tau$, $M_{\sigma} = M_{\tau} = M$, et F_{σ} est un corps convexe dans M. On prouve que $F_{\sigma+1}$ se compose de points intérieurs de F_{σ}. Par conséquent, il y a, dans M, un nombre non dénombrable d'ensembles ouverts disjoints, ce qui est impossible.

THÉORÈME 4. — *Si la base de Hamel de l'espace linéaire N est non dénombrable, il existe un sous-ensemble convexe R de N tel que* $\mathrm{lin}^{\alpha} R \neq \mathrm{lin}^{\beta} R$ *quels que soient* $\alpha < \beta < \Omega$.

Démonstration. — Remarquons que si E', E'' sont des sous-ensembles connexes des espaces L', L'' respectivement et, si $\mathrm{lin}^{\alpha} E' \neq \mathrm{lin}^{\alpha+1} E'$, on a, pour le produit cartésien aussi $\mathrm{lin}^{\alpha}(E' \times E'') \neq \mathrm{lin}^{\alpha+1}(E' \times E'')$. Prenons $\aleph_1$ exemplaires de l'espace L qui a une base dénombrable de Hamel et, faisons-en le produit cartésien L^* de manière que les vecteurs de L^* soient des Ω-suites bien ordonnées de vecteurs de L avec la condition qu'il n'y ait qu'un nombre au plus fini d'éléments différant du vecteur nul. La base de Hamel de L^* a la puissance $\aleph_1$, donc L^* peut être plongé isomorphiquement dans N. Si nous plaçons

---

[2] WILLIAM D. BERG et OTTON M. NIKODÝM, *A study of convex sets* (à paraître dans le *Duke Math. J.*)

dans le $\alpha^{\text{ième}}$ espace L du produit cartésien un ensemble convexe $R'(\alpha)$ convenable (*voir* la Note précédente) pour lequel $\text{lin}^{\alpha} R'(\alpha) \neq \text{lin}^{\alpha+1} R'(\alpha)$, nous obtenons l'ensemble R désiré, en faisant le produit cartésien de tous les $R'(\alpha)$.

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Détermination de la chaîne syzygétique des idéaux matriciels parfaits et son application à la postulation de leurs variétés algébriques associées.* Note de M. **Federico Gaeta**, présentée par M. René Garnier.

On ne possède que peu de résultats sur la détermination effective des syzygies successives d'un idéal de polynomes homogène donné arbitrairement. Il est donc intéressant de déterminer les éléments de cette chaîne syzygétique pour des classes d'idéaux aussi vastes que possible. Dans cette Note nous donnons la solution du problème pour un idéal parfait $\mathfrak{A}$ engendré par les mineurs d'ordre maximum d'une matrice homogène $\mathfrak{M}$.

Soit $\mathfrak{M} = \|a_{ij}\| (i = 1, 2, \ldots, p; j = 1, 2, \ldots, q; p \leqq q)$ la matrice des formes appartenant à $K[x_0, x_1, \ldots, x_n]$ (K, commutatif à caractéristique nulle) dépourvue de constantes non nulles. On a $q - p + 1 \leqq n$, $d = n - (q - p + 1)$ étant la dimension de la variété algébrique V_d représentée par $\mathfrak{A}$ (¹). Le résultat obtenu est une extension de deux cas particuliers déjà connus (²).

1. Nous substituons aux syzygies successives les formes d'Ostrowski équivalentes comme nous avons fait déjà dans une Note précédente (³) dont nous empruntons les notations; la longueur k de la chaîne syzygétique de $\mathfrak{A}$ est égale à $k = q - p + 1$ (⁴). On a évidemment $s_1 = \binom{q}{p}$. Pour le deuxième module de syzygies, le théorème de Macaulay que nous venons de rappeler permet d'affirmer que les formes d'Ostrowski de la deuxième classe sont engendrées par tous les déterminants d'ordre $p + 1$ que l'on obtient en bordant supérieurement une matrice $\mathfrak{U}_{j_1 j_2 \ldots j_{p+1}}$ formée par les colonnes indiquées de $\mathfrak{M}$ avec une ligne i quelconque de $\mathfrak{M}$, $L_i(y_2)$ où l'on a remplacé $x (= y_1)$ par y_2. On obtient évidemment $s_2 = p \binom{q}{p+1}$.

Pour déterminer les formes d'Ostrowski de classe $h (1 \leqq h \leqq k)$ nous

(¹) Macaulay, *The algebraic theory of modular systems*, Cambridge Tracts in Math. nº 19, 1916; Gröbner, *Moderne algebraische Geometrie*, Springer, Wien, 1949. Pour les propriétés géométriques des relatives variétés; Severi, *Introduzione alla geometria algebrica*, Docet, fasc. II, Roma, 1949, où l'on trouve les citations des travaux plus anciens sur ce sujet.

(²) Celui pour $p = 1$, q arbitraire, (Schoenfliess, *Göttinger Nachrichten*, 1891, p. 339), et la détermination du deuxième module de syzygies due à Macaulay, *loc. cit.*, p. 54.

(³) Gaeta, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1121.

(⁴) Gröbner, *loc. cit.*, p. 193.

définissons certaines formes $S^{g_1g_2\ldots g_p}_{j_1j_2\ldots j_{p+h-1}}$ *dans l'ensemble des indéterminées* $y_1, y_2, \ldots, y_h$ de la manière suivante :

Les $j_1 \leqq j_2 \leqq \ldots \leqq j_{p+h-1}$ constituent une combinaison sans répétition arbitraire de classe $p+h-1$ des colonnes de $\mathfrak{M}$. On borde supérieurement la matrice $\mathfrak{U}_{j_1j_2\ldots j_{p+h-1}}$ définie comme ci-dessus avec $h-1$ nouvelles lignes de $\mathfrak{M}$, $L_{i_1}(y_2)$, $L_{i_2}(y_3)$, $\ldots$, $L_{i_{h-1}}(y_h)$, où l'on a remplacé respectivement les x par les $y_2, y_3, \ldots, y_h (x=y_1)$. Les $i_1, i_2, \ldots, i_{h-1}$ constituent un *arrangement* arbitraire avec répétition des p lignes de $\mathfrak{M}$. Ensuite on forme le déterminant symbolisé de manière évidente par $\Delta^{i_1i_2\ldots i_{h-1}}_{j_1j_2\ldots j_{p+h-1}}$:

$$(1)\qquad \Delta^{i_1i_2\ldots i_{h-1}}_{j_1j_2\ldots j_{p+h-1}} = \begin{vmatrix} L_{i_{h-1}}(y_h) \\ \cdots\cdots \\ L_{i_1}(y_2) \\ \mathfrak{U}_{j_1j_2\ldots j_{p+h-1}} \end{vmatrix}$$

Parmi les lignes $i_1, i_2, \ldots, i_{h-1}$ il y en a g_1 égales à la première ligne, g_2 égales à la seconde, ... $(g_\nu \geqq 0; \nu = 1, 2, \ldots, p)$ et $g_1+g_2+\ldots+g_p=h-1$. Alors nous définissons finalement $S^{g_1g_2\ldots g_p}_{j_1j_2\ldots j_{p+h-1}}$ comme égale à la somme des $(h-1)!/g_1!\, g_2! \ldots g_p!$ déterminants analogues à celui (1) qu'on obtient en effectuant toutes les permutations entre les indices i. Nous écrivons symboliquement :

$$S^{g_1g_2\ldots g_p}_{j_1j_2\ldots j_{p+h-1}} = \sum_{\text{perm}(i_1\ldots i_{h-1})} \Delta^{i_1i_2\ldots i_{h-1}}_{j_1j_2\ldots j_{p+h-1}}$$

2. Cela posé, on vérifie les propriétés suivantes :

a. S *est une forme dans l'ensemble des indéterminées* $y_1, y_2, \ldots, y_h$. Pour $h=1$ l'affirmation est triviale; pour $h=2$ on obtient les formes du théorème de Macaulay.

b. En groupant les déterminants qui composent S ayant la première ligne égale, et développant par rapport aux éléments de cette ligne on voit que les formes S de classe $h (>1)$ sont des combinaisons linéaires des formes analogues de classe $h-1$ avec coefficients de $K[y_{h0}, y_{h1}, \ldots, y_{hn}]$.

Par conséquent, *les formes S sont formes d'Ostrowski de classe h de* $\mathfrak{A}$. En outre, on démontre que *les S de classe h constituent une base minima des formes d'Ostrowski de classe h.* ([5]) Nous avons donc

$$S_h = \binom{q}{p+h-1}\binom{p+h-2}{p-1} \qquad (h=1, 2, \ldots, k;\ k=q-p+1).$$

3. Les degrés des formes $S^{g_1g_2\ldots g_p}_{j_1\ldots j_{p+h-1}}$ se calculent très aisément; ils sont égaux aux invariants syzygétiques n_{ij} ([6]); donc nous pouvons calculer la fonction

([5]) La démonstration paraîtra prochainement dans un Mémoire des *Annali di mat.*

([6]) *Loc. cit.* en ([3]).

caractéristique $\chi(l)$ de $\mathfrak{A}$ pour toutes les valeurs de l et par conséquent les genres arithmétiques des sections d'une variété irréductible, non singulière V_d représentée par un idéal $\mathfrak{A}$ avec des espaces linéaires génériques de toutes les dimensions ([7]). En particulier on obtient la formule

$$N = \frac{(-1)^{n-d}}{(n-d)!}\left[\sum_{j=1}^{s_1} n_{1j}^{n-d} - \sum_{j=1}^{s_2} n_{2j}^{n-d} + \ldots + (-1)^k \sum_{j=1}^{s_k} n_{kj}^{n-d}\right]$$

due à Ostrowski ([8]) donnant l'ordre N de V_d en fonction des n_{ij}. Pour $d = n-2$ on obtient une formule plus simple que celles déjà connues pour les variétés parfaites de rang deux. Des exemples bien caractéristiques se présentent : les courbes rationnelles normales de S_n, les réglées rationnelles normales, etc.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE GLOBALE. — *Groupes d'holonomie des variétés riemanniennes*. Note de MM. **Armand Borel** et **André Lichnerowicz**, présentée par M. Joseph Pérès.

Définitions et étude topologique des différents groupes d'holonomie d'une variété riemannienne. Le groupe d'holonomie homogène restreint est compact et coïncide avec la composante connexe de e du groupe d'holonomie homogène.

1. Soit V_m une variété riemannienne de classe C^1. La notion de *développement* d'un chemin de V_m, *différentiable par morceaux*, est supposée connue ([1]). Par développement, le groupoïde des lacets de V_m différentiables par morceaux, fermés en x, est représenté sur un groupe Φ_x de déplacements de l'espace ponctuel euclidien tangent en x et sur un groupe Ψ_x de rotations de l'espace vectoriel euclidien T_x tangent en x ([2]). Un arc joignant deux points $x, y \in V_m$ détermine par développement un isomorphisme de Φ_x sur Φ_y et de Ψ_x sur Ψ_y.

Si l'on se restreint au groupoïde des lacets fermés en x homotopes à zéro (et par conséquent différentiablement homotopes à zéro), on obtient des sous-groupes invariants connexes par arcs ρ_x de Φ_x et σ_x de Ψ_x. Les quatre groupes Φ_x, Ψ_x, ρ_x, σ_x sont dits respectivement groupe d'holonomie (g.h.), g.h. homogène, g.h. restreint, g.h. homogène restreint. Si π_x est le groupe de Poincaré de V_m en x, la connexion riemannienne de V_m définit des homomorphismes f, resp. g, de π_x sur Φ_x/ρ_x, resp. Ψ_x/σ_x. Soit π' le noyau

([7]) *Voir* Severi, *Rend. Circ. mat. Palermo*, 28, 1909; *Annali di mat.*, 4e série, 32, 1951.

([8]) *Abhand. Math. Sem. Hamburg*, Bd. 1, 1922.

([1]) C. Ehresmann, *Colloque de Topologie algébrique*, Bruxelles, 1950, p. 29-55.

([2]) E. Cartan, *Acta Math.*, 48, 1926, p. 1-42; pour le point de vue local : Kuyper, *Indag. Math.*, 13, 1951, p. 445-451.

de f; sur le revêtement V'_m de V_m de groupe fondamental π', l'image réciproque de la métrique de V_m définit une structure de variété riemannienne admettant un groupe d'holonomie (homogène) isomorphe à ρ_x, (resp. σ_x).

Toute forme différentielle sur V_m à dérivée covariante nulle induit sur T_x une forme invariante par Ψ_x. Réciproquement, de toute forme invariante par Ψ_x on déduit par transport parallèle une forme différentielle sur V_m à dérivée covariante nulle.

2. Nous dirons qu'un groupe linéaire réel est réductible ou irréductible selon qu'il laisse invariant un sous-espace *réel* non trivial ou non. V_m est dite réductible si Ψ_x l'est, irréductible sinon. Si V_m est réductible, T_x admet une décomposition en somme directe de sous-espaces $T_x^{(i)}$ invariants par Ψ_x et dans lesquels Ψ_x induit des représentations irréductibles. Par transport parallèle des $T_x^{(i)}$, on obtient un multi-feuilletage de V_m, les feuilles appartenant à des systèmes différents étant orthogonales; tout point $x \varepsilon V_m$ admet un voisinage U_x qui est produit topologique de voisinages $U_x^{(i)}$ des feuilles passant par x; le ds^2 est somme des ds^2 induits sur les feuilles, de sorte que V_m est réductible au sens de la géométrie différentielle locale. Il est équivalent de dire qu'il existe sur V_m des formes différentielles monomes, non triviales, à dérivée covariante nulle [3].

3. Supposons choisi pour tout $x \varepsilon V_m$ un voisinage U_x. Un lacet l_x d'origine x est dit *petit* s'il est contenu dans U_x, il est dit être un *lasso* s'il existe $y \varepsilon V_m$ et un arc $l(x, y)$ joignant x à y tels que l_x soit le produit

$$l_x = l(x, y)^{-1} . l_y . l(x, y), \tag{1}$$

où l_y est petit. Un raisonnement classique montre que tout lacet l_x homotope à zéro est produit de lassos d'origine x. Il en résulte que *tout élément de ρ_x ou de σ_x est produit de déplacements ou rotations induits par des lassos d'origine x.*

4. Pour étudier ρ_x ou σ_x, on peut substituer à V_m le revêtement V'_m ou son revêtement universel; sans modifier les notations, nous raisonnerons sur ce dernier, qui admet σ_x comme g. h. homogène.

THÉORÈME 1. — *Soit $T_x = \Sigma_1^k T_x^{(i)}$ une décomposition de T_x en somme directe de sous-espaces invariants et irréductibles relativement à σ_x.*

Alors σ_x est un produit direct $\sigma_1 \times \sigma_2 \times \ldots \times \sigma_k$, où σ_i induit sur $T_x^{(j)}$ une représentation triviale ($j \neq i$, $i = 1, \ldots, k$).

Soient $R \in \sigma_x$ et R_i la rotation de $T_x^{(i)}$ induite par R; il suffit de montrer que σ_x contient la rotation S_i égale à R_i sur $T_x^{(i)}$ et à l'identité sur $T_x^{(j)}$ ($j \neq i$, $i = 1, \ldots, k$). Or si R est induite par le lasso (1), S_i le sera par le lasso

$$l(x, y)^{-1} \, l_y^{(i)} \, l(x, y)$$

---

[3] A. LICHNEROWICZ, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1634.

où $l_\gamma^{(i)}$ désigne la projection de l_γ sur $U_\gamma^{(i)}$; ainsi $S_i \in \sigma_x$ et le théorème résulte du n° 3.

THÉORÈME 2. — *Le groupe d'holonomie homogène restreint σ_x d'une variété riemannienne est un sous-groupe fermé de $O^+(m)$.*

σ_i est un sous-groupe irréductible connexe de $O^+(m_i)$, (m_i dimension de $T_x^{(i)}$); c'est donc un sous-groupe fermé de $O^+(m_i)$ d'après un raisonnement connu, par conséquent $\sigma_x = \sigma_1 \times \ldots \times \sigma_k$ est fermé dans $O^+(m)$.

THÉORÈME 3. — *σ_x est la composante connexe de l'identité de ψ_x.*

En effet ψ_x/σ_x est dénombrable, comme image de π_x par g, et séparé (σ_x fermé); il est donc totalement discontinu.

5. S'il existe une rotation propre, ayant ses valeurs caractéristiques $\neq \pm 1$, échangeable avec celles de Ψ_x, V_m admet une forme quadratique extérieure à dérivée covariante nulle de rang maximum $m = 2n$, donc une structure pseudo-kählerienne [localement kählerienne dans la terminologie de (4)] et réciproquement. En particulier :

THÉORÈME 4. — *Pour que V_m irréductible admette une structure pseudo-kählerienne, il faut et il suffit qu'il existe au moins une rotation propre, différente de $\pm e$, échangeable avec celles de Ψ_x.*

Dans le cas analytique réel au moins, une structure pseudo-kählerienne dérive évidemment d'une structure kählerienne

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la convergence presque certaine au sens de Cesaro de variables aléatoires et sur certaines inégalités concernant les fonctions caractéristiques.* Note (*) de M. **DANIEL DUGUÉ**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Démonstration du fait que l'existence de E(X) est *nécessaire* pour la convergence presque certaine au sens de Cesaro. Établissement d'une condition nécessaire et suffisante sur la fonction caractéristique pour que E(X) existe.

Notations. — $X \xrightarrow{\mathfrak{P}} a$, $X \xrightarrow{p} a$ signifient respectivement X converge presque certainement vers a et converge en probabilité vers a.

1. $X_1, \ldots, X_n$ étant des variables aléatoires indépendantes obéissant à la même loi, M. Kolmogoroff a établi qu'il suffisait que E(X) existe pour que $[(X_1 + \ldots + X_n)/n] \xrightarrow{\mathfrak{P}} E(X)$. Je vais établir :

THÉORÈME I. — *Il est* nécessaire *que* E(X) *existe et soit égale à a pour que* $[(X_1 + \ldots + X_n)/n] \xrightarrow{\mathfrak{P}} a$.

(4) A. LICHNEROWICZ, *Colloque de Géométrie différentielle*, Louvain, 1951, p. 99-122 et Exposé au Séminaire Bourbaki, février 1952.

(*) Séance du 28 avril 1952.

En effet, si

$$\frac{X_1+\ldots+X_n}{n} \xrightarrow{\mathcal{P}} a, \quad \frac{X_1+\ldots+X_n}{n+1} \xrightarrow{\mathcal{P}} a$$

aussi et

$$\frac{X_{n+1}}{n+1} = \frac{X_1+\ldots+X_{n+1}}{n+1} - \frac{X_1+\ldots+X_n}{n+1},$$

différence de deux quantités qui convergent presque certainement vers a converge presque certainement vers zéro. Or pour que $(X_n/n) \xrightarrow{\mathcal{P}} 0$, il est nécessaire que $E(X)$ existe. En effet, si $(X_n/n) \xrightarrow{\mathcal{P}} 0$ *tous les* X_n *étant indépendants* il est nécessaire que $P_r(|X_n| \geqq n\varepsilon)$ soit le terme général d'une série convergente quel que soit ε; donc que la série $\sum_1^\infty \left[1 - F(n\varepsilon)\right] + F(-n\varepsilon)$ et par conséquent que $\sum[1-F(n\varepsilon)]$ et $\sum F(-n\varepsilon)$ soient convergentes. Or, d'après un raisonnement de M. Kolmogoroff,

$$1 - F(n\varepsilon) = \{F[(n+1)\varepsilon] - F(n\varepsilon)\} + \{F[(n+2)\varepsilon] - F[(n+1)\varepsilon]\} + \ldots.$$

Donc

$$\sum_1^\infty 1 - F(n\varepsilon) = \sum_{p=1}^\infty p\,\{F[(p+1)\varepsilon] - F(p\varepsilon)\}$$

$$= -[1 - F(\varepsilon)] + \sum_{p=1}^\infty (p+1)\{F[(p+1)\varepsilon] - F(p\varepsilon)\}$$

et

$$1 - F(\varepsilon) + \sum_1^\infty [1 - F(n\varepsilon)] > \frac{1}{\varepsilon}\int_\varepsilon^{+\infty} x\,dF(x).$$

Si la série $\sum[1 - F(n\varepsilon)]$ converge quel que soit ε $\int_0^{+\infty} x\,dF(x)$ existe et de même si $\sum F(-n\varepsilon)$ converge $\int_{-\infty}^0 x\,dF(x)$ existe. Donc $E(X)$ existe et d'après le théorème direct elle ne peut être égale qu'à a. J'ai montré [1] qu'on pouvait avoir $(X_1+\ldots+X_n)/n \xrightarrow{p} a$ [il est pour cela nécessaire et suffisant que φ étant la fonction caractéristique on ait $\varphi'(0) = ia$] sans que $E(X)$ existe. Dans ce cas en vertu d'un théorème connu il existe une suite infinie d'indices $n_1, \ldots, n_p$, tels que $(X_1+\ldots+X_{n_p})/n_p \xrightarrow{\mathcal{P}} -i\varphi'(0)$ alors que la suite complète diverge presque certainement. De même :

THÉORÈME II. — *Il est* nécessaire *que* $E(X)$ *existe et soit égale à a pour que* $(X_1+\ldots+X_{n_p})/n_p \xrightarrow{\mathcal{P}} a$ *pour une suite d'indices* $n_1, n_2, \ldots, n_{2p}, n_{2p+1}$, *tels que* $n_{2p} - n_{2p-1}$ *soit un nombre fixe et que* $n_{2p} = O(p)$.

---

[1] *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 317.

2. Nous allons établir une condition nécessaire et suffisante sur $\varphi(t)$ pour que E(X) existe en utilisant des inégalités dues à MM. Doob et Kolmogoroff.

On a

$$t\int_0^{\frac{1}{t}} \mathcal{R}[1-\varphi(u)]\,du = t\int_0^{\frac{1}{t}} du \int_{-\infty}^{+\infty} (1-\cos ux)\,dF(x) = \int_{-\infty}^{+\infty}\left(1-\frac{t}{x}\sin\frac{x}{t}\right) dF(x).$$

Donc

$$(1-\sin 1)\int_{|x|>t} dF(x) < t\int_0^{\frac{1}{t}} \mathcal{R}[1-\varphi(u)]\,du < \frac{1}{6}\int_{-t}^{+t}\frac{x^2}{t^2}\,dF(x) + 2\int_{|x|>t} dF(x),$$

ou

$$\frac{19}{120}[1-F(n)+F(-n)] < n\int_0^{\frac{1}{n}} \mathcal{R}[1-\varphi(u)]\,du$$
$$< \frac{1}{6n^2}\int_{-n}^{+n} x^2\,dF(x) + 2[1-F(n)+F(-n)].$$

Or d'après les majorations du paragraphe 1 :

$$-[1-F(1)+F(-1)] + \int_{-\infty}^{-1}|x|\,dF(x) + \int_1^{+\infty} x\,dF(x)$$
$$< \sum_1^{\infty}[1-F(n)+F(-n)] < \int_0^{+\infty} x\,dF(x) + \int_{-\infty}^{0}|x|\,dF(x)$$

et

$$\sum_1^{\infty}\frac{1}{n^2}\int_{-n}^{+n} x^2\,dF(x) = \sum_{p=1}^{\infty}\left\{\left[\int_{-p}^{-(p-1)} + \int_{p-1}^{p} x^2\,dF(x)\right]\sum_{n\geq p}\frac{1}{n^2}\right\}$$
$$< \sum_{p=1}^{\infty}\left\{\frac{2}{p}\left[\int_{-p}^{-(p-1)} + \int_{p-1}^{p} x^2\,dF(x)\right]\right\} < 2\,E(|X|).$$

$$\frac{19}{120}\left[E|X| - \int_{-1}^{+1}|x|\,dF(x) - 1 - F[(1)+(F-1)]\right]$$
$$< \sum_1^{\infty} n\int_0^{\frac{1}{n}} \mathcal{R}[1-\varphi(u)]\,du < \frac{7}{3}E(|X|).$$

Pour que E(X) existe il est donc nécessaire et suffisant que la série

$$\sum_{n=1}^{\infty} n\int_0^{\frac{1}{n}} \mathcal{R}[1-\varphi(u)]\,du \quad \text{ou} \quad \sum_{n=1}^{\infty}\int_0^{1} \mathcal{R}\left[1-\varphi\left(\frac{t}{n}\right)\right] dt$$

converge. Cette condition est tout à fait symétrique de celle trouvée au paragraphe I sur la fonction de probabilité totale : convergence de la série $\sum[1-F(nx)+F(-nx)]$. En l'utilisant on peut établir le théorème

direct de Kolmogoroff au moyen du procédé par lequel M. Darmois dans son cours de l'Institut de Statistique démontre le théorème de Glivenko-Cantelli. Comme cas particulier on a :

THÉORÈME III. — *Si $f(x)$ est une fonction définie continue entre $-\pi$ et $+\pi$ paire et dont tous les coefficients de Fourier de cosinus a_n sont positifs pour que la série $\sum n a_n$ soit convergente, il est nécessaire et suffisant que :*

$$\sum_{n=1}^{\infty}\int_0^1\left[f(0)-f\left(\frac{x}{n}\right)\right]dx \quad \textit{soit convergente.}$$

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Convexité et information.* Note de M. **Robert Féron**, présentée par M. Émile Borel.

On peut songer à définir notre incertitude sur la valeur qu'est susceptible de prendre une variable aléatoire Y de densité de probabilité $f(y)$ par

$$(1) \qquad \mathcal{I}_Y=\int_{-\infty}^{+\infty} H[f(y)]\,dy.$$

Cette formule ne permettra pas en général de définir $\mathcal{I}_Y$ quel que soit $f(y)$ car l'intégrale (1) peut fort bien ne pas exister. Toutefois, l'intégrale (1) existera toujours quand Y a une étendue finie si

$$(2) \qquad H(0)=0.$$

De plus nous désirons que l'incertitude sur toute variable Y′ de densité de probabilité $\lambda f(\lambda y)$ soit supérieure à l'incertitude sur Y si $\lambda < 1$

$$(3) \qquad \mathcal{I}_{Y'} > \mathcal{I}_Y \quad \text{si} \quad \lambda < 1.$$

On peut montrer que (2) étant vérifiée, *la condition nécessaire et suffisante pour que* (3) *le soit, est que* H *soit une fonction concave.* Nous sommes donc conduits à prendre la formule (1) où H est une fonction concave comme définition de l'incertitude.

Avec cette définition, on peut montrer qu'étant donné un couple aléatoire XY, *l'incertitude $\mathcal{I}_{Y_x}$ sur la variable aléatoire liée Y_x est en moyenne inférieure à l'incertitude $\mathcal{I}_Y$ sur la variable marginale* Y

$$(4) \qquad \mathcal{I}_Y - \mathfrak{M}\mathcal{I}_{Y_x} \geq 0.$$

La définition (1) peut se généraliser et l'incertitude $\mathcal{I}_Y$ sur la variable aléatoire Y de fonction de répartition $F(y)$ peut être définie comme une fonctionnelle $\Phi(F(y))$

Nous dirons que Φ est une fonctionnelle concave si quelles que soient les

fonctions de répartition $F_i(y)$ pour lesquelles Φ est définie, on a

$$(5) \qquad \Phi\left[\frac{F_1(y)+F_2(y)}{2}\right] \geqq \frac{1}{2}\{\Phi[F_1(y)]+\Phi[F_2(y)]\}.$$

Nous dirons que Φ est une fonctionnelle strictement concave si (5) est vérifiée quelles que soient $F_1(y)$ et $F_2(y)$ et si de plus on ne peut avoir le signe égal dans (5) que si $F_1(y) = F_2(y)$.

On peut montrer que :

La condition nécessaire et suffisante pour que le gain d'information

$$\Delta\mathcal{J} = \mathcal{J}_Y - \mathfrak{M}\mathcal{J}_{Y_x}$$

ne puisse être négatif pour aucun couple de variables aléatoires XY *est que* Φ *soit une fonctionnelle concave.*

Nous aurons évidemment $\Delta\mathcal{J} = 0$ si X et Y sont indépendantes.

Il en sera de même si $F_x(y)$ est identique à $F(y)$ sauf peut-être pour un ensemble de valeurs de X de probabilité nulle. (Nous conviendrons de dire que dans ce cas nous avons indépendance presque sûre entre X et Y). Mais il peut arriver que $\Delta\mathcal{J}$ soit nul sans que nous ayons indépendance presque sûre entre X et Y.

Un exemple permet de s'en rendre compte aisément. Si nous prenons pour quantité d'information le moment typique d'ordre k de Fréchet, alors il suffit que la valeur typique d'ordre k soit constante pour que $\Delta\mathcal{J} = 0$.

Par contre, si Φ est une fonctionnelle strictement concave, on ne pourra avoir $\Delta\mathcal{J} = 0$ que si nous avons indépendance presque sûre entre X et Y.

Il en sera notamment ainsi si nous prenons pour Φ l'entropie de Shannon [1].

On peut généraliser la notion de gain d'information de la manière suivante : A tout couple de fonctions de répartition $F(y)$, $G(y)$ on associe un nombre $\psi[F(y), G(y)]$ tel que $\psi = 0$ si $F(y) \equiv G(y)$ et que

$$\Delta\mathcal{J} = \mathfrak{M}_x\psi[F(y), F_x(y)]$$

soit nécessairement positif ou nul.

On peut évidemment prendre

$$\psi[F(y), G(y)] = \Phi[F(y)] - \Phi[G(y)],$$

où Φ est une fonctionnelle concave.

Mais on peut aussi prendre pour ψ une mesure quelconque de l'écart entre $F(y)$ et $G(y)$. Avec cette dernière définition du gain d'information on retrouve comme indices de corrélation l'indice simple de connexion partielle de Gini, l'indice quadratique de connexion partielle de Gini et l'indice simple de dissemblance de Gini.

---

[1] Il serait préférable de dire l'entropie de Shannon-Hartley R. V. L. HARTLEY, *Transmission of information* (*Bell System Techn. Jour.*, 8, 1928, p. 535).

CALCUL DES PROBABILITÉS ET THERMODYNAMIQUE. — *Les démons de Maxwell.* Note de M. **Benoit Mandelbrot**, présentée par M. Émile Borel.

Le concept de *démon de Maxwell*, convenablement généralisé, possède toutes les propriétés requises pour servir de comparateur de stratégies appartenant à des classes différentes. Il englobe la plupart des procédés techniques de modulation.

1. *Concept de durée intrinsèque.* — Il a été introduit dans une Note précédente [1], dont la présente est la continuation. Il justifie l'attribution d'un même substantif aux informations *fishérienne* et *sélective* (de Shannon) et à des informations d'autres « classes ». Mais, malgré diverses analogies, ces *informations ne sont nullement interchangeables et des erreurs grâves* peuvent résulter de leur confusion (et en particulier de l'identification trop hâtive au « cycle d'information » de C. E. Shannon des « cycles » qui interviennent dans la théorie de la mesure). Il faut donc introduire des moyens de comparer diverses informations entre elles.

2. *Les démons de Maxwell.* — Cette comparaison exige la considération des *instruments qui, pour transmettre l'information d'une première classe* (*a*), *se servent de stratégies appartenant à une autre classe* (*b*) (*ou n'appartenant à aucune classe*). Il y en a au moins autant que de couples de classes : nous les appellerons *démons de Maxwell* (*a*, *b*).

Ces démons peuvent être utilisés de deux façons distinctes :

a. les deux classes sont connues, et considérées symétriquement. Alors, *ou bien on démontre* l'impossibilité d'un démon ayant un rendement supérieur à 1 [cette démonstration est transitive, en ce sens que si (1, 2) et (2, 3) sont impossibles, (1, 3) l'est aussi automatiquement]; *ou bien on constate* qu'un tel démon est possible : dans ce cas, il faut réviser et élargir la définition de la première classe et de sa durée;

b. l'une des classes est inconnue. Alors *on déduit* l'indétermination correspondante, donc la durée, du principe de l'impossibilité d'un rendement supérieur à 1. (Si cette deuxième durée mène à des contradictions, il faut également réviser la première classe. Interpréter ainsi simplement le démon comme comparateur de durées peut éviter de suggérer des analogies factices entre les deux classes de stratégies que l'on compare.)

Par exemple, le démon thermique-quantique a été explicitement étudié suivant la première méthode par L. Brillouin [2] et la deuxième par P. Demers [3] et par N. Wiener et D. Gabor.

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1345.
(2) *J. Appl. Phys.*, 22, 1951, p. 334.
(3) *Can. J. Research*, 1944 et 1945.

3. *Origine des démons-instruments.* — Ils ont été successivement introduits pour rendre accessible à l'analyse un « démon » original, imprécis et complexe, imaginé par Maxwell. Ce savant avait poussé trop loin cette simplification, et ne considérait qu'une seule des stratégies (les autres étant donc implicitement supposées sans substrat physique). Ceci le menait au *paradoxe de l'augmentation de l'information sélective potentielle* (*cf.* § 4) : c'était là d'ailleurs le but de l'introduction du « démon » original.

Pour faire disparaître le paradoxe, il a suffi cependant de conserver *deux quelconques des opérations :* tous les schémas effectivement considérés sont donc des démons selon notre définition. Celle-ci a cependant l'avantage de donner une claire perception de leur multiplicité et d'englober d'autres instruments (par exemple le « microscope gamma » de W. Heisenberg).

4. *Les démons sélectifs* ([4]). — On appelle deuxième loi de la Thermodynamique l'énoncé de l'impossibilité d'un rendement supérieur à un d'un démon à premier terme sélectif, donc du caractère *absolument optimal de la classe sélective.*

Si l'on néglige la structure particulaire de l'énergie et de la matière, l'information sélective est toujours transmise, en dernière analyse, par les variations d'un signal en fonction du temps. Soit T sa température. Les indéterminations de temps τ et de puissance disponible δ sont liées par la relation $\tau\delta \geqq kT/2$.

Si τ, δ, et la puissance moyenne P du signal, sont donnés, le maximum de l'information sélective qu'il peut transmettre est $H' = H \log_2 e$, où

$$H = \frac{1}{2\tau}\log_e\left(1+\frac{P}{\delta}\right) = \frac{\delta}{kT}\log_e\left(1+\frac{P}{\delta}\right) = \frac{P}{kT}\left[\frac{\delta}{P}\log\left(1+\frac{P}{\delta}\right)\right] = SG\left(\frac{P}{\delta}\right).$$

Lorsque τ décroît, H croît asymptotiquement vers $S = P/kT$, qu'on appellera *capacité informationnelle sélective potentielle* de la classe de stratégies sélectives pouvant se rattacher au signal considéré.

Ces stratégies idéales n'auraient comporté aucune erreur, mais elles sont tout à fait irréalisables. Par suite : d'une part, *tout procédé effectif de transmission d'information sélective sera nécessairement un démon*, et d'autre part, *il comportera* nécessairement un certain pour-cent *d'erreur*.

On considère couramment que l'information à transmettre dans les problèmes techniques est sélective. L'unique problème de la technique de la modulation serait alors un « problème *direct* » d'étude du « meilleur » deuxième terme d'un démon à premier terme sélectif.

5. *Démon sélectif-thermique quantificateur.* — Considérons par exemple un démon du type de la modulation à impulsions codées (PCM) (qui se rapproche du modèle de Maxwell où il s'agit de reconnaître si l'amplitude d'un signal dépasse ou non A). Soit donc un signal à deux valeurs $P = h\delta$ et $-P$, auquel

---

([4]) L. SZILARD, *Z. Physik.*, 53, 1929, p. 840.

se superpose un « bruit » normal de Laplace-Gauss d'écart δ. Notre stratégie sera d'identifier à $+P$ tout signal reçu positif et à $-P$ tout signal négatif. La probabilité d'erreur est $p=p(h)$. L'information reçue est en apparence $1/\tau = 2\delta/k\mathrm{T} = 2\,\mathrm{P}/hk\mathrm{T} = 2\,\mathrm{S}/h$. Elle pourrait devenir supérieure à l'information potentielle $\mathrm{S}\log_2 e$ si $h < 2\log_e 2 = 1,3862$, c'est-à-dire si la probabilité d'erreur admissible était $p \geq 0,084$.

Ce démon de Maxwell est donc capable d'échanger de la sécurité contre un excédent d'information sélective. Or, le concept de l' « équivocation des résultats » $\mathrm{E} = -p\log p + (1-p)\log(1-p)$ permet de comparer ces deux notions. L'inégalité $h/2\log_e 2 > 1 + p\log p + (1-p)\log(1-p)$ montre que l'échange qu'effectue ce démon a au plus un rendement égal à 1. Le *gain d'information sélective* qu'il semble obtenir au delà de l'information potentielle *est donc bien illusoire*.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur les points singuliers des systèmes canoniques admettant un nombre d'intégrales premières uniformes en involution égal à celui des degrés de liberté.* Note de M. **Henri Mineur**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. Considérons un système mécanique à n degrés de liberté où $q_1, q_2, \ldots, q_n, p_1, \ldots, p_n$ sont des variables canoniques, admettant n intégrales premières uniformes en involution indépendantes :

$$f_1(q,p)=c_1, \quad f_2(q,p)=c_2, \quad \ldots, \quad f_n(q,p)=c_n,$$

Dans l'espace à $2n$ dimensions $\mathrm{E}(q,p)$, ces équations définissent une variété $\mathcal{M}_c$ à n dimensions.

2. Un rôle essentiel dans l'étude des équations de la mécanique généralisées (*Bulletin Astronomique*, t. XIII, p. 309 et *Contributions de l'Institut d'Astrophysique*, Série A, n° 25) est tenu par le tableau :

$$\mathrm{T}\left\|\begin{matrix} \frac{\partial f_1}{\partial q_1} & \frac{\partial f_1}{\partial q_2} & \ldots & \frac{\partial f_1}{\partial q_n} & \frac{\partial f_1}{\partial p_1} & \frac{\partial f_1}{\partial p_2} & \ldots & \frac{\partial f_1}{\partial p_n} \\ \frac{\partial f_2}{\partial q_1} & \frac{\partial f_2}{\partial q_2} & \ldots & \frac{\partial f_2}{\partial q_n} & \frac{\partial f_2}{\partial p_1} & \frac{\partial f_2}{\partial p_2} & \ldots & \frac{\partial f_2}{\partial p_n} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ \frac{\partial f_n}{\partial q_1} & \frac{\partial f_n}{\partial q_2} & \ldots & \frac{\partial f_n}{\partial q_n} & \frac{\partial f_n}{\partial p_1} & \frac{\partial f_n}{\partial p_2} & \ldots & \frac{\partial f_n}{\partial p_n} \end{matrix}\right\|$$

Un point M de E est dit singulier d'ordre p, si en ce point le rang de T l'abaisse à $n-p$. Nous nous proposons ici de trouver les points singuliers d'ordre 1 au moins.

3. Plaçons-nous d'abord au point de vue local en un point singulier d'ordre 1 ; on montre que, par changement des intégrales premières et par changement

local de variables canoniques, on peut supposer au voisinage de ce point

$$\delta = \frac{D(f_2, f_3, \ldots, f_n)}{D(q_2, q_3, \ldots, q_n)} \neq 0, \qquad f_i = q_i \qquad (i = 2, 3, \ldots, n).$$

Les points singuliers sont alors définis au voisinage du point considéré par le système

$$\frac{\partial f_1}{\partial q_1} = 0, \qquad \frac{\partial f_1}{\partial p_1} = 0, \qquad \Delta = \frac{D\left(\dfrac{\partial f_1}{\partial q_1}, \dfrac{\partial f_1}{\partial p_1}\right)}{D(q_1, p_1)} \neq 0,$$

et constituent dans ce voisinage une variété à $2n-2$ dimensions et non à $n-1$ dimensions comme on aurait pu s'y attendre d'après une énumération. La variété $\mathfrak{M}_c$ correspondante est à $2n-1$ dimensions dans le domaine réel, si $\Delta > 0$.

Pour qu'un point soit singulier, il faut et suffit que les c_i correspondant à ce point vérifient une relation

$$\theta(c_1, c_2, \ldots, c_n) = 0.$$

4. Les considérations précédentes, pour être appliquées, doivent être écrites en langage intégral, de manière à être valables en un point quelconque de l'espace E et non plus seulement localement.

Plaçons-nous en un point où $\delta \neq 0$, un rôle essentiel dans la théorie est joué par le système aux dérivées partielles complètement intégrable :

$$\text{(S)} \qquad (\varphi, f_i) = 0 \qquad (i = 2, 3, \ldots, n)$$

qui est vérifié par $f_1, f_2, \ldots, f_n$. On peut ainsi exprimer $\partial f_i/\partial p_k$ $(k = 2, 3, \ldots, n)$ en fonction de $\partial f_i/\partial p_1$, $\partial f_i/\partial q_1$, $\partial f_i/\partial q_2$, $\ldots$, $\partial f_i/\partial q_n$, en substituant dans les conditions de singularité, on constate que celles-ci se réduisent à 2 :

$$D = \frac{D(f_1, f_2, \ldots, f_n)}{D(q_1, q_2, \ldots, q_n)} = 0, \qquad D' = \frac{D(f_1, f_2, \ldots, f_n)}{D(p_1, q_2, \ldots, q_n)} = 0,$$

établissant à nouveau que la variété des points singuliers correspondant à $2n-2$ dimensions.

5. En permutant les indices des f_i et des variables canoniques, on en déduit que les variétés de points singuliers ont $2n-2$ dimensions, sont en nombre fini et que, pour qu'une variété intégrale contienne un point singulier, il faut et suffit que les constantes c qui la définissent vérifient une des relations $\theta = 0$ précédemment écrite.

6. Il reste cependant à calculer Δ. Pour cela, utilisons encore le système S, si φ et φ' sont deux solutions quelconques de ce système, on a

$$\Delta = \frac{\big((f_1, \varphi), (f_1, \varphi')\big)}{(\varphi, \varphi')}.$$

Des transformations de déterminants utilisant le système S permettent d'établir que

$$\Delta = (D, D').$$

Le second membre est donc calculable au moyen des variables initiales et l'on peut ainsi étudier complètement les lieux de points singuliers.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Une nouvelle approximation pour l'étude des écoulements subsoniques et transsoniques.* Note (*) de MM. **Paul Germain** et **Marc Liger**, présentée par M. Joseph Pérès.

Une nouvelle méthode ([1]) est proposée pour ramener l'étude approchée de ces écoulements à celle des solutions de l'équation de Tricomi. Cette approximation est très satisfaisante pour toute une gamme de vitesses allant du repos à une vitesse dépassant légèrement la célérité du son. Quelques exemples simples sont envisagés.

Comme dans une Note précédente ([1]), on ramène l'étude d'une équation

$$k(\sigma)\psi_{\theta\theta} + \psi_{\sigma\sigma} = 0 \tag{1}$$

définissant les écoulements d'un fluide fictif voisin des fluides réels, à celle d'une équation de Tricomi (T) : $z u_{xx} + u_{zz} = 0$. Posons ([2])

$$3y = 2z^{\frac{3}{2}}, \qquad x + iy = \operatorname{tg}\left(\frac{\theta}{a} + is\right), \qquad \beta(s)\psi(\theta, s) = y^{\frac{1}{6}} u(z, x),$$

a étant une constante numérique; si $\beta(s)$ est solution de

$$9 \operatorname{sh}^2 2s \beta'' + 5\beta = 0, \tag{2}$$

$\psi(\theta, s)$ est solution de (1), si l'on définit $k(\sigma)$ de la manière suivante :

$$\sigma = \int_0^s [K\beta(t)]^{-2} dt, \qquad k(\sigma) = a^2 K^4 \beta^4,$$

K étant une nouvelle constante. Les solutions de (2) s'expriment aisément à l'aide de fonctions hypergéométriques; pour que $k(\sigma)$ ait les propriétés voulues, on est amené à choisir la solution :

$$\beta(s) = F\left(\frac{1}{12}, \frac{5}{12}, 1, -\operatorname{sh}^{-2} 2s\right).$$

1. A une solution de l'équation (T) correspond une solution de (1) et réciproquement; en particulier les solutions de (1) de la forme $f(\sigma)\cos(n\theta + b)$

(*) Séance du 21 avril 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 592.

([2]) Cette transformation est équivalente à une transformation envisagée par Darboux, *Théorie des surfaces*, II, livre 4, Chapitre 3.

correspondent aux solutions générales ([3]) de Darboux de (T) singulières au point $x=0$, $y=1$.

Soient V et ρV la vitesse et la quantité de mouvement rapportées à leurs valeurs critiques; on obtient pour ces quantités des expressions assez simples en supposant $a=1$, ce que nous ferons dans la suite (bien qu'une valeur de a voisine de 0,5 fournirait une meilleure approximation); les formules sont les suivantes :

$$\frac{\beta}{V}=\operatorname{ch}s\left[C_1(\operatorname{th}s)^{\frac{1}{6}}+C_2(\operatorname{th}s)^{\frac{5}{6}}\right],\qquad \frac{1}{\rho V}=K^2\beta^2\frac{d}{ds}\left(\frac{1}{V}\right);$$

C_1 et C_2 sont des constantes déterminées. En prenant $K=0,8367$, on obtient une loi de compressibilité pour le fluide fictif approchant de façon très satisfaisante celle des gaz réels pour V comprise entre 0 et 1,1.

2. Les nombreux résultats ([3]) connus sur l'équation de Tricomi trouvent ainsi d'intéressantes applications. Soit comme premier exemple celui du jet critique, les parois étant supposées normales à l'axe du jet. Dans le plan de Tricomi x, z il s'agit de résoudre un problème de Dirichlet dans un domaine limité par un arc de « courbe normale » et un segment de la ligne sonique; or nous savons résoudre ce problème avec des formules explicites. Le calcul des dimensions caractéristiques du jet est particulièrement simple : si $c=(1+\eta)^{-1}$ désigne le coefficient de contraction et ξ la longueur du jet rapportée à la demi-largeur finale, on a

$$\xi=\frac{10}{9\pi}K^2\int_0^1(1+u)^{-\frac{11}{6}}F\left(\frac{1}{12},\frac{7}{12},1,u^2\right)F\left(\frac{11}{6},\frac{3}{2},\frac{5}{2},\frac{2u}{1+u}\right)du,$$

$$\eta=\frac{10}{9\pi}K^2\int_0^1(1+u)^{-\frac{11}{6}}F\left(\frac{1}{12},\frac{7}{12},1,u^2\right)F\left(\frac{11}{6},1,\frac{5}{2},\frac{2u}{1+u}\right)du$$

avec la valeur de K choisie plus haut on obtient $c=0,746$ et $\xi=1,598$, valeurs très voisines des valeurs exactes.

3. On obtiendra des écoulements autour de profils en partant de solutions générales ([3]) de Darboux de l'équation de Tricomi correspondant à $s=1/2$, ayant leurs singularités au point $(0, y_0)$ du demi-plan elliptique; posons

$$\alpha=\arcsin\frac{x}{yX},\qquad X^2=\frac{[x^2+(y-y_0)^2][x^2+(y+y_0)^2]}{4y^2y_0^2},$$

ces solutions s'écrivent

$$\Psi_1=\sin\frac{\alpha}{2}X^{-\frac{1}{2}}\beta^{-1}\operatorname{ch}\left(\frac{1}{3}\operatorname{Arg\,sh}X\right),\qquad \Psi_2=\sin\frac{\alpha}{2}X^{-\frac{1}{2}}\beta^{-1}\operatorname{sh}\left(\frac{1}{3}\operatorname{Arg\,sh}X\right);$$

la combinaison linéaire $\Psi=\Psi_2-\operatorname{th}\gamma\,\Psi_1$ (γ est une constante) s'annule le

---

([3]) P. GERMAIN et BADER. *Sur quelques problèmes relatifs à l'équation de type mixte de Tricomi* (*Publication O. N. E. R. A.*, 1950).

long du cercle (Γ) du plan x, y : $X = \mathrm{Sh}\, 3\gamma$. Si γ est infini, (Γ) est confondu avec la ligne sonique; le profil est alors constitué de deux plaques normales au vent reliées par deux lignes de jet « critiques »; d'après un résultat connu on obtient ainsi, dans le cadre de cette approximation, la valeur maxima de l'épaisseur relative des profils ayant un même nombre de Mach critique. Pour une valeur γ_0 de γ, (Γ) passe par le point $(0, 1)$ correspondant à la vitesse nulle; le profil correspondant présente un bord d'attaque et un bord de fuite pointus. Si $\gamma > \gamma_0$, une partie du profil est formée de segments rectilignes; si $\gamma < \gamma_0$, le profil présente deux points de rebroussement. Dans tous les cas qui viennent d'être envisagés, les calculs conduisant à la détermination du profil présentent de grosses simplifications.

Plus généralement, on pourra utiliser les solutions de Darboux d'exposant $s = p + 1/2$ $(p > 0)$.

Ainsi la solution $\Psi = \Psi_1 - k\Psi_2 + \lambda\Psi_3$ où

$$\Psi_3 = \sin\frac{3\alpha}{2}\, X^{-\frac{1}{2}}\, \beta^{-1}\left[\frac{1}{3} - (1 + X^2)^{\frac{1}{2}} X^{-1}\, \mathrm{th}\left(\frac{1}{3}\mathrm{Arg\,sh}\, X\right)\right]\mathrm{ch}\left(\frac{1}{3}\mathrm{Arg\,sh}\, X\right)$$

correspond, pour un choix convenable des constantes y_0, k, λ, à un profil (P) le long duquel la vitesse devient supersonique. Dans le plan (x, y) la courbe $\Psi = 0$ est algébrique, et les coordonnées de (P) dans le plan de l'écoulement s'obtiennent par quadratures.

AÉROTECHNIQUE. — *Quelques contributions à la méthode du fil chaud.* Note (*) de M. **Gottfried Dätwyler**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. Dans les mesures de la turbulence l'étalonnage compliqué des fils chauds par variation de la vitesse U peut être remplacé par l'étalonnage plus commode par variation du courant de chauffage I. La relation entre les variations dU et dI donnant la même variation dt de la température et donc la même variation dR de la résistance du fil chaud est obtenue de la loi de King

$$I^2 R = (a + b\sqrt{U})(R - R_a) \quad [1].$$

Par deux différentiations partielles, dont une avec $U = \text{const.}$, et l'autre avec $I = \text{const.}$, puis avec $I_0^2 = a(R - R_a)$, on obtient, après division par $I^2 R$,

$$4\frac{dI}{I} = -\left[1 - \left(\frac{I_0}{I}\right)^2\right]\frac{dU}{U}.$$

(*) Séance du 28 avril 1952.

[1] J. M. Burgers, *Hitzdrahtmessungen. Handbuch der Experimental-Physik*, IV, 1. Teil, 1931, p. 637-667 (*Akademische Verlagsgesellschaft*, m. b. H., Leipzig).

En remplaçant les différentielles par des valeurs petites, il vient enfin

$$\frac{\sqrt{\overline{u^2}}}{U} = u' = \frac{4}{1-\left(\frac{I_0}{I}\right)^2}\frac{i}{I}.$$

L'utilisation pratique de ce résultat avec l'anémomètre à fil chaud a été exposée ailleurs ([2]).

2. Suivant une méthode exposée ailleurs ([3]), le courant I_0 peut être calculé comme suit :

Dans l'expression donnée pour le courant de chauffage

$$I = \frac{\pi D}{2}\sqrt{\frac{\lambda_m Nu(t-t_a)}{0,239\, r_0(1+\alpha_0 t)}},$$

le terme $Nu = f(Re)$ doit être remplacé par $Nu_0 = f(Gr)$ qui, pour l'intervalle $10^{-6} \leqq Gr \leqq 10^{-4}$ couvrant le domaine des fils chauds toujours très minces, est bien approché par

$$Nu_0 = 0,45 = \text{const} \quad ([4]).$$

Donc

$$I_0 = \frac{\pi D}{2}\sqrt{\frac{\lambda_m\, 0,45(t-t_a)}{0,239\, r_0(1+\alpha_0 t)}},$$

d'où

$$\left(\frac{I_0}{I}\right)^2 = \frac{0,45}{Nu} = \frac{0,45}{c_0(Re)^n} \quad ([5])$$

et

$$\frac{4}{1-\left(\frac{I_0}{I}\right)^2} = \frac{4}{1-\frac{0,45}{c_0(Re)^n}}$$

donnant la courbe de la figure 1. Celle-ci contient quelques séries de points expérimentaux dus à différents auteurs et obtenus avec des fils chauds de différents matériaux, diamètres et longueurs. On voit que la courbe théorique qui strictement n'est valable que pour des fils chauds de longueur infinie représente très bien la réalité.

3. Il arrive souvent pendant la mesure du courant I_0 sans vent que la température t_a de l'air immobile soit un peu différente de celle de l'air en

---

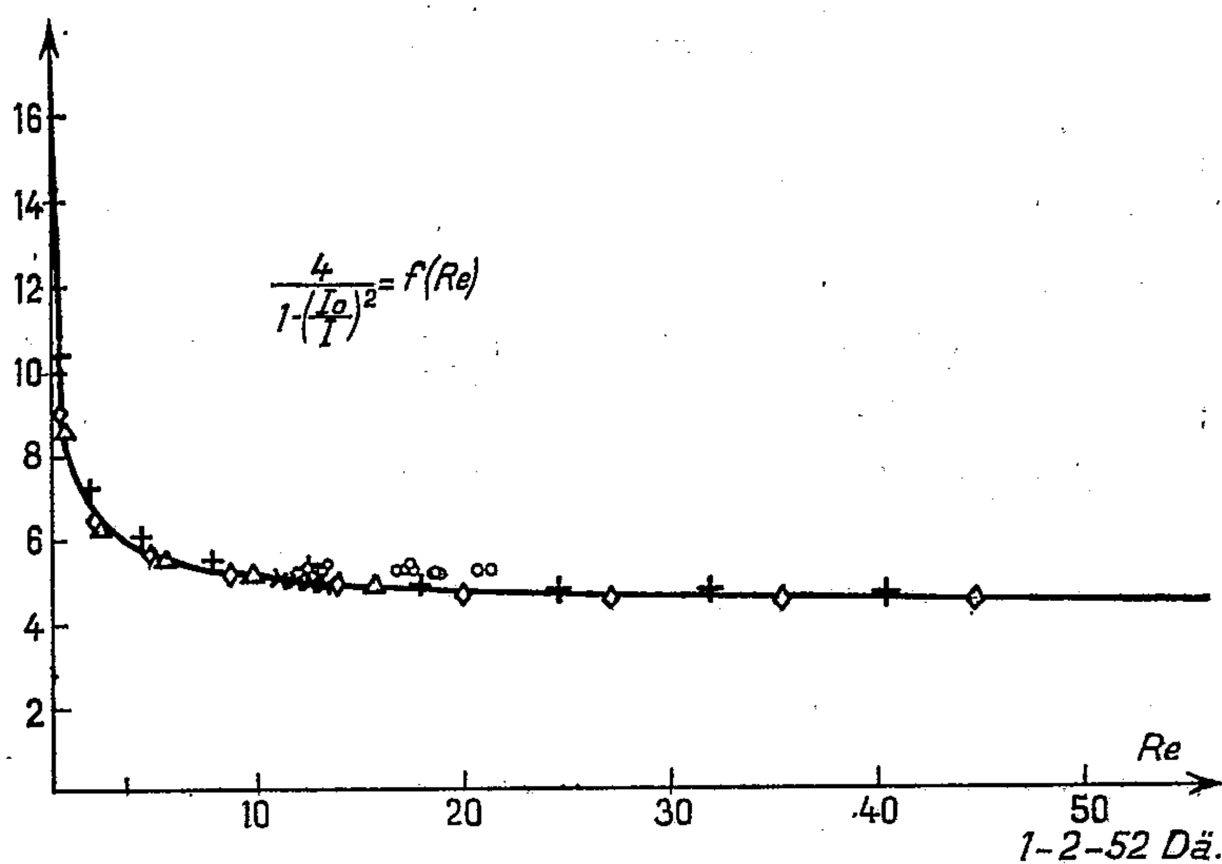
([2]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 945.

([3]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 977.

([4]) Hütte I., 27. Auflage, p. 594, Tafel 7. Berlin, 1941, Verlag Wilhelm Ernst et Sohn.

([5]) *Voir* note ([3]).

mouvement. La correction ainsi nécessaire de la valeur I_0 est calculée comme



suit, la température t du fil chaud, et donc sa résistance $R = E/I = E_0/I_0$, étant constantes (E, E_0, tension au fil chaud). Soit

$$\lambda_m = \lambda_0 + a(t + t_a) \quad (^6)$$

donc

$$I_0 = \frac{\pi D}{2}\sqrt{\frac{\{\lambda_0 + a(t+t_a)\}\, 0,45\,(t - t_a)}{0,239\, r_0\,(1+\alpha_0 t)}} = K\sqrt{\{\lambda_0 + a(t+t_a)\}(t - t_a)}.$$

Par différentiation

$$\frac{dI_0}{dt_a} = K\frac{-\lambda_0 - 2at_a}{2\sqrt{\{\lambda_0 + a(t+t_a)\}(t-t_a)}} = -K^2\frac{\lambda_a}{2I_0}$$

et

$$dI_0 - = \frac{K^2\lambda_a}{2I_0}dt_a,$$

valable aussi pour de petites valeurs finies. Donc finalement, après substitution de K,

$$\Delta I_0 = -2,32\frac{D^2}{r_0(1+\alpha_0 t)}\frac{\lambda_a}{I_0}\Delta t_a.$$

ASTROPHYSIQUE. — *Détermination d'un modèle d'atmosphère stellaire à partir de l'intensité des raies d'absorption.* Note de MM. **Jean-Claude Pecker** et **Henri Van Regemorter**, présentée par M. André Danjon.

Dans l'état actuel de la théorie des atmosphères stellaires, un problème des plus importants est la construction d'un *modèle*, c'est-à-dire la détermination

(6) *Voir* note (3).

de la pression et de la température en fonction de la profondeur, à partir des *données de l'observation*. Jusqu'ici, la seule méthode consiste à déduire ce modèle des mesures de l'*assombrissement* dans le *spectre continu :* le rayonnement du centre du disque de l'étoile nous renseigne sur des couches plus profondes que celui du bord. Mais cette méthode, appliquée notamment par Chalonge, Kourganoff et Barbier, ne permet l'étude que de la photosphère *solaire;* dans le cas des *étoiles*, les mesures concernent l'ensemble du disque; la méthode basée sur le phénomène d'assombrissement n'est pas applicable : on ne dispose guère alors que de méthodes de calcul d'un modèle *a priori*, sans utilisation directe des mesures.

Or, les *raies d'absorption* correspondent à des potentiels d'excitation différents et connus, et se constituent par conséquent dans les différentes couches de l'atmosphère de l'étoile. L'étude des raies doit donc nous donner un moyen de prospecter en profondeur les couches de la photosphère, non seulement du Soleil, mais encore des étoiles.

Nous chercherons donc à trouver une expression de la largeur équivalente W en fonction du potentiel χ d'excitation, comme dans la méthode de l'assombrissement, on exprime la variation de l'intensité I_λ en fonction de la position sur le disque, repérée par l'angle θ des rayons lumineux avec la normale de la photosphère.

L'expression de la largeur équivalente des raies (faibles ou fortes) est donnée, au centre du disque, par

$$W = 5{,}28.10^6 g f \lambda^2 A \int_0^\infty \frac{g(\tau)}{\varkappa_0} f(T, p_e, \chi)\varphi(x, a)\, d\tau, \tag{1}$$

où $g(\tau)$ représente la fonction de poids et $\varphi(x, a)$ la fonction de saturation. Les autres notations sont classiques : l'expression de $f(T, p_e, \chi)$ est détaillée dans des publications antérieures ([1]).

Pour les raies faibles $\varphi = 1$. Pour les raies fortes, φ est plus petit, ce qui correspond au palier et à la seconde portion rectiligne de la courbe de croissance. Par l'intermédiaire de φ, l'expression de W dépend de la *turbulence*, tout comme ces régions de la courbe de croissance. Afin d'éliminer cette dépendance, et de déterminer les températures vraies dans l'atmosphère stellaire, nous remplaçons la largeur équivalente W de chaque raie par celle, W′, qu'elle aurait si le phénomène de la turbulence n'avait pas lieu. On peut écrire en définitive

$$W'(\chi) = 5{,}28.10^5 g f \lambda^2 A \int_0^\infty e^{-\frac{\chi}{kT}} F(T, p_e, \tau)\, dT. \tag{2}$$

([1]) CLAAS, *Rech. Astr. Obs. Utrecht*, **12**, 1951, p. 1; PECKER, *Ann. Astroph.*, **15**, 1951, p. 115.

Nous pouvons remarquer que cette relation est tout à fait analogue à celle qui est utilisée pour l'interprétation des mesures d'assombrisssement :

$$I_\lambda(\theta) = \int_0^\infty e^{-\frac{\tau}{\cos\theta}} S_\lambda(\tau) \frac{d\tau}{\cos\theta}. \tag{3}$$

La méthode permettant de résoudre (2) sera donc calquée sur celle qui permet de résoudre (3). Nous opérerons comme suit : De la relation entre W′ et χ (pour chaque élément), nous déduirons, par une application de la méthode des moindres carrés, la fonction $F(T, p_e, \tau)$ en fonction de T. Une hypothèse sur la relation $T(\tau)$ nous fournira $p_e(\tau)$. Puis cette dernière fonction nous permettra d'obtenir, par une nouvelle application des moindres carrés, une meilleure relation $T(\tau)$; le procédé pouvant être mené jusqu'à une convergence suffisante et des résidus aussi faibles que possible.

Il faut remarquer que cette méthode semble à certains égards plus puissante que celle de l'assombrissement, puisqu'elle permet d'obtenir des renseignements sur la *pression,* non plus seulement sur la *température.*

De plus, en utilisant non seulement W′, mais W, on peut également atteindre les valeurs de la *vitesse turbulente* dans les différentes couches de l'atmosphère.

Pratiquement, des essais ont été effectués à partir des mesures de raies du fer, du titane, du vanadium, sur l'atlas solaire d'Utrecht. La relation W′(W) est déduite des courbes de croissance empiriques de Wright et de Claas. Les premiers résultats sont encourageants.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Au sujet des méthodes de Feynmann.*

Note (*) de M. **Guy Rideau**, présentée par M. Louis de Broglie.

On montre comment le formalisme précédemment développé par l'auteur permet de retrouver les méthodes introduites par Feynmann, tout au moins en ce qui concerne la résolution d'une équation de Schrödinger. Cette introduction des points de vue de Feynmann permet de donner une autre forme à l'équation de diffusion antérieurement proposée.

Dans des Notes antérieures ([1]) nous avons montré comment ramener le calcul des amplitudes de transition d'un système soumis à l'influence d'un potentiel de durée limitée à celui d'une certaine fonction $\Psi_a(E)$ que nous déterminions par l'équation :

$$(E - H_0 - H_1)\Psi_a(E) = i\hbar\left(\exp\frac{i}{\hbar}(E - E_a)t_1 - \exp\frac{i}{\hbar}(E - E_a)t_2\right)\Phi_a - \exp\frac{i}{\hbar}(E - H_0)t_2 \int_{+\infty}^{-\infty} \delta(E' - H_0) H_1 \Psi_a(E')\, dE'. \tag{1}$$

(*) Séance du 28 avril 1952.

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1338, 1049 et 2007.

Nous allons montrer comment la résolution de cette équation permet de trouver les points de vue de Feynmann, en même temps que l'on sera conduit à une équation intégrale remplaçant (1) susceptible d'être plus maniable,

En effet, en développant la solution de (1) suivant les puissances successives de H_1, on trouve pour l'approximation d'ordre zéro.

$$\Psi_a^0(E) = \int_{t_1}^{t_2} \exp\frac{i}{\hbar}(E - E_a)\, t\, \Phi_a\, dt,$$

Or si l'on calcule $\Psi_a(E)$ pour un potentiel agissant pendant un temps Δt extrêmement petit, on trouve, en remontant à la définition de cette fonction ([2])

$$\Psi_a(E) = \exp\frac{i}{\hbar}(E - E_a)\, t\Phi_a \Delta t$$

si le potentiel a exercé son action entre t et $t + \Delta t$. On constate donc que $\Psi_a^0(E)$, qui permet le calcul des amplitudes du premier ordre, peut être considérée comme la somme de diffusions élémentaires subies aux divers instants compris entre t_1 et t_2.

Considérons maintenant l'approximation du premier ordre de $\Psi_a(E)$ ([3])

On vérifie qu'elle peut encore s'écrire

$$(2)\qquad -\frac{i}{\hbar}\Phi_b(H_1)_{ba}\int_{t_1}^{t_2} dt \int_{t}^{t_2} dt' \exp\frac{i}{\hbar}(E - E_b)\, t' \exp\frac{i}{\hbar}(E_b - E_a)\, t$$

$$= -\frac{i}{\hbar}\int_{-\infty}^{+\infty} dE' \int_{t_1}^{t_2} dt \int_{t}^{t_2} dt' \exp\frac{i}{\hbar}(E - H_0)\, t'\, \delta(E' - H_0)\, H_1 \exp\frac{i}{\hbar}(E' - E_a)\, t\Phi_a.$$

En tenant compte des rapports entre la fonction $\Psi_a(E)$ et les amplitudes de diffusion ([4]), on constate que $-(i/\hbar)\int_{-\infty}^{+\infty} dE'\delta(E'-H_0)H_1\exp(i/\hbar)(E'-E_a)t\Phi_a\, dt$, l'intégration n'étant effectuée que sur E', représente la portion d'onde diffusée par une diffusion élémentaire prenant place entre t et $t + dt$ et l'équation (2) montre qu'elle subit de nouveau au temps t' une diffusion élémentaire durant pendant dt'. On retrouve ainsi le schéma donné par Feynmann ([5]) et l'on voit, sur les limites d'intégration de (2), que l'instant de la seconde diffusion élémentaire est nécessairement postérieur à l'instant t de la première. Nous démontrons ainsi la nécessité où était Feynmann de poser son noyau K(2,1) nul pour $t_2 - t_1$ négatif, pour autant que l'on veut résoudre un problème de diffusion régi par une équation de Schrödinger.

([2]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1338.
([3]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1746.
([4]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1338.
([5]) R. P. Feynmann, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 769.

Par un échange convenable des limites d'intégration on met (2) sous la forme

$$(3)\quad \Psi_a^1(E) = -\frac{i}{\hbar}\int_{-\infty}^{+\infty} dE' \int_{t_1}^{t_2} dt' \int_{t_1}^{t'} dt \exp\frac{i}{\hbar}(E - H_0)t'\,\delta(E' - H_0)\,H_1 \exp\frac{i}{\hbar}(E' - E_a)t\,\Phi_a.$$

Posons dès lors comme expression de la $n^{\text{ième}}$ approximation :

$$\Psi_a^h(E) = \left(-\frac{i}{\hbar}\right)^n \int_{-\infty}^{+\infty} dE_n \ldots \int_{-\infty}^{+\infty} dE_1 \int_{t_1}^{t_2} d\tau_{n+1} \int_{t_1}^{\tau_{n+1}} d\tau_n \ldots$$
$$\times \int_{t_1}^{\tau_2} d\tau_1 \exp\frac{i}{\hbar}(E - H_0)\tau_{n+1}\,\delta(E_n - H_0)\,H_1 \exp\frac{i}{\hbar}(E_n - H_0)\tau_n$$
$$\times\, \delta(E_{n-1} - H_0)\,H_1 \exp\frac{i}{\hbar}(E_{n-1} - H_0)\tau_{n-1} \ldots \delta(E_1 - H_0)\,H_1 \exp\frac{i}{\hbar}(E - E_a)\tau_1\,\Phi_a.$$

En portant dans (1), on aura à évaluer la quantité

$$(4)\quad \int_{t_1}^{t_2} d\tau_{n+1}(E - H_0)^{-1} \Big\{ H_1 \exp\frac{i}{\hbar}(E - H_0)\tau_{n+1} - \exp\frac{i}{\hbar}(E - H_0)t_2 \int \delta(E' - H_0)\,H_1 \exp\frac{i}{\hbar}(E' - H_0)\tau_{n+1}\,dE' \Big\}.$$

Or on montre facilement que

$$\int \delta(E' - H_0)\,H_1 \exp\frac{i}{\hbar}(E' - H_0)\tau_{n+1}\,dE' = \exp\frac{i}{\hbar}H_0\tau_{n+1}\,H_1 \exp -\frac{i}{\hbar}H_0\tau_{n+1},$$

ce qui permet de donner à (4) la forme

$$\int_{t_1}^{t_2} d\tau_{n+1} \Big\{ \exp\frac{i}{\hbar}(E - H_0)\tau_{n+1} - \exp\frac{i}{\hbar}(E - H_0)t_2 \Big\} (E - H_0)^{-1} \exp -\frac{i}{\hbar}(E - H_0)\tau_{n+1}\,H_1 \exp\frac{i}{\hbar}(E - H_0)\tau_{n+1}$$

et l'on arrive finalement à l'expression

$$-\frac{i}{\hbar}\int dE_{n+1} \int_{\tau_1}^{t_2} d\tau_{n+1} \int_{\tau_{n+1}}^{t_2} d\tau_{n+2} \exp\frac{i}{\hbar}(E - H_0)\tau_{n+2}\,\delta(E_{n+1} - H_0)\,H_1 \exp\frac{i}{\hbar}(E_{n+1} - H_0)\tau_{n+1}$$
$$= -\frac{i}{\hbar}\int dE_{n+1} \int_{t_1}^{t_2} d\tau_{n+2} \int_{t_1}^{\tau_{n+2}} d\tau_{n+1} \exp\frac{i}{\hbar}(E - H_0)\tau_{n+2}\,\delta(E_{n+1} - H_0)\,H_1 \exp\frac{i}{\hbar}(E_{n+2} - H_0)\tau_{n+1},$$

ce qui achève la démonstration.

Si maintenant on pose

$$\Psi_a(E) = \int_{t_1}^{t_2} \Psi_a(E, t)\,dt,$$

$\Psi_a(E, t)$ vérifie par l'équation intrégale suivante :

$$(\text{II})\qquad \Psi_a(E, t) = \exp\frac{i}{\hbar}(E - E_a)t\,\Phi^a - \frac{i}{\hbar}\int dE' \times \int_{t_1}^{t_2} dt'\,Y(t - t') \exp\frac{i}{\hbar}(E - H_0)t\,\delta(E' - H_0)\,H_1\,\Psi_a(E', t')$$

de forme plus simple que l'équation (1) et ayant de plus l'avantage de fournir, dans le cas des spectres continus, une équation intégrale directe pour les coefficients de Fourier de $\Psi_a(E, t)$.

THERMOCINÉTIQUE. — *La calorimétrie des corps non isothermes.* Note (*) de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Eugène Darmois.

Nous avons maintes fois insisté sur l'intérêt des mesures thermocinétiques en régime variable, le corps chaud qui cède de la chaleur par son propre refroidissement étant à la fois le champ de température où se meut la chaleur et la source du flux calorique. Mais la non-uniformité nécessaire de sa température pose alors des problèmes qui peuvent être délicats.

Nous nous sommes proposé d'étudier l'échange thermique avec l'extérieur d'un corps C plongé plus ou moins profondément dans un calorimètre constitué par un vase de Dewar, et pour que le contact fût bon entre ce corps et la paroi, nous l'avons constitué par du mercure. Ce mercure étant initialement porté à une température uniforme T_0 différente de la température ambiante prise pour zéro, il suffit d'observer son réchauffement ou son refroidissement spontanés pour connaître le coefficient d'échange h cherché.

La profondeur du bain de mercure étant H, et la chaleur spécifique volumique étant $c\rho$, on a l'équation calorimétrique.

$$-\mathrm{H}c\rho\frac{d\mathrm{T}}{dt} = h\mathrm{T}. \tag{1}$$

Mais le mercure, bien que sa conductivité λ soit notablement plus élevée que celle de l'eau, n'est pas conducteur au point de rester isotherme malgré le flux de chaleur qu'il émet. On calcule, dans le système c. g. s. joule, que, h étant 0,001 et $\mathrm{H}c\rho$, 30, et T_0 valant 10°, le flux de chaleur, à sa valeur maximum, entraînerait en régime stationnaire une différence d'environ 2° entre la surface et le fond. Il est donc nécessaire d'étudier avec précision, et en régime variable puisque le régime est variable, l'hétérogénéité de la température du mercure, la relation (1) ne pouvant être simplement appliquée à la température du mercure relevée à mi-profondeur.

Faisant en première approximation l'hypothèse de l'indépendance de h relativement aux températures, et considérant le mercure comme un mur parfaitement isolé pour le reste, l'origine des abscisses étant prise sur le fond traité comme plat, la distribution des températures au temps t et à l'abscisse x est donnée par la loi

$$\mathrm{T} = \mathrm{T}_0 \sum_u \frac{2\sin u}{u + \sin u \cos u} \cos u \frac{x}{\mathrm{H}} e^{-\frac{\lambda u^2}{c\rho \mathrm{H}^2} t}, \tag{2}$$

les u étant les racines successives de l'équation transcendante $u \operatorname{tg} u = h\mathrm{H}/\lambda$.

(*) Séance du 21 avril 1952.

Le paramètre Hh/λ est petit, ce qui simplifie le problème. En effet, la première racine u_1 valant à peu près $\sqrt{Hh/\lambda}$, les autres sont très voisines des multiples successifs de π, et par le facteur $\sin u$ leurs amplitudes sont très petites. De sorte que si l'on ne fait de mesures qu'au bout d'un temps assez notable (plusieurs fois la seconde constante de temps $c\rho H^2/\lambda\pi^2$), la loi de T se réduira au terme fondamental parce que, d'une part, les exponentielles de rang supérieur s'en trouvent étouffées, et que, d'autre part, leurs amplitudes sont faibles.

Peut-on, dans ces conditions, choisir la profondeur ξ d'une prise unique de température pour que, de la loi pratiquement exacte représentée par la formule (2) réduite à son premier terme, on puisse déduire une relation expérimentale $-Hc\rho\, dT_\xi/dt = hT_\xi$, donnant correctement la valeur de h ?

Tout d'abord, on aurait par la seule donnée T_ξ le flux de chaleur total sorti du mercure si T_ξ est la moyenne spatiale de T, c'est-à-dire si ξ est égal sensiblement à $H/\sqrt{3}$. Mais on voit immédiatement que, par suite des dispositions prises, la formule (2) étant monome, le terme $\cos u_1 \xi/H$ disparaît des deux membres de la relation expérimentale, de sorte que pour avoir h il est inutile de choisir ξ. La détermination est toujours exacte, sauf qu'au lieu de h on aura déterminé la quantité voisine $h(1-Hh/3\lambda)$, la correction, facile, ne dépassant pas quelques centièmes. La température superficielle T_H, celle qui intervient dans l'échange thermique, se déduit de T_ξ par le facteur correctif $[1-hH(H^2-\xi^2)/2\lambda H^2]$. Le problème calorimétrique pour lui-même, et le problème d'échange thermique, sont donc résolus. Ils seraient un peu moins simples, mais la solution serait analogue, si la température extérieure était variable.

ÉLECTRICITÉ. — *Essai d'interprétation de la loi donnant la résistance des « thermistors » en fonction de la température.* Note (*) de MM. **Yves Doucet** et **Jean-Paul Guignard**, présentée par M. Eugène Darmois.

Les résistances de plusieurs thermistors ont été mesurées à une précision supérieure au 1/1000 pour différentes températures repérées par un couple BTE-CTE, lui-même étalonné aux points fixes suivants : ébullition de l'eau (ébulliomètre Swietowslaski), fusion du sel de Glauber (enregistrement photographique de la courbe de fusion), point zéro, fusion du mercure distillé (enregistrement comme ci-dessus), sublimation de la neige carbonique, ébullition de l'oxygène liquide. Ci-dessous un extrait du tableau de résultats pour deux modèles R_1 et R_2.

(*) Séance du 28 avril 1952.

T°K.......	194,86	194,96	234,30	273,16	305,54	372,21	372,23
$R_1\Omega$.......	117 820	–	13 640	2 713,2	916,0	168,10	–
$R_2\Omega$.......	–	121 820	14 290	2 829,6	951,2	–	168,20

La formule connue est $R = AT^{-p}\exp(B/T)$. Il est généralement admis $p = 1/4$. Mais, pour des semi-conducteurs intrinsèques, Wilson ([1]) donne $p = 3/4$, et Nijboer ([2]) $p = 3/2$, pour des semi-conducteurs par défaut. Au point de vue expérimental Nguyen Thien-Chi et Suchet ([3]) indiquent pour un matériau désigné sous la référence n° 1, la valeur 1,4. Les publications américaines signalent $p = 2$. Enfin les résultats numériques donnés plus haut correspondent à la formule

$$R_1 = 4,534\ 10^7 T^{-2,073} \exp\frac{1895}{T}. \tag{1}$$

On y voit une valeur de p encore plus grande.

La formule théorique peut s'établir d'une façon purement thermodynamique en écrivant $(\partial F/\partial n)_T = 0$ où n désigne cette fois le nombre des électrons de conductibilité. Les calculs théoriques de Nijboer ([2]) ont donné $p = 3/2$. F du système se composant de :

a. énergie d'excitation de n électrons nE;

b. énergie libre de translation des électrons formant une assemblée idéale justiciable de la statistique de Maxwell-Boltzmann;

c. énergie libre de $(n + N)$ trous distribués parmi $(n_0 + N)$ niveaux possibles. N, nombre d'atomes « congelés » par centimètre cube, n_0 excès, d'atomes d'une espèce (type P ou N).

Quand n est négligeable devant N on est conduit à une formule avec $p = 3/2$.

Mais imaginons que les n électrons forment un ensemble d'oscillateurs harmoniques linéaires d'Einstein possédant une température caractéristique de vibration θ_v et posons que chaque niveau de vibration a un poids statistique égal à l'unité, on sait que

$$F_v = \frac{kn\theta}{2} + knT\,\mathrm{Ln}\left(1 - e^{-\frac{\theta}{T}}\right).$$

il vient

$$\frac{\partial F_v}{\partial n} = kT\,\mathrm{Ln}\,\frac{\theta}{T},$$

en arrêtant le développement de la parenthèse au terme en θ^2. Ajoutons cette expression aux trois précédentes, on trouve que le nombre d'électrons

([1]) *Proc. Roy. Soc.*, A, **134**, 1931, p. 277.

([2]) *Proc. Phys. Soc.*, **51**, 1939, p. 575.

([3]) *Onde électrique*, **297**, 1951, p. 473.

par centimètre cube pour un semi-conducteur par défaut est

$$n = \frac{n_0}{N} \frac{(2\pi m)^{\frac{3}{2}}}{h^4 \nu} k T^{\frac{5}{2}} e^{-\frac{E}{kT}}.$$

La conductivité est ainsi proportionnelle à $T^{\frac{5}{2}}$ si la mobilité est indépendante de la température, c'est-à-dire déterminée seulement par la distribution géométrique des atomes. Le coefficient 5/2 qui apparaît ainsi se rapproche beaucoup des valeurs expérimentales.

Cependant si l'on veut garder le point de vue initial d'un exposant assez faible pour que son influence soit négligeable devant la variation de l'exponentielle il faudrait modifier la valeur de E. Elle devrait être de la forme $E - \varepsilon/T$ avec $\varepsilon = CE$. On aurait alors

$$(2) \qquad \frac{E\left(1 - \frac{C}{T}\right)}{kT} = \frac{E}{k(T + C)}.$$

Mais, si l'on admet une énergie d'interaction, il faut abandonner la statistique de Maxwell-Boltzmann. Or le critère de dégénérescence exclut toute autre statistique, au moins pour les semi-conducteurs intrinsèques. Peut-être faudrait-il tenir compte de ce que, malgré le frittage à haute température, le mélange d'oxydes semi-conducteurs ne forme pas un tout continu. Il y aurait un travail de passage d'un grain à ceux contigus.

Expérimentalement les résultats pour la résistance R_2 sont très bien représentés par l'expression suivante qui est du type (2)

$$(3) \qquad R_2 = 770,2.10^{-4} T^{-\frac{1}{4}} \exp\left(\frac{3943}{T + 57,81}\right)$$

qui correspond à une énergie d'activation de 0,34 eV. La courbe (3) passe au millième près par tous les points expérimentaux, alors que (1) donne moins bien les mesures aux températures voisines de l'air liquide.

ÉLECTRICITÉ. — *Conductibilité électrique de dépôts minces de platine sur couches diélectriques évaporées dans le vide.* Note (*) de M. Charles Feldman, présentée par M. Eugène Darmois.

L'étude de la conductibilité électrique des couches très minces de métaux évaporés dans le vide est arrivée à un stade [1] où une investigation des couches plus complexes semble intéressante. Nous présentons ici quelques résultats

(*) Séance du 28 avril 1952.

[1] H. K. Henisch, *Semiconducting Materials*, Butterworths Scientific Publications, Ltd, 1951, p. 260.

préliminaires concernant les dépôts de platine sur des surfaces de KBr, CaF_2 et SiO_2 évaporés dans le vide.

Le procédé expérimental est le suivant : dans une cloche à vide, on dégaze pendant 1/2 h à 350° C des supports en verre (2 cm de long, 1/2 cm de large) munis d'électrodes en platine; après refroidissement, on évapore le diélectrique (KBr, etc.) en protégeant les électrodes par un cache en mica, puis à l'aide d'un autre évaporateur, on recouvre la couche diélectrique et les électrodes d'un dépôt de platine mince.

Dans la cloche se trouvent plusieurs supports; au cours de chaque opération, on fait simultanément un dépôt de platine directement sur verre, à titre de comparaison; on mesure les résistances directement après évaporation dans la cloche, ensuite, on scelle les supports dans des tubes individuels vidés et on étudie la résistance à diverses températures.

Le résultat le plus frappant est que les dépôts sur KBr ou CaF_2 évaporés ont une résistance beaucoup plus élevée, alors que la résistance est du même ordre pour les couches de platine faites sur films de SiO_2. Le tableau donne des valeurs des résistances à 20° C.

Nos.	Pt seul.	$\frac{\text{Pt}}{\text{film}}$.	Nature du film.	
1	$6.10^3\,\Omega$	$3,4.10^8\,\Omega$	CaF_2	
2	$9,2.10^3$	$3,0.10^6$	CaF_2	
3	$1,65.10^6$	$8,1.10^9$	CaF_2	
4	$1,8.10^6$	$1,8.10^8$	KBr	
5	$4,0.10^2$	$2,1.10^9$	CaF_2	Dépôt préalablement recuit.
6	$6,9.10^3$	$3,5.10^8$	CaF_2	Électrodes évaporées.
7	$7,1.10^7$	$1,3.10^8$	CaF_2	Cristal.
8	$9,2.10^9$	$2,8.10^{10}$	SiO_2	

Quand les couches de CaF_2 sont recuites sous vide avant dépôt de Pt, la résistance est encore plus forte (n° 5). Pour être sûr que la valeur élevée de la résistance n'est pas localisée aux électrodes, nous avons fabriqué par évaporation une électrode de platine sur la couche diélectrique, cela a conduit à une résistance encore plus élevée, du fait du recuit du dépôt diélectrique en présence du filament d'évaporation.

La relation $R = R_0 T^{-n} e^{\theta - \theta' F^{1/2}/T}$ est généralement vérifiée [*cf.* ([2]), ([3])]. Les différences entre les couches sur verre et les couches sur verre + CaF_2 ou verre + KBr sont les suivantes :

1° Une grande augmentation de R_0, ce qui semble être le phénomène essentiel.

2° Des valeurs plus fortes de θ et θ'. Si l'on évapore Pt et CaF_2 ou KBr

([2]) B. Vodar et N. Mostovetch, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 167.

([3]) E. Darmois, N. Mostovetch et B. Vodar, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 992.

simultanément, formant un mélange, on peut observer des θ très élevés; on a trouvé ainsi $\theta = 940^\circ$ K sur verre + CaF_2 et $\theta = 2300^\circ$ K sur verre + KBr.

On sait que les couches de sels tels que CaF_2 ont une structure très irrégulière composée de cristaux séparés par des fossés ([4]) et ([5]); sur une telle surface, il est vraisemblable que la conduction du platine n'est possible que suivant des chemins assez complexes; des parties de la couche métallique ne participeraient pas à la conduction, étant séparées par des espaces non conducteurs situés dans l'ombre par rapport au filament évaporateur de platine. Cela expliquerait la valeur élevée de Ro. En ce qui concerne θ et θ', nous remarquerons seulement que leurs valeurs sont naturellement plus fortes chaque fois que la couche conductrice est moins homogène, à densité superficielle constante de métal, d'autre part, les dépôts sur silice évaporée conduisent mieux et l'on sait que la couche de SiO_2 est plus continue.

MAGNÉTISME. — *Étude, dans les champs statiques et alternatifs, d'un ferronickel à très faible énergie de tension.* Note de MM. **Israël Epelboin** et **Guy Gilardin**, présentée par M. Eugène Darmois.

On a déjà comparé les méthodes d'étude de l'aimantation dans les champs statiques et dans les champs alternatifs appliqués à un échantillon à circuit magnétique fermé. [Diplôme d'Études Supérieures, nov. 1951.] Deux de ces méthodes sont reprises ici afin de comparer des rubans en mumétal à haute perméabilité et d'expliquer l'origine de la texture magnétique souvent très prononcée.

Nous étudions ici des rubans qui obéissent aux lois de Rayleigh lorsqu'ils sont convenablement recuits. Dans les champs très faibles, les traînages de fluctuation et de diffusion sont donc négligeables et si l'on désigne par $\mu = f(H)$ la courbe de première aimantation relevée en statique sans commutation, cette caractéristique se confond avec celle de la perméabilité dynamique $\mu' = f(H_1)$ relevée en alternatif (H_1, amplitude du champ appliqué), à condition toutefois d'opérer à fréquence suffisamment basse. On a

$$\mu' = \mu_1 \cos^{-2}\alpha, \qquad |\mu| e^{-j\alpha} = \mu_1 - j\mu_2$$

et les considérations précédentes donnent $\mu' = \mu_a = a + 2bH$. A l'intérieur du domaine de Rayleigh, le rapport μ_a/a devient déjà supérieur à 1,1 pour les rubans d'épaisseur usuelle et le taux d'harmoniques ne permet donc plus de séparer les courants de Foucault à l'aide des équations de Maxwell, c'est pour cela que nous relevons les courbes $f(H_1)$ à des fréquences suffisamment basses, évitant ainsi la courbure vers le bas causée par les courants de Foucault. Dans

([4]) L. R. Germer, *Physical Rev.*, 56, 1939, p. 58.
([5]) L. R. Schulz, *Journal of Chemical Physics*, 17, 1949, p. 1153.

ces conditions, la limite du domaine de Rayleigh se caractérise par une courbure vers le haut (*fig.* 1).

La relation $\mu = \mu'$ a été vérifiée quelle que soit l'épaisseur du ruban (6 à 800 μ) et nous avons pu montrer également que la texture magnétique macroscopique, c'est-à-dire la distribution de la perméabilité initiale dans l'épaisseur des échantillons, est la même en statique et en alternatif. Nous l'avons constaté

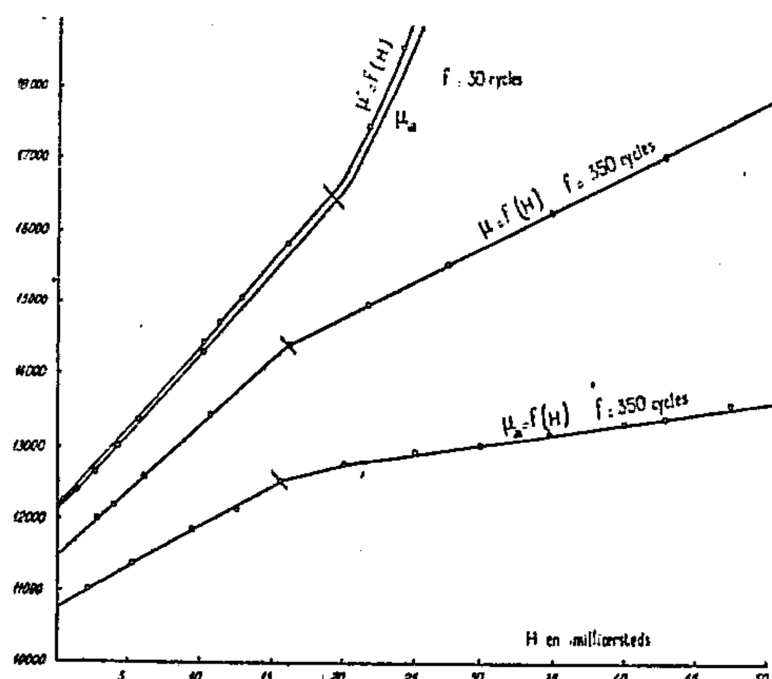


Fig. 1.

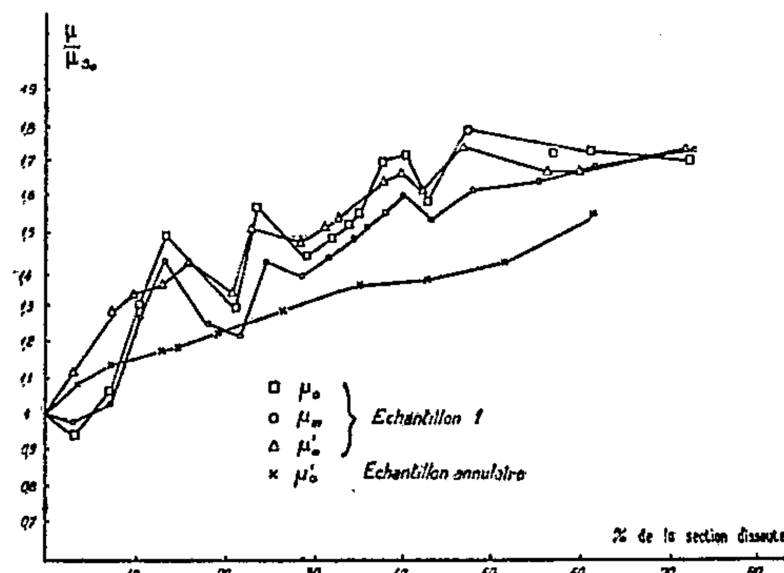


Fig. 2.

Fig. 1. — Courbes μ' et μ_a à 30 et 350 Hz, d'un ruban de 300 μ d'épaisseur recuit à 1000° dans H_2. La courbe $\mu = f(H)$ se confond avec celle de μ' relevé à 30 Hz.

Fig. 2. — Variation en fonction de la section dissoute, de la perméabilité d'un ruban d'épaisseur initiale 300 μ, de perméabilité maximum $\mu_m = 80\,000$ et de perméabilité initiale en statique et en alternatif $\mu_0 = \mu'_0 = 20\,000$. La perméabilité initiale de l'échantillon annulaire est 4000.

sur des rubans d'épaisseur usuelle en mumétal au molybdène auxquels on a fait subir des amincissements électrolytiques successifs après recuit dans H_2 commercial (figure 2, échantillon 1, courbes μ_0 et μ'_0). D'autre part, la variation en fonction de la section dissoute de la perméabilité maximum μ_m correspondant à $\partial\mu/\partial H = 0$ présente la même allure que celle des courbes μ_0 et μ'_0.

Ces analogies peuvent s'expliquer par la faible influence de l'énergie de tensions dont on sait que l'effet est plus grand sur μ_m que sur μ_0. On peut d'ailleurs vérifier cette faible influence en reprenant l'échantillon 1 et en soudant par points les deux extrémités afin d'en faire un anneau : malgré l'écrouissage que ces opérations entraînent et qui font baisser μ' de 20 000 à 4000, la variation de μ'_0 en fonction de la section dissoute présente la même allure que pour l'échantillon 1. Cette faible influence de l'énergie de tensions peut s'expliquer par la valeur particulièrement basse de la constante de magnétostriction λ des alliages ayant cette teneur en nickel; des mesures de magnétostriction inverse permettent d'ailleurs de le vérifier par la méthode de A. Langevin puisque dans les champs alternatifs, un calcul simple montre

que dans le domaine de déformation purement élastique la variation relative de μ_1 sous l'influence d'un effort de traction est proportionnelle à $\mu_a \times \lambda$.

Sur les trois énergies qui déterminent l'aimantation, l'énergie de tensions est donc négligeable tandis que l'énergie magnétocristalline varie avec la température et que l'énergie d'anisotropie magnétique varie peu avec cette dernière. Une étude en fonction de la température a permis de montrer que l'énergie d'anisotropie magnétique jouait un rôle prépondérant. Lorsque les rubans sont d'épaisseur usuelle, cette anisotropie magnétique est probablement causée par des champs démagnétisants provoqués par des inclusions et des cavités qui subsistent après traitement thermique, ce qui expliquerait l'importance de la pureté de l'atmosphère du recuit.

Mais c'est surtout l'étude des rubans très minces qui montre que la texture magnétique est liée à un effet démagnétisant qui cette fois apparaît sur la surface du ruban par suite de sa très faible épaisseur (texture de forme). Ces champs démagnétisants de la surface expliqueraient pourquoi les rubans très minces ont une perméabilité relativement faible quels que soient le recuit et la pureté de l'atmosphère utilisée; ils expliqueraient aussi la modification de la caractéristique $\mu' = f(H_1)$ dont la courbure change de sens pour les faibles épaisseurs. De plus, le tableau ci-dessous relatif à des rubans de mumétal au molybdène obtenus par amincissement électrolytique d'un ruban de 50 μ d'épaisseur et recuits ensuite dans H_2 pur montre que plus le ruban est mince, plus le champ H_m correspondant à la perméabilité maximum est élevé.

Epaisseur (en μ)........	50	39	31	21	11	8	6
H_m (en mOe)...........	150	160	165	172	190	240	360

L'ensemble des résultats confirme donc que la texture macroscopique et la texture de forme sont causées par une énergie d'anisotropie magnétique.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Expression du champ électromagnétique dans les accélérateurs linéaires d'ions.* Note de M. **Michel Bernard**, présentée par M. Louis de Broglie.

On donne la solution des équations de Maxwell dans un cylindre semi-infini, dont l'extrémité est placée en face d'une membrane métallique perpendiculaire à l'axe. Ce dispositif est utilisé dans les accélérateurs d'ions pour obtenir la stabilité radiale (1). La démonstration, faite dans ce cas particulier, peut s'étendre à d'autres systèmes du même genre.

1. Le système est mis en vibration grâce à une cavité solidaire du cylindre; nous schématiserons cette excitation par une différence de potentiel $\Phi_0 e^{j\omega t}$ appliquée entre le cylindre et la membrane.

(1) Alvarez, *Phys. Rev.*, 70, 1946, p. 799.

Le rayon du cylindre sera pris pour unité de longueur; l'origine des abscisses est située dans un plan de la membrane, qui se trouve à la distance d de l'extrémité du cylindre. Nous n'expliciterons pas le facteur $e^{j\omega t}$ dans les équations.

Les caractéristiques des accélérateurs sont choisies pour que les champs ne se propagent pas dans le cylindre; on peut donc les représenter en composant les ondes évanescentes du guide circulaire. La symétrie des électrodes et de l'excitation montre que le champ électrique est contenu dans le plan méridien et que la composante H_θ du champ magnétique est seule différente de zéro. Nous détaillerons seulement le calcul de E_z, les valeurs de E_r et de H_θ s'en déduisant simplement.

2. Si le cylindre était infini, comme la pulsation est inférieure à la pulsation de coupure, les solutions seraient

$$E_z(z, r) = J_0(\mu_n r)[A_n e^{-\beta_n z} + B_n e^{\beta_n z}], \qquad \beta_n = \sqrt{\mu_n^2 - \left(\frac{\omega}{c}\right)^2},$$

μ_n étant une racine de $J_0(\mu) = 0$. Il est donc naturel de développer la solution en série de ces fonctions fondamentales. Les coefficients seront choisis de façon à satisfaire aux conditions aux limites sur le cylindre, dans la coupure et sur la membrane.

Dans l'intérieur du cylindre ($z > d$) nous poserons :

$$(1) \qquad E_z(z, r) = \sum_{n=1}^{\infty} A_n J_0(\mu_n r) e^{-\beta_n z} \qquad (z > d),$$

expression qui donne un champ nul sur le cylindre et à l'infini.

Dans la coupure, nous ajouterons au développement précédent une fonction $f(z, r)$, solution de l'équation des ondes, choisie de façon que la série représente le champ entre les bords de la coupure, c'est-à-dire

$$(2) \qquad E_z(z, 1) \equiv f(z, 1).$$

Nous posons donc

$$(3) \qquad E_z(z, r) = f(z, r) + \sum_{n=1}^{\infty} J_0(\mu_n r)[B_n e^{-\beta_n z} + C_n e^{\beta_n z}] \qquad (0 < z < d).$$

La fonction $f(z, r)$ n'est pas entièrement déterminée par la condition 2; à chaque solution possible correspond un développement en série différent pour le champ $E_z(z, r)$.

Par exemple, si l'on suppose que le champ dans la coupure $E_z(z, 1)$, est sensiblement uniforme, et égal à Φ_0/d, on verra que la fonction

$$(4) \qquad f(z, r) = \frac{\Phi_0}{d} \frac{J_0\left(\frac{\omega r}{c}\right)}{J_0\left(\frac{\omega}{c}\right)}$$

est une solution de l'équation des ondes qui satisfait à la condition (2).

3. Il faut raccorder les deux séries pour $z = d$

$$f(d, r) + \sum_{n=1}^{\infty} J_0(\mu_n r)[B_n e^{-\beta_n d} + C_n e^{\beta_n d}] \equiv \sum_{n=1}^{\infty} A_n J_0(\mu_n r) e^{-\beta_n a}.$$

Dans cette équation il est possible de faire disparaître tous les termes, sauf celui d'indice n, en multipliant les deux membres par $r J_0(\mu_n r)$ et en intégrant de o à 1, ce qui conduit à

$$(5) \qquad A_n e^{-\beta_n d} - B_n e^{-\beta_n d} - C_n e^{\beta_n d} = \psi_n(d)$$

en posant

$$(6) \qquad \psi_n(z) = \frac{2}{[J_1(\mu_n)]^2} \int_0^1 r f(z, r) J_0(\mu_n r)\, dr.$$

En exprimant la continuité des dérivées par rapport à z, pour $z = d$ on obtient

$$(7) \qquad A_n e^{-\beta_n d} - B_n e^{-\beta_n d} + C_n e^{\beta_n d} = -\frac{1}{\beta_n}\left[\frac{d\psi_n}{dz}\right]_{z=d}.$$

Enfin, la composante radiale E_2 du champ électrique doit être nulle sur la membrane, ce qui revient à écrire que $\partial E_z/\partial z$ est nul pour $z = 0$ puisque l'on a

$$\frac{\partial E_z}{\partial z} + \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}(r E_r) = 0.$$

Nous obtenons donc la troisième condition

$$(8) \qquad B_n - C_n = \frac{1}{\beta_n}\left[\frac{d\psi_n}{dz}\right]_{z=0}.$$

Les équations (5), (7) et (8) déterminent les coefficients des séries.

3° Nous expliciterons les résultats dans le cas le plus simple, où l'on suppose le champ uniforme dans la coupure. Les équations (4) et (6) donnent

$$\psi_n(z) = \frac{\Phi_0}{d}\frac{\mu_n}{\beta_n^2}\frac{1}{J_1(\mu_n)},$$

et les trois équations (5), (7) et (8) conduisent à

$$\frac{d}{\Phi_0} E_z(z, r) = \frac{J_0\left(\frac{\omega r}{c}\right)}{J_0\left(\frac{\omega}{c}\right)} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\mu_n}{\beta_n^2}\frac{J_0(\mu_n r)}{J_1(\mu_n)}[e^{-\beta_n(d-z)} + e^{-\beta_n(d+z)}] \qquad (0 < z < d),$$

$$\frac{d}{\Phi_0} E_z(z, r) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\mu_n}{\beta_n^2}\frac{J_0(\mu_n r)}{J_1(\mu_n)}[e^{-\beta_n(z-d)} - e^{-\beta_n(z+d)}] \qquad (z > d).$$

Nous retrouvons des expressions du genre de celles obtenues par Wang [2]

[2] WANG, *Jour. App. Phys.*, **16**, 1945, p. 351.

par une méthode beaucoup plus compliquée. La démonstration que nous proposons ici est cependant très générale et s'appliquerait même si certains modes étaient progressifs.

OPTIQUE. — *Une méthode permettant d'améliorer le pouvoir séparateur des instruments d'optique.* Note (*) de MM. **André Maréchal** et **Pierre Lacomme**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans la théorie classique du pouvoir séparateur, on considère un instrument d'optique parfaitement stigmatique et deux sources ponctuelles incohérentes et de même intensité.

On dit que deux points sont séparés quand le centre de la tache de diffraction produite par le premier coïncide avec le premier minimum nul de l'image du second. Les différences de marche entre les vibrations traversant les bords extrêmes de la pupille de l'instrument diffèrent alors, pour les deux images, d'environ une longueur d'onde, ou encore la différence de phase est de l'ordre de 2π; si inversement cette condition est remplie, les deux points sont séparés. On peut se proposer d'amplifier artificiellement, une différence de phase plus faible pour la porter à 2π et séparer deux points qui ne le seraient pas normalement.

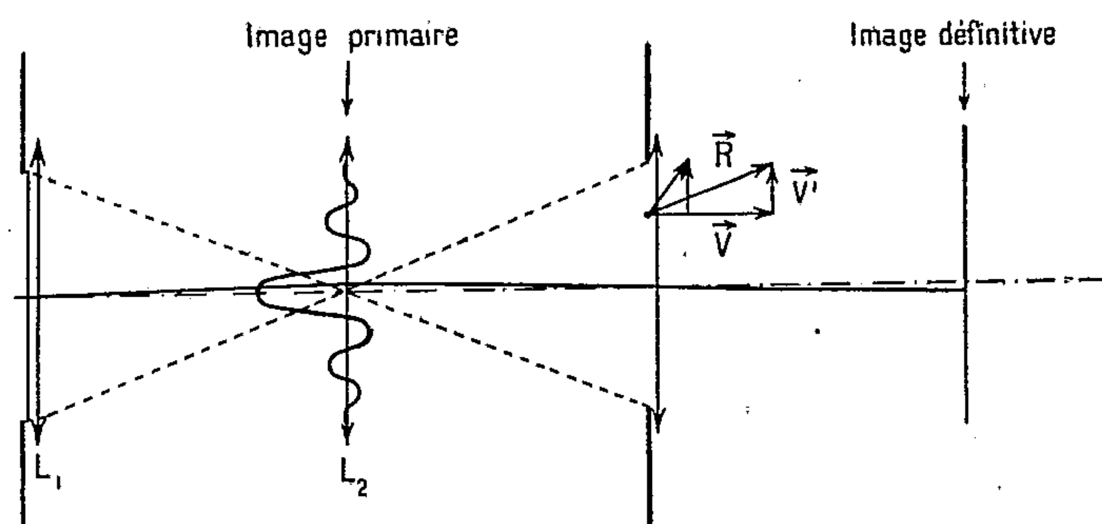
Il est en effet possible d'y parvenir si la vibration peut être considérée (comme dans le cas du contraste de phase) comme la résultante $\vec{R}$ d'une vibration principale de phase constante $\vec{V}$ et d'un vecteur déphasant $\vec{V}'$. En absorbant $\vec{V}$ on peut augmenter la phase de la résultante à condition de perdre de l'énergie.

Soit un objectif L_1, suivi d'un verre de champ L_2 dans le plan de l'image, puis d'un véhicule L_3 diaphragmé à la même ouverture angulaire que l'objectif.

On dispose dans le plan de la première image un écran (rond pour une pupille circulaire, filiforme pour une pupille en fente) de largeur convenable. Cet obstacle absorbe une partie du maximum central de la tache de diffraction et agit ainsi sur la vibration diffractée dans l'image de la pupille d'entrée, c'est-à-dire qu'il modifie la forme de la surface d'onde (en même temps que la répartition des amplitudes). L'image finale donnée par le véhicule présente un maximum central qui est plus éloigné de l'axe que ne l'indiquerait l'optique géométrique. Si l'on considère un point-objet mobile dans le champ, le déplacement de son image ne sera pas uniforme, mais sera localement accéléré au moment où l'on passe au voisinage de l'axe et l'on peut ainsi arriver à séparer les images de deux points qui ne le seraient pas normalement.

(*) Séance du 28 avril 1952.

Le gain en pouvoir séparateur augmente avec les dimensions de l'écran; il dépend de la perte de lumière acceptable : pour la pupille circulaire où le maximum central contient 84 % de l'énergie, la perte de lumière est d'environ $0,84(1-1/G^2)$, soit des 4/5 pour un gain $G=5$. De plus, l'image doit conser-



ver une certaine ressemblance avec l'objet : pour ne pas dédoubler une raie unique dans un spectrographe, il faut limiter la largeur du masque et le gain maximum est alors de 3.

Le calcul montre d'autre part que le gain est plus important en lumière cohérente.

Comme le champ dans lequel il y a amélioration est très petit, la variation de gain avec la longueur d'onde n'est pas gênante et le dispositif peut être utilisé en lumière blanche. Enfin le principe peut être appliqué à l'amélioration des points transversaux.

L'expérience a confirmé les prévisions théoriques dans le cas de la pupille rectangulaire et l'on a déjà pu atteindre un gain de 3.

SPECTROSCOPIE. — *Observation des bandes de vibration-rotation de la molécule* OH *dans les flammes oxhydrique et oxyacétylénique.* Note de MM. **Georges Déjardin, Joseph Janin** et **Maurice Peyron**, présentée par M. Jean Cabannes.

La présence dans le rayonnement du ciel nocturne des bandes de vibration-rotation de la molécule OH a été reconnue par Meinel ([1]) et par Cabannes et Dufay ([2]). Au laboratoire, ce système a été partiellement observé dans le spectre des flammes de l'hydrogène et des hydrocarbures ([3]). Nous avons repris l'étude des flammes oxhydrique et oxyacéty-

---

([1]) *Astrophys. J.*, **111**, 1950, p. 555-564 et **112**, 1950, p. 120-130.

([2]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1233 et **232**, 1951, p. 426.

([3]) W. S. Benedict, E. K. Plyler et C. J. Humphreys, *Phys. Rev.*, **82**, 1951, p. 337; G. A. Hornbeck et R. C. Herman, *J. Chem. Phys.*, **19**, 1951, p. 512.

lénique à l'aide d'un spectrographe à deux prismes donnant une dispersion linéaire de 100 à 220 Å/mm dans l'intervalle de 7 000 à 9 500 Å. Les spectrogrammes ainsi obtenus sur plaques Eastman Kodak II F, IN et IM, avec des poses de 20 m à 5 h, ont été examinés au comparateur et au microphotomètre enregistreur de Chalonge. Avec la flamme oxyacétylénique (région du cône extérieur située à 5 mm de l'extrémité du dard), l'identification des bandes susceptibles d'être attribuées à OH est moins gênée par l'émission de la molécule H_2O, qui est plus forte dans la flamme de l'hydrogène. Cependant, le système OH se manifeste à peu près de la même manière dans les deux cas. Par suite de l'absence de fond continu, les bandes de la région 7 000-7 500 Å ont été observées plus nettement avec la flamme oxhydrique. Les longueurs d'onde des raies observées sur les clichés (valeurs moyennes) sont rassemblées dans le tableau suivant.

7141–7150 Å	(11,5) tête R
7184	(11,5) Q_3
7195	(11,5) P_2
7218	(11,5) P_3
7226	(11,5) Q_5
7245	(11,5) P_4
7253	(8,3) tête R
7295	(8,3) Q_2
7302	(8,3) Q_3
7315	(8,3) Q_4, P_2
7331	(8,3) Q_5
7349	(8,3) P_3
7363	(8,3) Q_6
7373	(8,3) P_4
7389	(8,3) Q_7
7401	(8,3) P_5
7418	(8,3) Q_8
7441	(8,3) P_6
7461	(4,0) tête R
7479	(4,0) R_2
7505	(4,0) R_0
7523	(4,0) Q_1
7528	(4,0) Q_2
7552–7567	(4,0) P_2
7595	(4,0) P_3 O_2 (0,0)
7615–7627	(4,0) P_4
7717	(9,4) tête R
7740 double	(4,0) P_7
7767	(9,4) Q_2
7783–7792	(4,0) P_8 (9,4) P_2?
7885 Å	(5,1) R_1 (9,4) P_5
7897	(4,0) P_{10}
7920	(5,1) Q_1, Q_2
7940	(9,4) P_6
7965	(5,1) P_2
7990	(5,1) P_3
8030	(5,1) P_4
8063	(5,1) P_5
8162	(5,1) P_7
8265	(5,1) P_9
8284–8290–8295	(10,5) br Q (6,2) tête R
8320	(5,1) P_{10}
8363	(6,2) Q_2
8384	(10,5) P_4 (6,2) Q_4
8406	(6,2) Q_5
8425	(10,5) P_5
8468	(6,2) P_4 (10,5) P_6
8508	(6,2) P_5
8524	(10,5) P_7
8558	(6,2) P_6
8594	(6,2) P_7
8638	(10,5) P_9
8665	(6,2) P_8
8710	(10,5) P_{10}
8720	(6,2) P_9
8787	(6,2) P_{10}
9123	(7,3) P_7
9191	(7,3) P_8

7828-7832........	(9,4) P_3? (4,0) P_9	9241.............	(7,3) P_9
		9400.............	(8,4) br Q
7852-7855........	(9,4) P_4 (5,1) tête R	9440.............	(8,4) P_2
		9480.............	(8,4) P_3
7867.............	(5,1) R_2	9560.............	(8,4) P_5
		9615.............	(8,4) P_6

Les interprétations indiquées résultent de la comparaison avec les longueurs d'onde calculées par la formule de Cabannes et Dufay (constantes de rotation de Sponer). En général, l'écart des valeurs mesurées et calculées n'excède pas quelques angströms. Certaines raies sont masquées par des bandes H_2O et par le doublet du potassium; il en est ainsi, par exemple, pour les composantes P_5 et P_6 de la bande (4,0). Le dédoublement des autres composantes P de cette bande apparaît nettement sur les clichés. Dans la séquence $v' - v'' = 4$, l'intensité des bandes croît de (4,0) à (8,4) et, dans la séquence $v' - v'' = 5$, de (8,3) à (10,5), mais les bandes de cette dernière séquence sont nettement plus faibles que les précédentes. La distribution des intensités est donc comparable à celle de Meinel, en dehors des bandes $v' > 9$ qui n'ont pas été décelées dans le spectre du ciel nocturne. Une analyse plus poussée, effectuée à l'aide d'un réseau et étendue à la région des longueurs d'onde supérieures à 9 500 Å, est actuellement en cours.

EFFET RAMAN. — *Soectre de Raman et structure de l'acide tartrique droit.* Note de Mlle **Annette Weil** et M. **Jean-Paul Mathieu**, présentée par M. Jean Cabannes.

La détermination de l'intensité des raies Raman pour diverses orientations du cristal permet de confirmer et de préciser la structure proposée par Beevers et Stern [1].

Les cristaux d'acide tartrique actif appartiennent au groupe $C_2^2(P2_1)$. Beevers et Stern ont déterminé les coordonnées des atomes de carbone et d'oxygène dans la maille cristalline; celle-ci contient deux molécules dépourvues d'élément de symétrie et qu'un axe binaire fait correspondre entre elles.

Le couplage des vibrations des deux molécules soit en phase, soit en opposition, doit dédoubler dans le cristal chacune des fréquences moléculaires qui sont toutes actives en diffusion et en absorption, en une raie de type A, symétrique par rapport à l'axe binaire, et une raie de type B antisymétrique par rapport à cet axe.

---

[1] *Nature*, 162, 1948, p. 854.

Le tableau suivant donne la fréquence $\Delta\nu$ en cm^{-1} et le type des raies observées :

$\Delta\nu$.....	38	62	80	87	102	124	148	151	170	180	202	227	264	274
Type.	A	B	A	B	B	B	A	B	B	A	A	A	B	A

$\Delta\nu$.....	293	335	380	487	507	519	534	598	609	663–686	736	740
Type.	B	A	A	A	B	B	A	A	B	A + B	B	A

$\Delta\nu$.....	831	881	898	994	1039	1093	1129	1135–1142	1186	1215
Type.	B	A	A + B	A	B	A + B	A	B	A	A

$\Delta\nu$.....	1226–1235	1257	1266	1308	1358	1365	1427	1452	1687	1695
Type.	B	B	A	A	B	A	A	A	B	A

$\Delta\nu$.....	1737	1745–1753	1754	2934	2968	3159	3333	3407
Type.	A	B	?	A + B	A + B	A	A	A + (B ?)

A une seule raie observée en solution correspond fréquemment un doublet de raies A et B dont la séparation en nombre d'ondes, parfois inappréciable, peut atteindre 10 cm^{-1}.

Signalons que certaines raies du spectre (663-686, 1135-1142, 1226-1235, 1745-1753) présentent des variations de fréquence selon l'orientation du cristal, comme on a déjà pu le constater dans les spectres d'autres cristaux piézoélectriques ([2]).

Le nombre total des oscillations externes de translation et de rotation doit être égal à $9(4A + 5B)$. Le spectre de l'acide tartrique en solution commençant à 250 cm^{-1}, on peut penser que les 11 ou 12 fréquences plus basses comprennent, en plus des vibrations externes, des oscillations de torsion de la molécule qui ne se manifestent pas à l'état libre.

La mesure des intensités dans diverses orientations du cristal nous a permis de déterminer, outre le type des raies, l'ordre de grandeur relatif des coefficients ε du tenseur de polarisabilité dérivé rapporté aux axes principaux du cristal OX, OY, OZ. Nous donnons ces valeurs pour quelques raies caractéristiques de certains radicaux biatomiques :

C = O	1 687 (B)	$\varepsilon_{YZ} > \varepsilon_{XY}$ (très petits),
	1 695 (A)	$\varepsilon_{XX} > \varepsilon_{ZZ} \gg \varepsilon_{YY} > \varepsilon_{ZX}$; $\varepsilon_{ZX} \neq 0$,
	1 737 (A)	ε_{YY} seul grand,
	1 745 (B)	$\varepsilon_{XY} > \varepsilon_{YZ}$;
C — H	2 934 (A + B)	$\varepsilon_{YY} \gg \varepsilon_{XX} > \varepsilon_{ZZ} > \varepsilon_{ZX}$,
	2 968 (A + B)	$\varepsilon_{ZZ} > \varepsilon_{XX} > \varepsilon_{YY} > \varepsilon_{ZX}$;
O — H	3 159 (A)	ε_{ZZ} seul grand,
	3 333 (A)	$\varepsilon_{YY} > \varepsilon_{ZX}$; $\varepsilon_{ZZ} > \varepsilon_{XX} > \varepsilon_{ZX}$,
	3 407 (A + B?)	$\varepsilon_{XX} > \varepsilon_{ZZ} > \varepsilon_{ZX}$; $\varepsilon_{ZX} \neq 0$; $\varepsilon_{YY} \simeq 0$;

([2]) L. Coutúre-Mathieu et J.-P. Mathieu, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 839.

Utilisant ces résultats, nous avons cherché à préciser la structure de l'acide tartrique par la méthode suivante ([3]) : supposons que l'on puisse attribuer à chacun des radicaux précédents un tenseur de polarisabilité dérivé, dont le coefficient ε_{WW} dirigé suivant la direction de la liaison entre les deux atomes a une valeur beaucoup plus grande que celle des coefficients ε_{UU} et ε_{VV} relatifs aux directions perpendiculaires. Les coordonnées de Beevers et Stern permettent de calculer l'orientation de ces liaisons dans les axes OX, OY, OZ, de rapporter à ces axes le tenseur donné dans le trièdre OUVW et de comparer l'ordre de grandeur relatif de ces coefficients à ceux que fournit l'expérience et qui sont donnés plus haut. On trouve ainsi que les deux groupes carboxyles $C=O$ sont, avec les notations de Beevers et Stern, $C_{(3)}O_{(5)}$ et $C_{(8)}O_{(10)}$ et qu'au premier se rapporte le doublet 1687-1695 cm^{-1}, au second le doublet 1737-1745 cm^{-1}. Il en résulte que les atomes $O_{(4)}$ et $O_{(9)}$ des radicaux acides portent des atomes d'hydrogène.

Nous avons pu préciser, de même, la position des atomes d'hydrogène portés par les atomes de carbone médians en partant du fait suivant : les valences d'un atome de carbone sont dirigées vers les sommets d'un tétraèdre à peu près régulier. Connaissant les coordonnées de trois des atomes auxquels sont liés les atomes de carbone $C_{(2)}$ et $C_{(6)}$, il est possible de calculer la direction des liaisons $C_{(2)}-H$ et $C_{(6)}-H$. La méthode exposée précédemment fournit deux tenseurs compatibles avec l'expérience (ce qui constitue une vérification indirecte des données de Beevers et Stern) et montre que la fréquence 2934 cm^{-1} doit être attribuée à la vibration de valence du groupe $C_{(2)}-H$, la raie 2968 cm^{-1} à celle du groupe $C_{(6)}-H$.

La comparaison du spectre de Raman de l'acide tartrique et de ceux des tartrates ([4]), ([5]) nous a conduits à distinguer deux domaines de fréquences pour les vibrations de valence des groupements OH : les vibrations OH d'une fonction alcool ont une fréquence supérieure à celles du groupement OH d'une fonction acide.

PHYSIQUE MACROMOLÉCULAIRE. — *Contribution expérimentale à l'étude de la diffusion de la lumière par des solutions contenant des particules très allongées.* Note de M. **Paul Horn**, présentée par M. Jean Cabannes.

On vérifie expérimentalement sur des solutions de virus de la mosaïque du tabac les lois de la diffusion de la lumière par des bâtonnets anisotropes, lois établies théoriquement dans une publication précédente, et qui sont sensiblement différentes de celles qui sont énoncées par Debye.

([3]) L. Couture-Mathieu et L. Bardet, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 931.

([4]) V.-M. Padmanabhan, *Proc. Ind. Acad. Sc.*, A, **31**, 1950, p. 98.

([5]) R. Marignan et E. Canals, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 506; R. Marignan, *Thèse*, Paris, 1947, p. 22.

Introduction. — Dans une publication récente ([1]) nous avons étudié théoriquement les lois de la diffusion de la lumière par une suspension de bâtonnets anisotropes dont la grande dimension est comparable à la longueur d'onde de la lumière utilisée et dont l'indice moyen est voisin de celui du solvant. Avec ce modèle nous avons pu calculer en fonction de la longueur L des bâtonnets et d'un facteur d'anisotropie δ la répartition angulaire et les valeurs relatives des trois composantes V_v, H_v et H_h du vecteur lumineux diffusé. On trouve ainsi des résultats nettement différents de ceux obtenus par la théorie classique de Debye, dans laquelle on suppose que la particule est isotrope.

Afin de vérifier nos résultats théoriques nous avons utilisé une suspension de virus de la mosaïque du tabac ([2]), dont les particules sont, on le sait, des bâtonnets rigides dont les dimensions peuvent être déterminées par microscopie électronique.

Les solutions ont été étudiées à une concentration de 1 mg par 100 cm^3 afin d'éviter les effets des interactions et nous avons utilisé comme solvant un tampon aqueux CO_3NaH 0,1 M. Les trois composantes H_v, V_v et H_h pour différentes valeurs de l'angle θ entre le faisceau incident et le faisceau diffusé comprises entre 40 et 140° ont été mesurées à l'aide d'un appareil analogue à celui décrit par Zimm ([3]). Avant chaque expérience les solutions étaient centrifugées pendant une heure dans un champ d'accélération de 20 000 g de façon à ce qu'elles soient optiquement propres.

Résultats. — La méthode que nous avions préconisée ([1]) à savoir : détermination de la longueur des bâtonnets par l'étude de la répartition angulaire de H_v puis calcul de δ grâce à la connaissance des autres composantes s'applique difficilement ici car la faible intensité de la composante H_v ne permet pas une détermination précise. Nous avons opéré de la manière suivante :

1° Les valeurs des deux composantes V_v et H_v varient peu avec θ et peuvent être facilement extrapolées pour $\theta = 0$. Dans ce cas le rapport $V_v/H_v = (15 + 12\delta^2)/9\delta^2$ ne dépend pas de la longueur du bâtonnet et nous fournit directement la valeur de δ^2. On trouve ainsi $\delta^2 = 0{,}092$ d'où $\delta = +0{,}3$, le signe + étant déduit des expériences de biréfringence d'écoulement sur les solutions.

2° δ étant ainsi déterminé, on peut calculer l'expression théorique $V_v = f(\theta, L/\lambda)$ puis tracer les courbes $V_v = g(\theta)$ pour différentes valeurs de L/λ.

On trouve que les valeurs expérimentales se placent sur la courbe théorique correspondant à $L/\lambda = 0{,}7$ (*fig.* 1) avec des écarts compatibles avec les erreurs expérimentales.

([1]) P. Horn, H. Benoit et G. Oster, *J. Chim. Phys.*, 48, 1951, p. 1.

([2]) Cette solution nous a été fournie par le Professeur G. Schramm de l'Institut Max-Planck de Tübingen.

([3]) *J. Chem. Phys.*, 16, 1948, p. 1099.

On en déduit L = 2300 Å ± 200 Å.

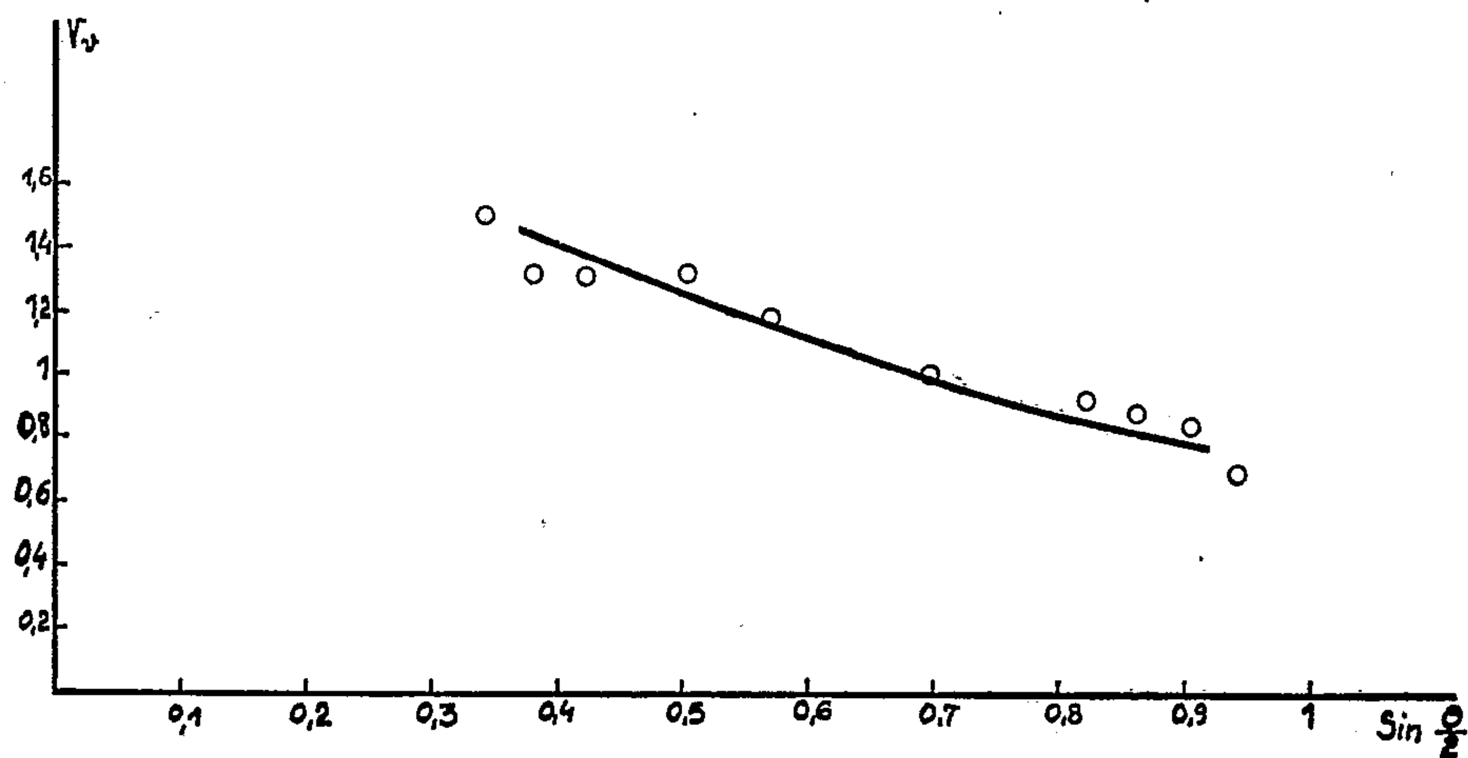


Fig. 1. — Valeurs expérimentales de la fonction V_ν en fonction de sin(θ/2) comparées à la courbe théorique pour L/λ = 0,7 et δ = + 0,3.

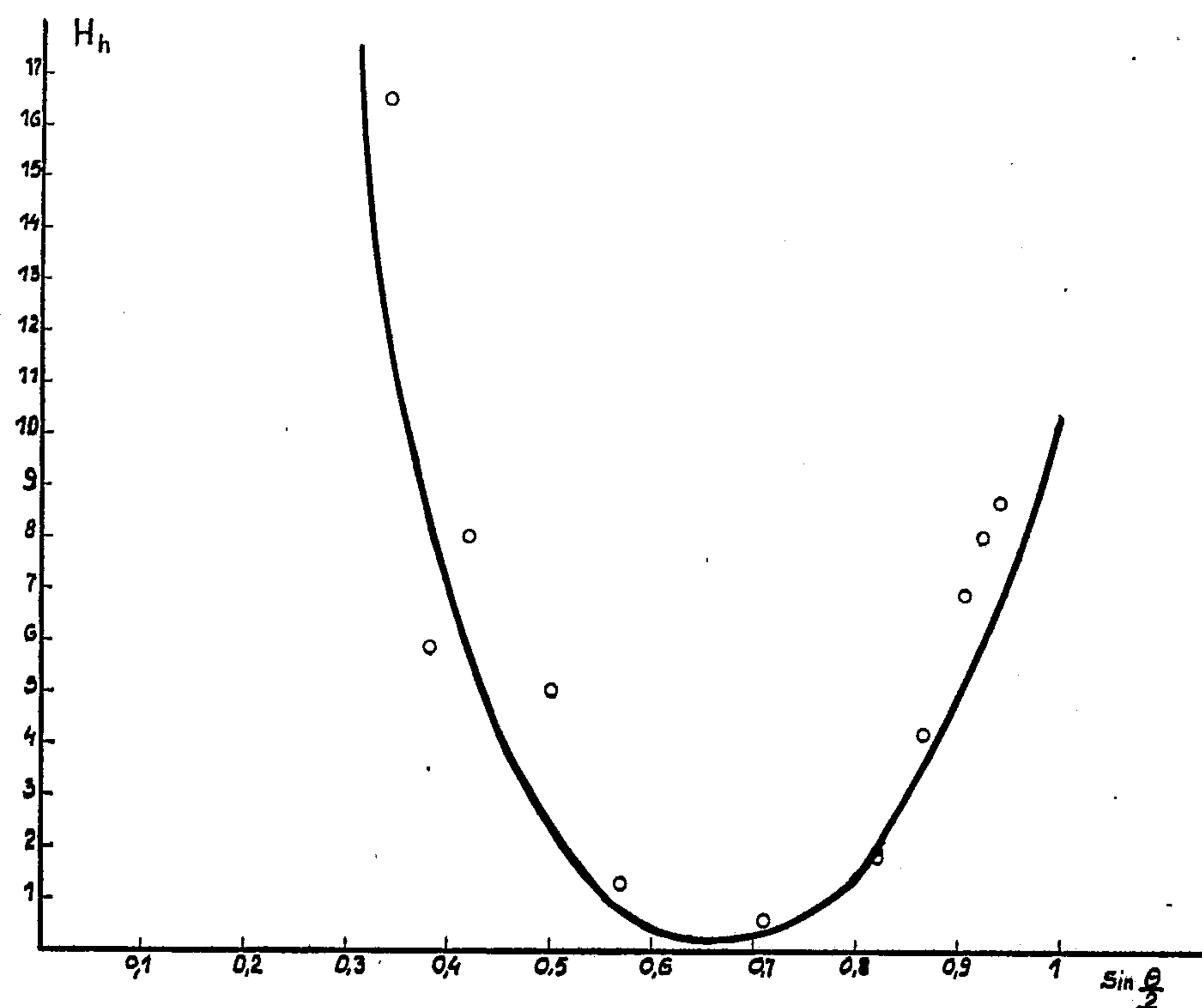


Fig. 2. — Valeurs expérimentales de la fonction H_h en fonction de sin(θ/2) comparées à la courbe théorique pour L/λ = 0,7 et δ = + 0,3.

Cette valeur représente la moyenne en nombre des longueurs des différents bâtonnets contenus dans la solution.

L'étude au microscope électronique ([4]) permet aussi de déterminer cette valeur moyenne et donne $L = 2150$ Å ± 200 Å.

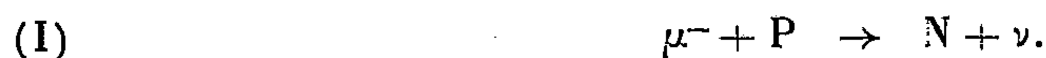
3° On porte dans l'expression théorique de H_h les valeurs trouvées ci-dessus, ce qui permet de tracer la courbe $H_h = f(\theta)$ (*fig.* 2). On voit que les points expérimentaux se placent sur cette courbe aux erreurs d'expérience près.

L'ensemble des résultats que nous venons d'exposer constitue une vérification satisfaisante de la théorie proposée.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Capture des mésons μ négatifs dans le cuivre et dans l'étain.* Note (*) de MM. **André Lagarrigue** et **Charles Peyrou**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

Etude dans une chambre de Wilson avec champ magnétique de la probabilité d'émission d'électrons par des mésons μ négatifs arrêtés dans des écrans de cuivre et d'étain. On en déduit que d'éventuelles réactions de capture avec émission d'électrons sont très rares ou interdites.

L'étude de la capture des mésons μ négatifs dans les noyaux lourds a permis de conclure que la plus grande partie de l'énergie de masse du méson μ était emportée par une particule légère. Par analogie avec la capture K, cette particule est supposée être un neutrino et la réaction est décrite par le schéma



$$\text{(I)} \qquad \mu^- + P \rightarrow N + \nu.$$

Nous avons étudié la capture des mésons μ négatifs dans le cuivre et l'étain pour voir si, à côté de la réaction (I), pouvaient se produire les réactions suivantes :



$$\text{(II)} \qquad \begin{cases} \mu^- + P \rightarrow P + e^-, \\ \mu^- + N \rightarrow N + e^-. \end{cases}$$

Les réactions (II) sont analogues à la réaction (I). Les réactions (II) ne sont pas impossibles *a priori*, mais leur existence n'est pas entraînée obligatoirement par la réaction (I).

Le dispositif expérimental utilisé pour l'étude du spectre de l'électron de désintégration du méson μ ([1]) a été utilisé pour ce travail. Ce dispositif comprend une chambre de Wilson dans un champ magnétique, commandée par une coïncidence triple avec anticoïncidence au-dessous de la chambre. Des écrans de cuivre et d'étain permettent d'arrêter des mésons μ des deux signes.

([4]) Résultats non publiés obtenus par J.-B. Donnet.

(*) Séance du 21 avril 1952.

([1]) A. Lagarrigue et C. Peyrou, *Phys. Rad.*, 12, 1951, p. 848; *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 478.

Soient N^+ et N^- les nombres de mésons μ de chaque signe arrêtés et n^+ et n^- les nombres de mésons émettant un électron visible.

La proportion N_e/N du nombre de mésons négatifs émettant un électron est égale à

$$\frac{N_e}{N} = \frac{n^-}{N^-}\,\frac{N^+}{n^+},$$

9 000 photos ont été prises et conduisent aux résultats suivants :

Cuivre :	$N^+ = 140$,	$n^+ = 79$,	$N^- = 112$,	$n^- = 6$;
Étain :	$N^+ = 83$,	$n^+ = 53$,	$N^- = 69$,	$n^- = 3$.

D'où

$$\left(\frac{N_e}{N}\right)_{Cu} = 0{,}095 \pm 0{,}042, \qquad \left(\frac{N_e}{N}\right)_{Sn} = 0{,}068 \pm 0{,}040.$$

Soit λ_ν la probabilité de capture suivant la réaction (I). Soit λ_e la probabilité de capture suivant les réactions (II). On démontre facilement que :

$$\frac{\lambda_e}{\lambda_e + \lambda_\nu} = \frac{\frac{N_e}{N}\tau^+ - \tau^-}{\tau^+ - \tau^-},$$

τ^+ est la vie moyenne du méson μ positif et τ^- est la vie moyenne apparente du méson μ négatif à l'arrêt dans l'élément considéré. τ^- a été mesuré par Harrisson et al. ([2]) dans le cuivre et l'antimoine :

$$\tau^-_{Cu} = 1{,}22.10^{-7} \pm 0{,}14\ \text{s}, \qquad \tau^-_{Sb} = 0{,}5.10^{-7} \pm 0{,}06\ \text{s}.$$

Assimilant l'antimoine ($Z = 51$) à l'étain ($Z = 50$) nous trouvons :

$$\text{Cuivre : } \frac{\lambda_e}{\lambda_e + \lambda_\nu} = 4\,\% \pm 5\,\%; \qquad \text{Étain : } \frac{\lambda_e}{\lambda_e + \lambda_\nu} = 4{,}3\,\% \pm 4\,\%.$$

Ces résultats montrent que les réactions (II) sont interdites ou très improbables devant les réactions (I).

Plusieurs physiciens ont groupé les trois réactions suivantes dans le triangle A (*fig.* 1) :

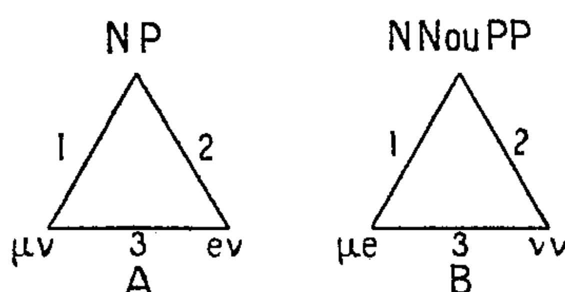
Radioactivité β.........................	$N \rightarrow P + e^- + \nu$
Désintégration du méson μ...............	$\mu^\pm \rightarrow \nu + e^\pm + \nu$
Capture du méson μ négatif.............	$\mu^- + P \rightarrow N + \nu$

Si les réactions (II) sont possibles, on peut envisager un triangle de réaction B analogue au triangle A (*fig.* 1).

Le premier côté du triangle B représente les réactions (II). Le deuxième

([2]) F. B. Harrisson, J. W. Keuffel et G. T. Reynolds, *Phys. Rev.*, 83, 1951, p. 680.

côté représente des interactions protons-protons ou neutrons-neutrons avec émission d'une paire de neutrinos indécelables par l'expérience. Le troisième côté représente la désintégration du méson μ avec des couples de particules différents de ceux du triangle A.



Les réactions (II) étant interdites ou beaucoup plus rares que les réactions (I), on peut penser que dans la désintégration du méson μ, une interaction éventuelle entre les couples μe et νν est faible ou nulle devant l'interaction entre les couples μν et eν.

RAYONS COSMIQUES. — *Sur la répartition angulaire et la dissymétrie Est-Ouest de l'intensité du rayonnement cosmique, déterminées au moyen des émulsions nucléaires.* Note (*) de MM. **Max Morand** et **Tsai-Chü**, présentée par M. Eugène Darmois.

Étude de l'intensité et de la dissymétrie des traces au minimum d'ionisation, dans une plaque Ilford G_5, exposée à Tamanrasset; résultats en bon accord avec ceux des compteurs.

1. La répartition de l'intensité du rayonnement cosmique dans l'atmosphère a déjà été étudiée à l'aide de télescopes de compteurs ([1]), ([2]). Coates et Herz ([3]) ont plus récemment comparé les résultats des compteurs avec ceux des émulsions sensibles. Nous avons exposé des plaques Ilford G_5, 400 μ, enfermées dans une boîte en aluminium mince, à Tamanrasset (1400 m, 25°30′ N de latitude géomagnétique), pendant 53 jours, plan de la plaque vertical, émulsion face Nord. Le dépouillement de toutes les traces traversant chaque champ a été fait en mesurant les angles définissant leur orientation dans l'espace et en comptant le nombre de grains pour une longueur de 100 μ. Les traces d'une longueur inférieure à 100 μ, ou trop courbées, ont été éliminées.

2. Soixante champs de microscope, situés uniformément dans une bande

(*) Séance du 28 avril 1952.

([1]) A. Fréon, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 273.

([2]) A. Fréon et Tsaï-Chü, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 753.

([3]) *Phil. Mag.*, 40, 1949, p. 1088.

de plaque, ont été dépouillés complètement, ce qui a fourni 3273 traces au minimum d'ionisation. La majorité des traces a 27 grains par 100 μ. Environ 2 % des traces a une granulation supérieure à deux fois le minimum d'ionisation. Soit α l'angle entre la verticale et la projection d'une trace sur le plan de la plaque et β l'angle entre la trace et sa projection. La répartition des traces en fonction de α peut se représenter par la relation $I = I_0 \cos^\lambda \alpha$, avec $\gamma = 1,95 \pm 0,1$ (*fig.* 1). Pour les traces correspondant à $\alpha < 15°$, une semblable relation est valable en fonction de β, mais avec $\lambda = 6,26 \pm 0,3$. Beaucoup de traces échappent donc au dépouillement, dans la plaque examinée, quand β dépasse 30° (*fig.* 2). Des points aberrants pour les grands angles (α, $\beta > 70°$) existent toujours dans les mesures avec les compteurs ([2]) ou les plaques ([4]) pour les mésons lents; cela provient soit de la diffusion ([4]) des particules, soit d'une production locale isotrope de mésons ([4]) et d'électrons de désintégration, soit de branches d'étoiles.

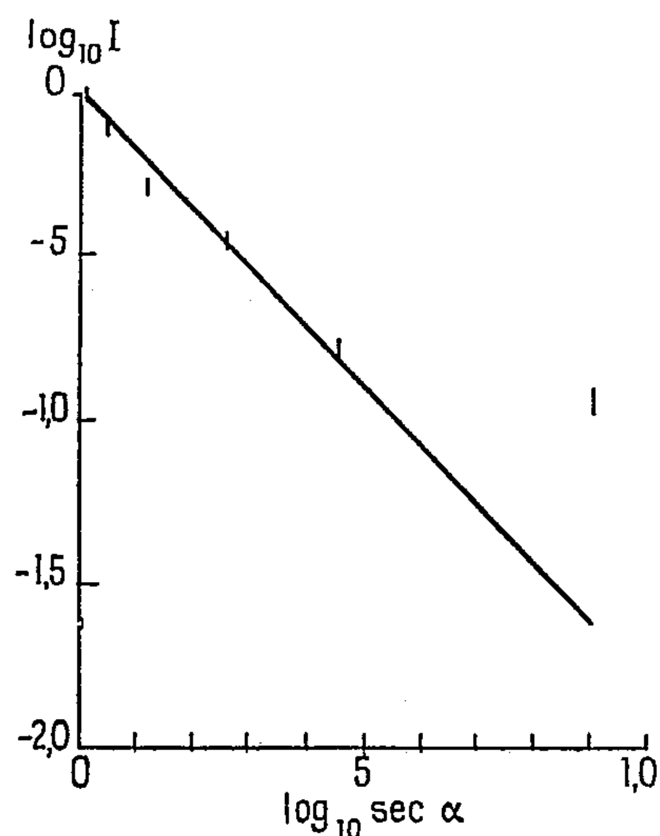


Fig. 1.

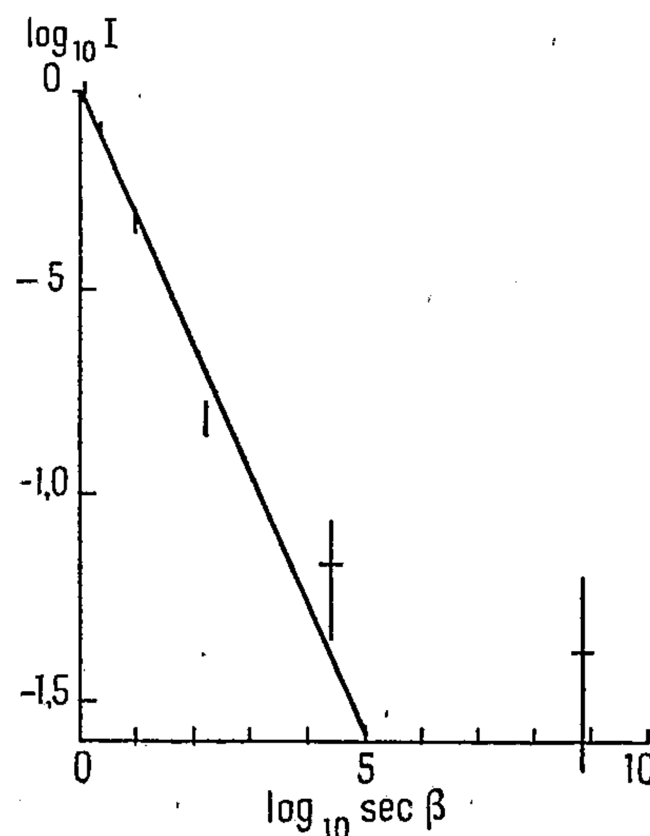


Fig. 2.

3. On ne peut pas appliquer immédiatement à nos observations la méthode habituelle (compteurs) pour calculer l'intensité du rayonnement cosmique en direction (j) ou l'intensité totale ($\mathcal{J}$). Mais en supposant des répartitions pratiquement identiques pour α et $\beta < 15°$, et en calculant la répartition pour $\beta > 15°$, nous obtenons

$$n = t\,A \int_0^{15°} j(0) \cos^2\alpha \,.\, 2\pi \sin\alpha \, d\alpha, \qquad \mathcal{J} = \int_0^{\frac{\pi}{2}} j(0) \cos^\lambda\alpha \,.\, 2\pi \sin\alpha \, d\alpha,$$

où $n = 10,4 \pm 0,4$ est le nombre de particules pour α, $\beta < 15°$, t la durée

([4]) E. P. George dans *Progress in Cosmic Ray Physics*, 1952, p. 432 et 433.

d'exposition, $A = 7,2.10^{-4}$ cm². Pour calculer l'intensité au niveau de la mer et à une latitude supérieure à 45°, il faut augmenter $\mathcal{I}$ de 9 % pour corriger l'effet de latitude (5) et le multiplier par 0,69 pour tenir compte de l'altitude (6). On obtient ainsi $\mathcal{I} = 0,0243 \pm 0,0009$ par centimètre carré et par seconde, en bon accord avec la valeur de Greisen (6). La dissymétrie Est-Ouest a la valeur $0,105 \pm 0,035$, si on la calcule à partir du nombre total des traces; en prenant sa valeur moyenne pour l'ensemble des champs, on trouve à peu près le même résultat. Le maximum de dissymétrie se situe entre 60 et 75°.

RÉSONANCE NUCLÉAIRE. — *Mesure en résonance nucléaire de l'effet de l'allongement du caoutchouc sur son temps de relaxation* T_2. Note (*) de MM. **Armand Cohen-Hadria** et **Robert Gabillard**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'étude expérimentale des variations du temps de relaxation T_2 du caoutchouc en fonction de la température et de l'influence sur celles-ci d'un allongement de l'échantillon a mis en évidence une diminution proportionnelle à l'allongement de la pente $\Delta T_2/\Delta\theta$ de la courbe $T_2 = f(\theta)$ dans sa région comprise entre $\theta = -15°$ et $\theta = +5°$ C.

Dispositif expérimental. — Nous avons utilisé un caoutchouc naturel vulcanisé dans des conditions connues (1). Le dispositif expérimental utilisé est accordé sur la résonance du proton. Il a été décrit par ailleurs (2). L'échantillon de forme allongée peut être étiré au moyen de deux mâchoires qui le saisissent de part et d'autre de la bobine du circuit oscillant, et il peut être refroidi par une circulation d'air liquide. Le T_2 de l'échantillon est mesuré au moyen de techniques classiques (utilisation de la largeur de raie à basse température) ou récemment décrites (mesure de l'amplitude, de la constante de temps de la décroissance exponentielle du signal au-dessus de $\theta \cong -15°$ C) (3).

La température est mesurée par un couple thermoélectrique.

Nous avons tracé les courbes $T_2 = f(\theta)$ pour plusieurs valeurs de l'allongement relatif imposé au caoutchouc (*fig.* 1).

L'échantillon utilisé pour le tracé de chacune de ces courbes possède une forme déterminée de façon que sa section une fois la traction appliquée soit toujours la même. Cette précaution permet de maintenir constante l'importance

(5) T. H. Johnson, *Rev. Mod. Phys.*, 10, 1938, p. 229, 225.

(6) B. Rossi, *Rev., Mod. Phys,*, 20, 1948, p. 540.

(*) Séance du 28 avril 1952.

(1) Les échantillons nous ont été fournis par l'Institut français du caoutchouc.

(2) R. Gabillard, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 324.

(3) R. Gabillard, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1477 et *Thèse*, 1952.

de l'inhomogénéité statique du champ magnétique dans toute l'étendue des mesures.

Résultats expérimentaux. — Les courbes $T_2 = f(\theta)$ obtenues (*fig.* 1) présentent un aspect caractéristique de transition déjà signalé ([4]).

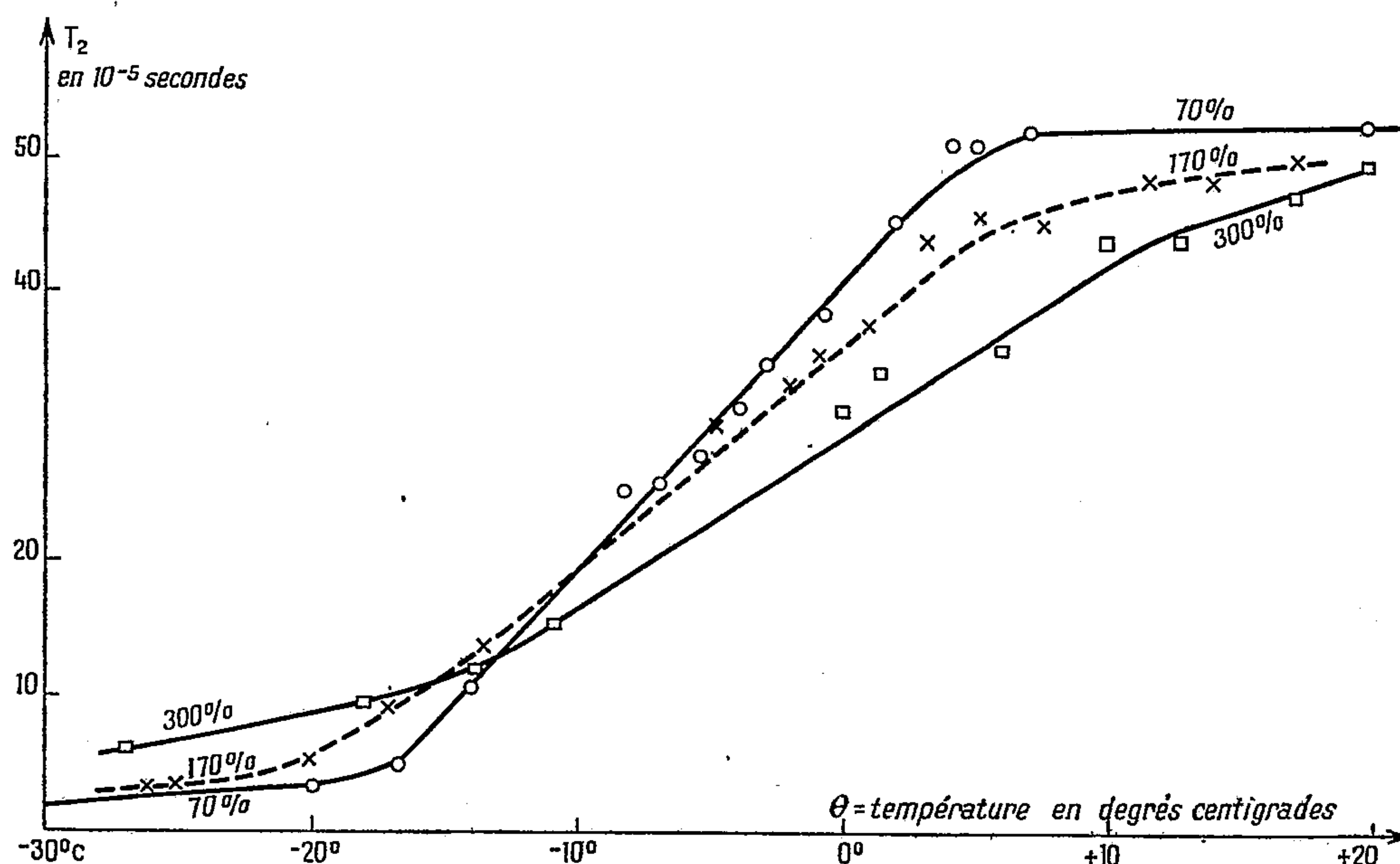


Fig. 1. — Temps de relaxation du caoutchouc C_3A en fonction de la température $T_2 = f(\theta^0 c)$ pour différents allongements relatifs ($\Delta l/l = 70$, 170 et 300 %).

A la température du laboratoire le T_2 du caoutchouc utilisé est voisin de 5.10^{-4} s, valeur inférieure à la limite imposée par l'inhomogénéité du champ magnétique $T_2^* = 8,5.10^{-4}$ s. Lorsque la température décroît, le T_2 diminue rapidement jusqu'à $T_2 \cong 5.10^{-5}$ s d'une manière à peu près linéaire dans un intervalle de température compris entre — 5° et — 15° C. Au delà de cette zone de transition, il ne diminue que très lentement jusqu'à la température de l'air liquide au delà de laquelle nous n'avons pas poussé les mesures $T_{2\,\text{air liquide}} = 2.10^{-5}$ s.

Trois de ces courbes représentées figure 1 correspondent respectivement à des allongements relatifs $\Delta l/l = 70$ %, 170 %, 300 %. Deux phénomènes apparaissent :

1° A la température du laboratoire, le T_2 diminue légèrement avec l'allongement.

2° La pente de la région de transition diminue linéairement en fonction de l'allongement (*fig.* 2).

([4]) Holroyd, Codrington, Mrowca et Guth, *J. appl. Phys.*, 22, n° 6, 1951.

Nous avons envisagé pour interpréter ces résultats l'influence d'une modification des importances relatives des interactions spin-spin intramoléculaires et des interactions spin-spin entre chaînes voisines. Nous préciserons cette

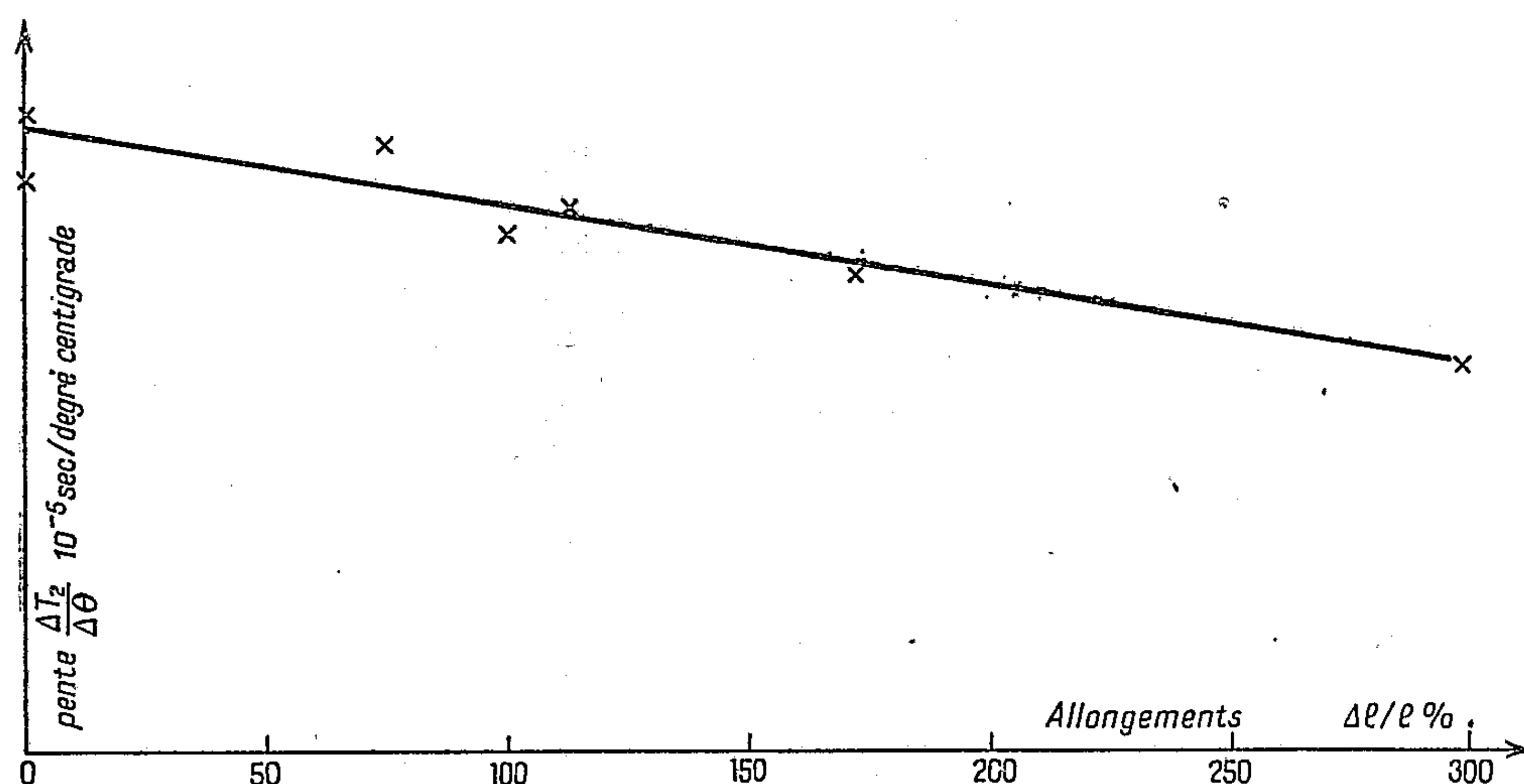


Fig. 2. — Variation de la pente $\Delta T_2/\Delta\theta$ en fonction de l'allongement $\Delta l/l$ % (dans la région de transition du caoutchouc).

théorie dans une Note ultérieure. Toutefois nous jugeons utile de rapprocher ces résultats de ceux obtenus en gonflant du caoutchouc crêpe naturel dans du tétrachlorure de carbone. Le gonflement produit un accroissement de T_2 :

$$T_2 \text{ (crêpe)} = 6.10^{-4} \text{ s},$$
$$T_2 \text{ (crêpe gonflé à 25 \%)} = 8.10^{-4} \text{ s} \cong T_2^*.$$

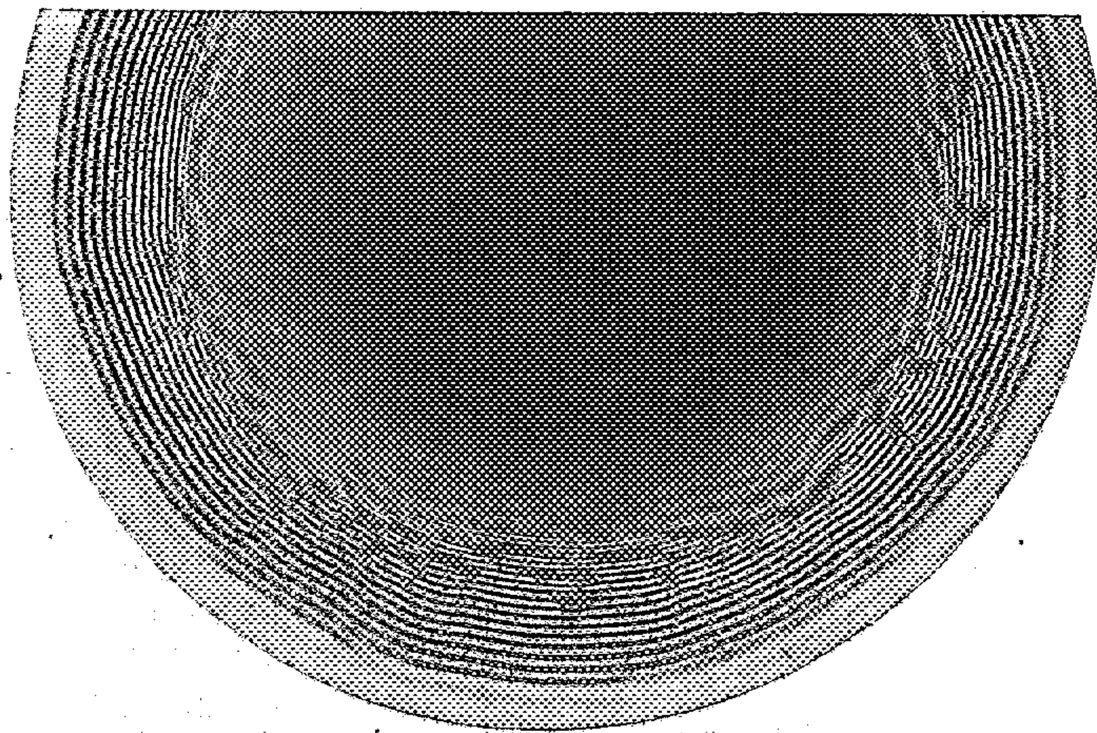
CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur des anneaux composés de Liesegang.* Note de Mlle SUZANNE VEIL, présentée par M. Charles Mauguin.

Anneaux composés de Liesegang, obtenus dans la gélatine par précipitation simultanée de chromate et de bichromate de potassium au moyen de nitrate d'argent

Une précédente étude comparée (1) a établi une distinction entre les anneaux de Liesegang classiques et ceux obtenus dans des conditions similaires, mais avec substitution, dans la gélatine, du chromate au bichromate de potassium. Le point de vue a été confirmé par le présent travail, qui a montré que les rythmicités des deux sortes sont composables, avec production d'une rythmicité résultante.

(1) *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 611.

Les expériences ont consisté à suivre, par essais successifs, la répercussion, sur les anneaux, d'une addition progressive de chromate au bichromate de potassium de la technique usuelle. A partir d'un moment donné, des déformations d'anneaux, de place en place, avec moirages de l'ensemble, avertissent de la compétition d'une seconde rythmicité avec la première.



Anneaux composés de Liesegang.

A l'optimum, les moirages se transforment en un système d'anneaux composés, tels que ceux de la préparation reproduite sur la figure. La seconde rythmicité ne s'est pas manifestée directement à l'observation : échec interprétable par une mise en œuvre d'anneaux de stabilité insuffisante, bousculés dans leur édification par les anneaux plus robustes de l'autre système.

Les anneaux composés relativement épais et diffus se superposent au système primaire, apparemment régis par la loi générale de distribution des précipitations rythmiques. A la périphérie, leur front d'avance se trouve dépassé par quelques anneaux primaires, ceux-là visiblement respectés par la formation concurrente.

Ce ne serait donc pas collectivement que réagiraient au nitrate d'argent, dans leurs solutions-mélanges, le chromate et le bichromate de potassium. Les chromates d'argent des deux origines coexistent dans le précipité global, en milieu aqueux. En couche de gélatine, cependant, ils sont séparables dans des rythmicités distinctes, en restant ultérieurement susceptibles de se rassembler dans une rythmicité résultante.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur les phénomènes d'ionisation qui accompagnent la rupture de surfaces liquides.* Note (*) de M[lle] **Paulette Pannetier**, présentée par M. Eugène Darmois.

Des expériences plus ou moins anciennes ont montré que la pulvérisation de liquides est accompagnée d'une émission de particules chargées électriquement. L'interprétation de ce phénomène se déduit de la théorie générale émise par E. Darmois concernant la triboélectricité ([1]). Dans le cas particulier de ruptures de surfaces de liquides électrolytiques, il est intéressant de connaître le comportement des ions du liquide.

Un grand nombre de résultats donnés dans la bibliographie ont été obtenus par *la méthode des courants gazeux* qui consiste à entraîner les particules par un courant de gaz dans un condensateur de mesure. Une des raisons de l'emploi de cette méthode réside dans le caractère turbulent des barbotages gazeux utilisés qui rend difficile l'étude des particules à l'endroit même où elles sont émises. Ce n'est que dans le cas du dégagement d'un gaz préparé par voie chimique dans la solution elle-même que L. Bloch ([2]) a pu utiliser *la méthode statique*, où il n'y a pas de courant d'entraînement et où l'on effectue la mesure dans la chambre d'ionisation même.

Nous avons adopté la méthode statique, car nous avons réussi à étendre son application au barbotage par voie non chimique grâce à l'obtention d'un dégagement gazeux lent et très fin (ce qui évite les projections importantes). Nous y sommes parvenue en utilisant des membranes de céramique peu perméables, à travers lesquelles nous envoyons le gaz sous une pression convenablement réglée. Cette membrane constitue le fond d'un récipient en verre qui contient le liquide à étudier et qui est disposé dans une chambre d'ionisation. L'électrode inférieure est constituée par le liquide à la surface duquel viennent crever les bulles de gaz; l'électrode supérieure, collectrice, est un plateau horizontal entouré d'un anneau de garde et relié à un électromètre à quadrants. Les particules produites à la surface du liquide se déplacent dans le champ électrique établi entre les deux électrodes. Quand l'électrode supérieure est négative par rapport à cette surface, elle recueille les charges positives, on observe un courant dit « positif »; quand elle est positive, elle recueille les charges négatives (courant « négatif »).

L'allure des courbes courant-tension renseigne sur la mobilité et les caractéristiques des particules chargées. L. Bloch avait trouvé que ces

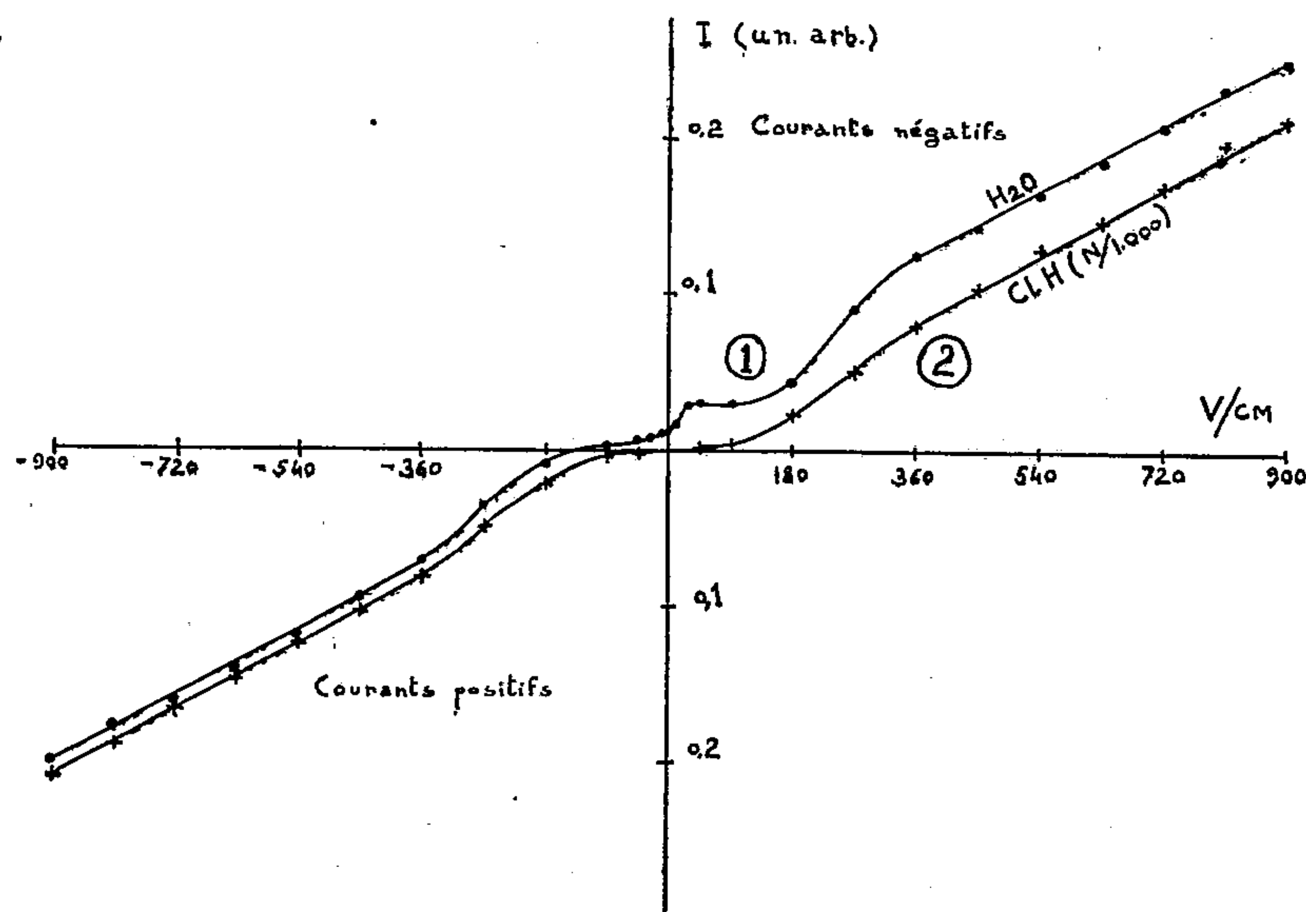
---

(*) Séance du 28 avril 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 882.

([2]) *Ann. Chim. Phys.*, 22, 1911, p. 370.

courbes présentent une saturation, dans la méthode des courants gazeux appliquée à différents liquides (H_2O, ClH, etc.), et qu'elles n'en présentent pas dans la méthode statique appliquée au cas du barbotage de l'hydrogène obtenu par voie chimique dans une solution de ClH. Il interprète cette différence des résultats obtenus par les deux méthodes par l'hypothèse, dans le cas de la méthode statique, d'une émission de centres neutres qui se chargeraient par voie électrostatique. Nous montrons par notre méthode statique sans dégagement chimique que les courbes ne présentent pas de saturation pour divers liquides, mais nous proposons de baser l'interprétation de ces résultats sur l'hypothèse d'un enrichissement de la couche superficielle en ions du signe correspondant au champ appliqué; en conséquence, la rupture doit donner lieu à une émission de charges qui croissent avec le champ.



La courbe 1 est relative au barbotage de l'air dans de l'eau bidistillée (ordonnées proportionnelles à l'inverse du temps mis par l'électromètre pour dévier de 20 mm). Elle ne présente pas de saturation dans les limites de champ étudiées. On voit que pour un champ nul les charges négatives prédominent et qu'il faut appliquer au plateau un potentiel retardateur (négatif) d'une centaine de volts pour annuler leur courant. Pour les champs positifs faibles, on trouve un léger palier qui se transforme en une courbe ascendante tendant vers une droite.

Pour les champs négatifs, les courants positifs observés sont plus faibles que les courants négatifs correspondants, mais la courbe tend également vers une droite de même pente que pour les courants négatifs.

La courbe 2 se rapporte à une solution de ClH (N/1000). On voit qu'elle

est remarquablement symétrique, qu'elle passe par l'origine et qu'elle présente la même pente que celle relative à l'eau.

Toutes ces courbes sont très reproductibles.

L'interprétation de ces résultats est en cours, mais nous remarquerons dès maintenant l'influence de l'addition à l'eau d'un électrolyte sur le phénomène étudié.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur une méthode d'étude des conductibilités ioniques de certains sels, à la température ordinaire*. Note de MM. Marcel Perrot et Abdelhak Sator, présentée par M. Eugène Darmois.

La méthode décrite appliquée à Cl_2Pb permet l'étude de la conductibilité de ce sel à la température ordinaire et sous le vide. Cette conductibilité tend après une courte évolution vers une limite; elle est ionique : les deux ions Cl^- et Pb participent au transport du courant.

Introduction. — La conductibilité du chlorure de plomb fondu ou en poudre agglomérée serait ionique entre 200 et 450°, les ions Cl^- étant pratiquement seuls mobiles (1). Les mesures effectuées à la température ordinaire (2) conduisent à des valeurs différentes de la conductibilité, mais aucune indication n'est donnée sur sa nature. Certains auteurs (3) affirment même que ce sel ne conduit pas l'électricité à la température ordinaire.

Nous avons repris cette étude à l'aide de la technique suivante :

Technique expérimentale. — On prépare par évaporation thermique sur une lame de verre propre deux plages métalliques minces A et C, d'épaisseur e déterminée à la microbalance et séparées par un sillon rectiligne de largeur l ($27 < l\omega < 200$) et de longueur L de l'ordre du centimètre. Ce procédé, utilisé pour la première fois par MM. Blanc-Lapierre et Perrot (4), nous a permis l'emploi de champs électriques E élevés ($250 < E$ V/cm $< 12\,000$).

Le chlorure de plomb purifié par deux cristallisations est séché ou fondu sous atmosphère d'azote. On dépose par évaporation thermique sur les électrodes métalliques une lame transparente de ce sel sous une épaisseur supérieure à e, comblant et débordant largement le sillon. Ces évaporations successives sont effectuées sous un vide de l'ordre de 10^{-5} mm de Hg, de même que toute l'étude de la conductibilité, les électrodes étant

(1) Tubandt et Egger, *Z. anorg. Chem.*, 110, 1920, p. 196; Hevesy et Seith, *Z. Physik*, 59, 1929, p. 790.

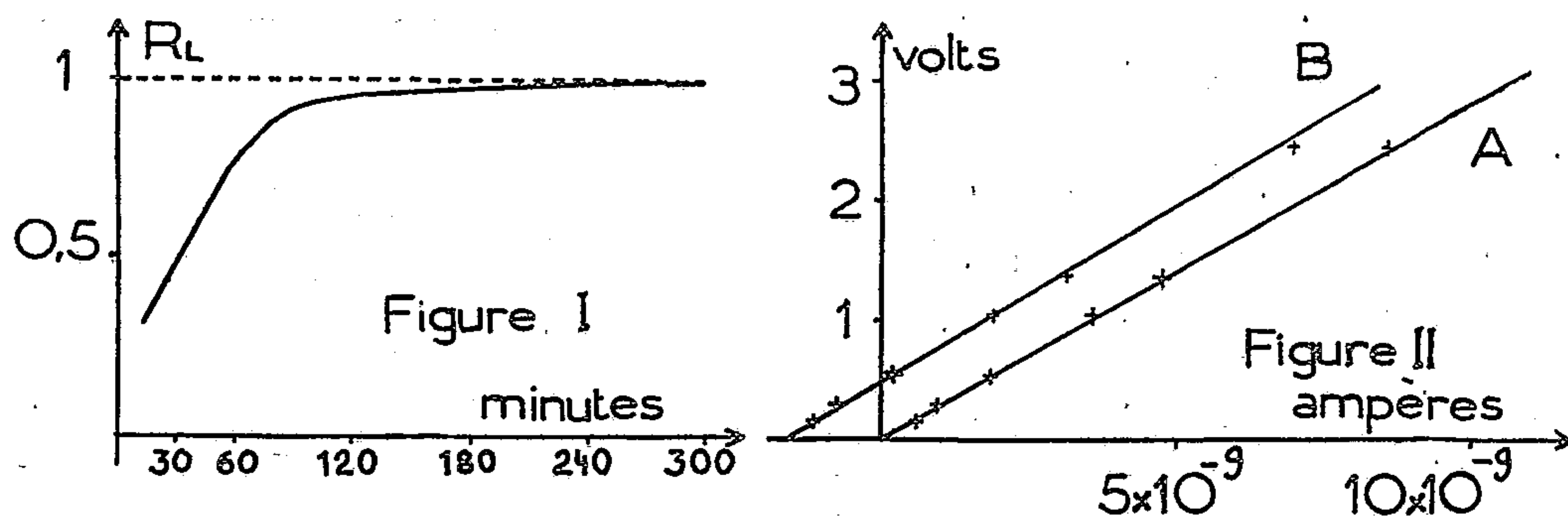
(2) Z. Gyulai, *Math. term Ert*, Band, 47, p. 770; Benrath Tesche, *Z. Physik Chem.*, 96, p. 477.

(3) Wartman, *Z. Physik Chem.*, 62, 1908, p. 119; Beijerinck, *N. J. b. Miner. Beil.*, Bd 11, 1911, p. 463.

(4) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1641.

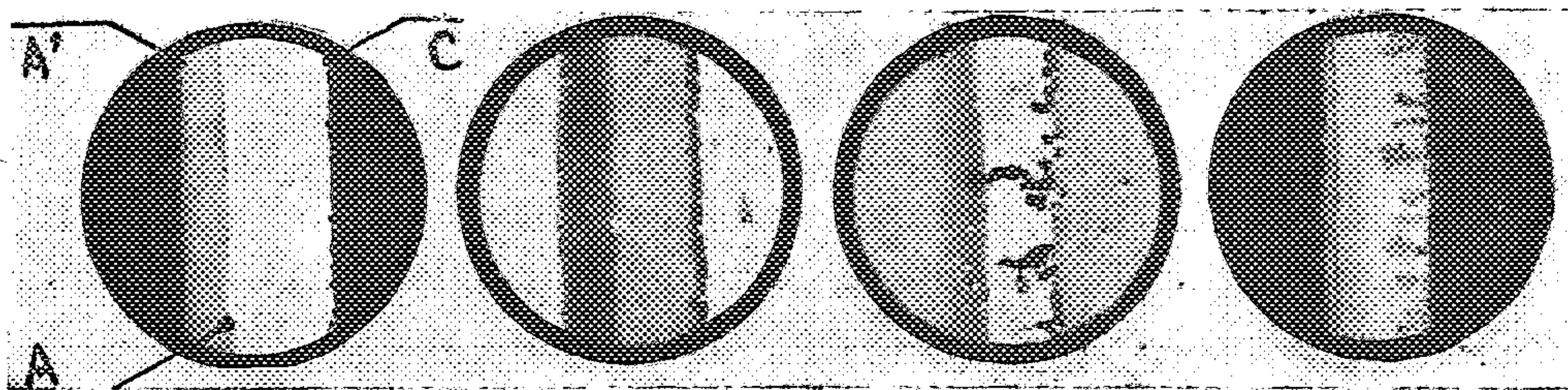
réunies extérieurement à un montage à courant continu permettant de déceler 10^{-11} A.

Résultats. — Les mesures effectuées à la température de la salle (20°), 15 m après la fin de l'évaporation du sel, montrent qu'il est conducteur; la résistance de la lame, mesurée périodiquement pendant des temps très courts, augmente constamment au cours des premières heures qui suivent l'évaporation pour tendre vers une limite R_L. La courbe de la figure I représente $R_t/R_L = f(t)$ (R_t, résistance à l'instant t).



Cette limite étant atteinte, on applique aux électrodes une tension croissante permettant de tracer la caractéristique courant-tension de la lame. Cette courbe [*fig.* II (A)] est représentée par une droite passant par l'origine.

La lame est alors soumise à une tension constante pendant quelques heures, une nouvelle caractéristique courant-tension est ensuite établie. Cette courbe [*fig.* II (B)] met en évidence l'existence d'une f. c. e. m. de 0,5 V environ. L'expérience est alors interrompue, la lame est placée dans l'air et l'on examine le sillon au microscope.



Cliché I : Électrodes Ag éclairage par transmission. — Cliché II : Électrodes Ag éclairage par réflexion. — Cliché III : Électrodes Au éclairage par réflexion. — Cliché IV : Électrodes Pb éclairage par transmission.

Dans le cas d'électrodes en argent ou en plomb, le bord A de l'anode a reculé de A en A' (clichés I, II, IV), la largeur Δl de cette plage AA'

peut être sensiblement retrouvée par le calcul en admettant que l'électrode A a été attaquée par les ions Cl^- transportés au cours de l'électrolyse (par suite de l'action photochimique de la lumière sur ClAg, cette plage apparaît en noir (cliché n° II).

La partie centrale transparente de Cl_2Pb est restée inaltérée. Sur l'électrode C apparaît toujours un liséré de plomb et suivant la conduite de l'électrolyse, il se développe des arborescences plus ou moins importantes (cliché n° IV).

Dans le cas d'électrodes en or (cliché n° III), on constate l'existence sur le bord de l'électrode A d'une zone rousse de chlorure d'or; à la cathode un liséré noir de plomb se détache sur le fond réfléchissant de l'électrode; une arborescence a court-circuité la lame.

Sur les 20 lames qui ont été étudiées, on a extrait les résultats relatifs à quatre d'entre elles réunis dans le tableau suivant (Δl^m représente la largeur *mesurée* de la plage de Cl_2Pb formée, Δl^c. sa valeur *calculée* à partir de la quantité Q d'électricité qui a traversé la lame).

Électrodes.	Q(μCb).	E(V/cm).	l(μ).	e(mμ).	Δl^c(μ).	Δl^m(μ).	R(MΩ).
Plomb.......	176	870	174	157	4,5	6	2 900
Or...........	225	1 600	113	80	diffus	4,8	915
Argent.......	256	1 380	107	90	33	39	600
»	158	1 120	64	78	25	30	280

En supposant en première approximation que le courant ne passe qu'à travers le parallélipipède $e \times l \times L$ de Cl_2Pb, on trouve pour la résistivité de ce sel, dans l'ensemble des mesures, des valeurs comprises entre 0,5 et $5.10^6 \Omega$/cm.

Cette méthode que nous perfectionnons doit permettre l'étude systématique du mécanisme de la conductibilité ionique de nombreux sels.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur certaines propriétés catalytiques présentées par la Montmorillonite*. Note de MM. **Fernand Kayser** et **Jean-Michel Bloch**, présentée par M. Paul Lebeau.

La structure phylliteuse de la Montmorillonite nous a amenés à penser que ce minéral argileux serait capable de présenter un net pouvoir catalytique, pourvu que les corps mis en sa présence puissent être fortement fixés par lui.

Nos premiers essais ont consisté à montrer que les colorants dits cationiques étaient fortement adsorbés par la Montmorillonite [1] et pouvaient alors lui communiquer la teinte qu'ils prennent en milieu franchement

(1) Note au *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 1951, M, p. 488.

acide : bleu pour le Rouge neutre, rouge pour le Bleu de thymol, etc.

L'acidité relativement forte de la Montmorillonite-acide (MtH), au contact des feuillets d'argile, est encore démontrée par l'expérience suivante : une suspension aqueuse de MtH est additionnée de saccharose; après quelques heures de contact, on ajoute de la solution cuproalcaline (liqueur de Fehling) et l'on chauffe; il se forme aussitôt de l'oxydule de cuivre, non dans le liquide, mais au contact de la MtH gonflée. Il a donc fallu que le saccharose s'intervertisse sous l'influence des ions $(H)^+$ qui se trouvent au voisinage des feuillets de MtH. Naturellement, si l'interversion est faite à chaud, elle est rapide et les sucres réducteurs diffusent dans tout le mélange.

Dans certaines conditions, MtH purifiée peut présenter des propriétés oxydantes [1] et recolorer des leucobases, oxyder les molécules de phénol faiblement adsorbées (IK, au contact de MtH qui a fixé un peu de phénol, libère de l'iode).

Nous avons pensé que cette fonction acide fort, ce pouvoir oxydant, cette propriété de fixer des bases aminées, joints à l'avidité de MtH pour l'eau, devaient permettre certaines synthèses.

Nous avons mis en contact de l'ammoniaque, du benzène et une suspension aqueuse de MtH, dans l'espoir d'obtenir de l'*aniline*. Après agitation, nous avons effectivement constaté que la solution benzénique d'une part, MtH de l'autre, donnaient très nettement les réactions colorées de l'aniline, mais nous n'avons pu isoler de quantités notables de cette amine; l'aniline qui a pu se former est fortement adsorbée sur l'argile et n'a pu être éluée commodément par aucun des procédés usuels; l'ébullition de MtH dans ClH au demi n'enlève pas à l'argile la totalité de la substance responsable des réactions colorées caractéristiques de l'aniline; l'entraînement à la vapeur d'eau permet d'arracher à MtH des traces d'aniline décelables par les réactions colorées. En modifiant les conditions de température, d'humidité, de nature de l'argile (Montmorillonite acide ou sodique, ou argentique, ou nickelique), en opérant en phase gazeuse ou liquide, jamais nous n'avons pu isoler de quantité suffisante du corps chromogène pour pouvoir l'identifier avec certitude.

Nous avons ensuite tenté la synthèse de *matières colorantes*, avec succès. La Montmorillonite, acide ou sodique, en suspension aqueuse ou à l'état de poudre, peut condenser les amines aux aldéhydes, en donnant naissance, plus ou moins rapidement, à froid ou à chaud, à des pigments dont la couleur varie avec les matières premières employées et avec le mode opératoire. C'est ainsi qu'une suspension aqueuse de Montmorillonite sodique, additionnée d'aniline et de formaldéhyde, donne naissance, par dessiccation, à froid ou à chaud, à un pigment jaune orangé. Nous avons pu obtenir des pigments aux nuances très variées, ils sont thermostables

et n'abandonnent rien aux solvants usuels, ils résistent aux acides, mais non aux bases fortes ([2]).

D'autres réactions encore ont pu être catalysées. C'est ainsi que l'acide sulfanilique s'obtient à froid par action de SO_4H_2 sur l'aniline préalablement fixée sur MtH. L'addition de nitrite de sodium, puis de diméthylaniline, permet d'obtenir une matière colorante anionique, facile à éluer, qui vire comme le fait l'hélianthine lorsque le pH varie. Le spectre d'absorption de cette matière colorante présente de grandes analogies avec celui de l'hélianthine, mais aussi des différences qui font penser que nous avons obtenu un mélange de composés contenant une forte proportion d'hélianthine.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxydation des alcools aromatiques par la N-bromoacétamide.* Note (*) de MM. **Jacques Lecomte** et **Claude Dufour**, présentée par M. Marcel Delépine.

La N-bromoacétamide préparée pour la première fois en 1882 par Hoffmann ([1]), a fait l'objet de nombreux travaux ayant pour but d'étudier son comportement vis-à-vis des liaisons multiples. Il a été mis en évidence dans de nombreux cas, qu'il y a fixation d'un ou plusieurs atomes de brome, et parfois d'un atome de brome et d'un groupement oxhydrile ([2]). Dans un autre ordre d'idées l'oxydation d'un groupe OH fixé sur un noyau stérolique sous l'influence de la N-bromoacétamide a été réalisé par Reichstein ([3]).

Au cours d'un essai d'étude systématique de la réaction d'oxydation des groupements hydroxyles par la N-bromoacétamide, nous nous sommes en premier lieu intéressés aux alcools primaires et secondaires de la série aromatique. Cette étude nous a permis de montrer que la N-bromoacétamide transforme presque quantitativement les alcools primaires et secondaires dont la

---

([2]) La coloration des montmorillonites par les amines aromatiques avait déjà été signalée comme réactif plus ou moins spécifique de ces argiles. C'est aussi dans ce but que Krüger et Oberlies (*Ber. Deutsc. Chem. Gesell.*, 1941, 74, p. 663 et 1711) ont rapporté qu'en atmosphère de diméthylaniline et de benzaldéhyde, MtH se colorait en vert, sans doute par formation de Vert Malachite. En opérant dans des conditions qui seront précisées ailleurs, nous avons obtenu des pigments d'un beau vert alors que les auteurs allemands semblent n'avoir obtenu qu'une argile irrégulièrement teintée et colorant l'alcool par simple agitation.

(*) Séance du 7 avril 1952.

([1]) *Ber. der Deut. Chem. Gesell.*, 15, 1882, p. 407.

([2]) A. Wohl, *Ber. der Deut. Chem. Gesell.*, 52, 1919, p. 51; A. Wohl et K. Jaschinowski, *Ber. der Deut. Chem. Gesell.*, 54, 1921, p. 476; R. E. Buckles, *J. Am. Soc.*, 71, 1949, p. 1157.

([3]) H. Reich et T. Reichstein, *Helv. Ch. Acta*, 26, 1943, p. 583.

fonction alcool est fixe sur un atome de carbone immédiatement voisin d'un cycle benzénique, en dérivé aldéhydique ou cétonique correspondant. Par contre si la fonction alcool est séparée du noyau benzénique les rendements deviennent excessivement faibles.

Il est à noter que dans le cas des alcools primaires il ne se forme pratiquement pas d'acide correspondant, la réaction s'arrêtant au stade aldéhydique.

Les aldéhydes ou cétones formés ont été mis en évidence et dosés au moyen de leur 2.4-dinitrophénylhydrazones.

Les principaux résultats concernant cette série sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Composés oxydés.	Rendement (%).	Point de fusion. 2.4 Dinitrophényl hydrazone.	Point de fusion. Bibliographie.
$C_6H_5—CH_2OH$ alcool benzylique......	75	241–242°	235°
$CH_3O—C_6H_4—CH_2OH$ alcool anisique.	71	254–255°	253–254°
$C_6H_5—CH_2—CH_2—OH$ alcool phényl-éthylique..........................	inférieur à 1	–	–
$C_6H_5—CH_2—CH_2—CH_2—OH$ alcool phényl-propionique...............	inférieur à 1	–	–
$C_6H_5—CH{=}CH—CH_2OH$ alcool cinnamique............................	inférieur à 1	–	–
$C_6H_5—CH(OH)—CH_3$ phényl-1 éthanol.	80	253–255°	249–250°
$C_6H_5—CH(OH)—CH_2—CH_3$ phényl-1 propanol.........................	85	191–192°	190–191°
$C_6H_5—CH(OH)—C_6H_5$ benzylhydrol..	80	239–240°	238–239°
$C_6H_5—CH(OH)—CH_2—C_6H_5$ diphényl-1.2 éthanol....................	95	205–206°	–
$C_6H_5—CH_2—CH(OH)—CH_3$ phényl-1 propanol-2.......................	35	227–231° point de transformation 244–246°	–
$C_6H_5—CH_2—CH(OH)—C_3H_7$ (iso) phényl-1 méthyl-4 butanol-2...........	inférieur à 1	–	–
$C_6H_5—CH_2—CH(OH)—CH_2—C_6H_5$ diphényl-1.3 propanol-2.............	inférieur à 1	–	–

(*) Les points de fusion indiqués sont pris sous microscope entre lame et lamelle.

EXEMPLE DE MODE OPÉRATOIRE. — *Oxydation de l'alcool anisique.* — Dissoudre l'alcool anisique (1,36 g) dans du benzène (15 cm³), ajouter 2 cm³ de pyridine anhydre, puis 1,5 g de N-bromoacétamide. Laisser reposer à la température ambiante le mélange qui devient orangé. Au bout de 12 h la solution se trouble et une huile brune se sépare. Décomposer l'excès de réactif avec l'hyposulfite de sodium et laver la solution benzénique avec de l'acide sulfurique 2N. Sécher et concentrer, puis ajouter au résidu un excès de solution

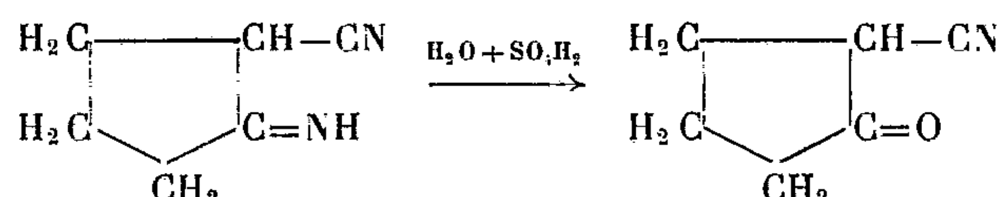
alcoolique de sulfate de 2.4-dinitrophénylhydrazine. On essore l'hydrazone formée, on lave à l'alcool et sèche. On obtient 2,28 g de 2.4-dinitrophénylhydrazone de l'anisaldéhyde. F 254-255° (xylène). Rdt 71 % du rendement théorique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés de la cyano-2 cyclopentanone.* Note (*) de MM. **Olivier Riobé** et **Lucien Gouin**, présentée par M. Marcel Delépine.

La cyano-2 cyclopentanone permet, par alcoylation du groupement méthylénique placé entre les fonctions cétone et nitrile, d'obtenir des dérivés de substitution qui ne sont plus susceptibles de s'énoliser au même degré que la cétone primitive.

Par action des organomagnésiens mixtes, la cyano-2 cyclopentanone conduit à des β-dicétones cycliques dont les dérivés cristallisés semblent intéressants pour étudier la formation des cycles pyrazoliques.

Au cours de l'hydrogénation catalytique de l'adiponitrile, il se forme, outre l'hexaméthylènediamine normalement attendue, une faible quantité d'imino-2 cyanocyclopentane (F 140°) qui, par hydrolyse acide, conduit, avec un rendement moyen de 83 %, à la cyano-2 cyclopentanone déjà obtenue par Best et Thorpe ([1]) à partir du même iminonitrile ou à partir de l'imino-2 cyano-3 cyclopentanone carboxylate d'éthyle.

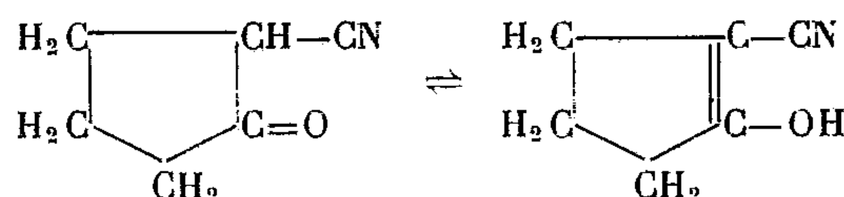


Ce nitrile β-cétonique est un liquide visqueux, incolore, possédant les constantes suivantes :

E_{14} 137-140°; n_D^{14} 1,4701; d_4^{14} 1,089 (N % trouvé 12,73; calculé 12,84 pour C_6H_7NO).

Semicarbazone ($C_7H_{10}N_4O$). F 194°; N % trouvé 33,52; calculé 33,73.

Les nitriles β-cétoniques ([2]) possèdent un groupement méthylénique généralement plus actif que celui des β-dicétones. La mobilité de l'hydrogène dans la cyano-2 cyclopentanone se traduit par un taux très élevé d'énolisation (90 %) calculé par dosage au bromure d'éthylmagnésium et par addition d'une solution tétrachlorocarbonique de brome :



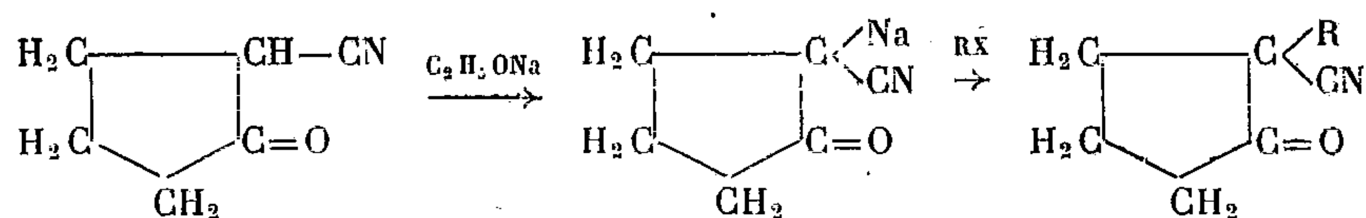
(*) Séance du 28 avril 1952.

([1]) *J. Chem. Soc.*, 95, 1909, p. 685.

([2]) Eistert, *Tautomerie und Mesomerie*, Stuggart, 1938, p. 44 et suiv.

Cet énol réduit le nitrate mercureux ([3]) et colore en violet intense le chlorure ferrique.

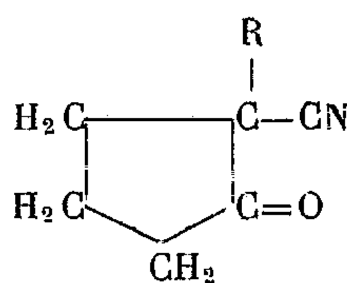
Sous l'action de l'éthylate de sodium, la cyano-2 cyclopentanone donne un dérivé cristallisé blanc, insoluble dans l'alcool, qui se condense avec les halogénures d'alcoyle, en donnant les dérivés substitués correspondants :



Les rendements de ces opérations varient avec la nature de l'halogénure envisagé : de 37 % avec l'iodure de méthyle, ils atteignent 83 % avec le bromure d'allyle.

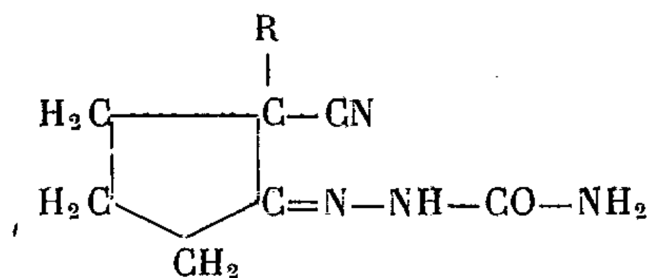
Les alcoyl-2 cyano-2 cyclopentanones obtenues sont des liquides visqueux non énolisés. Les tableaux suivants résument les caractéristiques des corps obtenus et des semi-carbazones correspondantes.

TABLEAU I.



R.	$É_{mm}$.	N_D^t.	N (%). Trouvé.	N (%). Calculé.
R=H; (C_6H_7NO)	$137\text{–}140^{\circ}_{14}$	$1,4701^{14}$	12,73	12,84
R=CH_3; (C_7H_9NO)	$113\text{–}115^{\circ}_{18}$	$1,4562^{15}$	11,22	11,38
R=CH_2—CH=CH_2; ($C_9H_{11}NO$)	$127\text{–}130^{\circ}_{11}$	$1,4773^{12}$	9,14	9,39

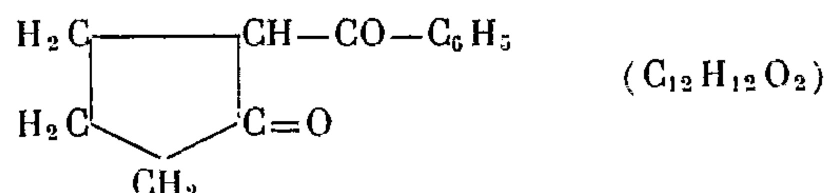
TABLEAU II.



R.	F (°C) (Maquenne).	N (%). Trouvé.	N (%). Calculé.
R=H; ($C_7H_{10}N_4O$)	194	33,52	33,73
R=CH_3; ($C_8H_{12}N_4O$)	226	31,30	31,11
R=CH_2—CH=CH_2; ($C_{10}H_{14}N_4O$)	192	26,94	27,18

([3]) ZAPPI, *Bull. Soc. Chim.*, 51, 1932, p. 54.

Condensée avec un gros excès de bromure de phénylmagnésium, la cyano-2 cyclopentanone conduit seulement à une β-dicétone cristallisée en paillettes très légèrement jaunes, la benzoyl-2 cyclopentanone (Rdt 40 %).



F 117° (C %, trouvé 76,75; H %, trouvé 6,9).

Ce composé est fortement énolisé. En chauffant pendant un jour cette dicétone avec le chlorhydrate de semicarbazide, on n'obtient qu'une monosemicarbazone, cristallisée en aiguilles blanches soyeuses. F 143° (N %, trouvé 16,65; calculé 17,14 pour $C_{13}H_{15}N_3O_2$).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dithiole-1.2 thiones-3 comportant un noyau thiophénique*. Note de MM. **Noël Lozac'h** et **Jean Teste**, présentée par M. Paul Pascal.

Un certain nombre de dithiole-1.2 thiones-3 ont été déjà obtenues par action du soufre sur les hydrocarbures éthyléniques. En particulier, la sulfuration de composés benzéniques comportant une chaîne latérale allylique, propénylique, ou isopropénylique, a fait l'objet de plusieurs publications ([1]), ([2]).

Nous avons voulu étudier le comportement de composés thiophéniques à chaîne latérale éthylénique, dans les conditions de sulfuration que nous avions réalisées pour les composés benzéniques correspondants. Connaissant l'analogie des noyaux benzénique et thiophénique, on aurait pu espérer obtenir aisément de cette manière des dithiole-1.2 thiones-3 contenant un noyau thiophénique. Cette prévision ne s'est trouvée que partiellement vérifiée. En effet, s'il nous fut possible d'obtenir une dithiole-thione à partir de l'α-thiényl-1 propène, par contre nos essais furent infructueux dans les cas de l'α-thiényl-2 propène, et de l'α-thiényl-2 butène-2.

Pour confirmer la synthèse de l'α-thiényl-5 dithiole-1.2 thione-3 à partir de l'α-thiényl-1 propène, nous avons préparé cette dithiole thione par une seconde méthode : l'action du pentasulfure de phosphore sur l'α-thiénoyl acétate d'éthyle, selon la réaction signalée par ([3]) et ([4]).

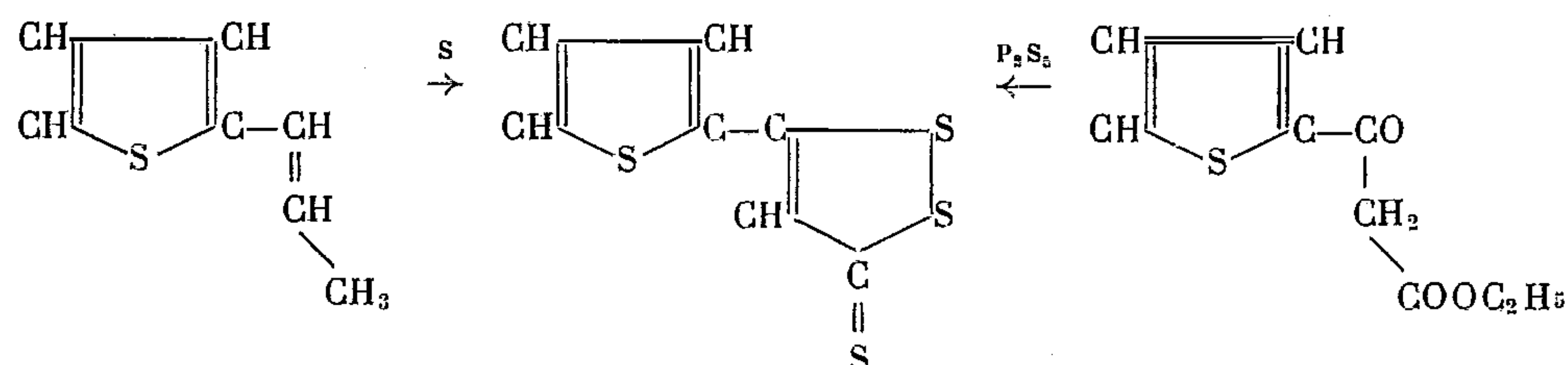
([1]) N. Lozac'h, *Bull. Soc. Chim.*, 1949, p. 840 (*voir* bibliographie d'ensemble).

([2]) N. Lozac'h et Y. Mollier, *Bull. Soc. Chim.*, 1950. p. 1243.

([3]) N. Lozac'h et L. Legrand, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1291.

([4]) A. Luttringhaus et W. Cleve, *Liebigs Ann.*, 575, 1951, p. 118.

Ces deux préparations peuvent s'écrire



Des expériences sont actuellement en cours pour généraliser les résultats ci-dessus. Par action du pentasulfure de phosphore sur l'α-thiénoyl-2 propionate d'éthyle (aiguilles incolores F 129°), nous avons par exemple obtenu un composé présentant les caractères d'une dithiole-thione, en lamelles rouges fondant à 90°. D'après son mode de formation, ce composé serait la méthyl-4-α-thiényl-5 dithiole-1.2 thione-3.

α-Thiényl-1 propène. — Préparé par action de l'aldéhyde α-thiénoïque sur le bromure d'éthyl-magnésium, et déshydratation, sur bisulfate de potassium, de l'alcool ainsi formé. L'α-thiényl-1 propène bout à 63° sous 14 mm n_D^{24} 1,5713.

Sulfuration de l'α-thiényl-1 propène. — On fait agir sur le composé précédent un poids égal de soufre, pendant deux heures, à une température voisine de 200°. Le produit de la réaction est pris par du xylène chaud. On laisse refroidir et l'on filtre. La solution filtrée est traitée par une solution acétonique de chlorure mercurique. Le précipité mercuriel formé est décomposé par le sulfure de sodium, et la dithiole-thione libérée est recristallisée dans l'alcool jusqu'à point de fusion constant. Les cristaux brun rouge d'α-thiényl-5 dithiole-1.2 thione-3 fondent à 130°.

Analyse. — $C_7H_4S_4$, calculé %, C 38,86; H 1,86; trouvé %; C 39,19; 39,42; H 2,14; 2,19.

α-Thiénoylacétate d'éthyle. — On condense l'α-thiénoate d'éthyle sur un excès d'acétate d'éthyle en présence de sodium. On chauffe à reflux pendant 7 h, on laisse refroidir, et l'on reprend par de l'éther anhydre. Le dérivé sodé est essoré, puis dissous dans de l'eau glacée. On acidifie par de l'acide chlorhydrique, on extrait à l'éther. La solution éthérée, séchée sur chlorure de calcium, est distillée. L'ester cétonique désiré bout à 135-140° sous 3-4 mm. Rdt par rapport au thiénoate : 30 %. L'ester distillé se solidifie par refroidissement. Par recristallisation dans l'éther, on obtient des cristaux fondant à 24°.

Analyse. — $C_9H_{10}O_3S$, calculé %, C 54,53; H 5,08; trouvé %, C 54,56; 54,50; H 5,19, 5,10.

Sulfuration de l'α-thiénoylacétate d'éthyle. — On fait agir le pentasulfure de phosphore suivant les indications de ([3]). On obtient ainsi de l'α-thiényl-5 dithiole-1.2 thione-3 fondant à 130°, ne donnant aucune dépression de la température de fusion par mélange avec le produit provenant de l'α-thiényl-1 propène.

α-Thiényl-2 propène. — Préparé par action de l'α-acétothiénone sur le bromure de méthyl magnésium, et déshydratation de l'alcool formé, par le bisulfate de potassium. L'α-thiényl-2 propène bout à 60-61° sous 15 mm; n_D^{24} 1,5605.

Plusieurs essais de sulfuration ont été effectués, mais il ne fut pas possible d'isoler de dithiole-thione.

α-Thiényl-2 butène-2. — Préparé par action de l'α-acétothiénone sur le bromure d'éthyl-magnésium, et déshydratation, à l'aide de bisulfate de potassium, de l'alcool obtenu.

L'α-thiényl-2 butène-2 bout à 85-88° sous 15 mm; n_D^{23} 1,5648. Ici également, les essais de sulfuration en dithiole-thione se sont révélés infructueux.

GÉOLOGIE. — *A propos de la région de Batna : définition d'un style tectonique lié à la montée verticale des horsts.* Note (*) de MM. **Jacques Bertraneu**, **Jules Glaçon** et **Gabriel Lucas**, présentée par M. Charles Jacob.

A partir d'observations faites sur un horst dont la présence donne lieu à des variations de faciès du Jurassique, les auteurs décrivent des accidents, anticlinaux ou extrusions, occasionnés par la remontée verticale des horsts, et proposent de leur appliquer le nom d'*accidents flanquants*.

Une Note récente ([1]) a signalé les importantes variations de faciès du Jurassique dans la région située au Nord de Batna : mince et néritique dans le massif de la Mestaoua notamment, il est bathyal et puissant dans les chaînons du Bélezma au Sud-Est, du Talrempt et du Bou Thaleb à l'Ouest.

Nous proposons d'appeler « horst de la Mestaoua » la zone à tendance positive, responsable de cette disposition. Ce horst de la Mestaoua occupe l'extrémité de l' « Axe Edough-Belezma » défini par D. Reyre, axe de surélévation qui, jusqu'au Campanien, présente des séries relativement peu épaisses ([2]). D'autre part, la présence de ce horst va nous permettre de proposer une explication mécanique à une curieuse disposition du Bélezma et du Talrempt.

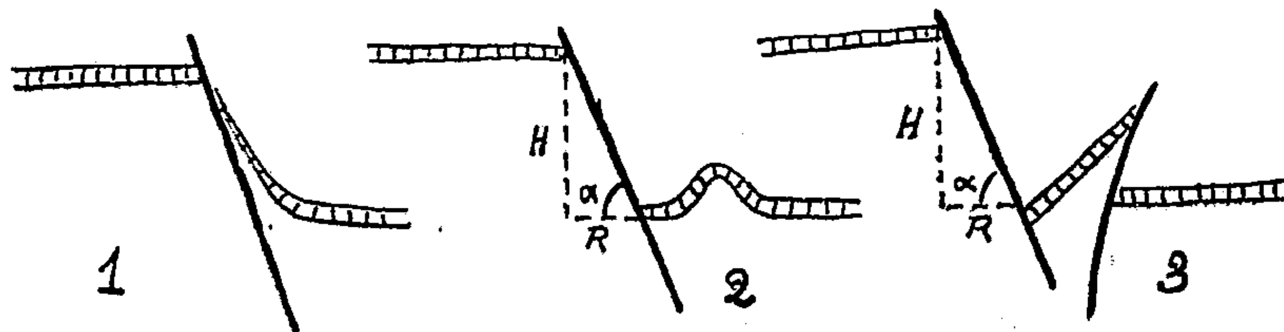
Le Bélezma est essentiellement une lame de Lias rigide presque verticale à pendage Nord-Ouest, appuyée au Sud-Est contre du Valanginien, le long d'une faille inverse à pendage Nord-Ouest de quelque 70°. Toute la série jurassique, puis crétacée, repose normalement sur ce Lias. Nulle charnière n'est visible, si ce n'est, dans le Crétacé, aux deux terminaisons

(*) Séance du 28 avril 1952.

([1]) G. Durozoy, J. Glaçon et L. Lessard, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1795.

([2]) Communication de la Société Nationale de recherche et d'exploitation des pétroles de l'Algérie au Congrès du Pétrole de Taormina (sous presse).

périclinales. Le Talrempt, le Debah et le Bou Thaleb ont une structure identique, mais symétrique de la première, le pendage du Lias rigide et de la faille inverse se faisant vers le Sud-Est, la série jurassique et crétacée reposant sur le Lias au Sud-Est de celui-ci et non au Nord-Ouest.



Supposons un horst limité au Sud-Est et au Nord-Ouest par des failles directes plongeant d'un angle α respectivement au Sud-Est et au Nord-Ouest, et considérons ce qui se passe dans le cas d'une *montée verticale* (H) du horst. Le cas banal est celui où, de part et d'autre, se produit une flexure plus ou moins étirée (cas n° 1 de la figure ci-jointe). Mais si, en raison de variations de faciès par exemple, il existe une solution de continuité entre les séries du horst et celles qui l'entourent, la cassure ne se traduira pas de la même façon. Les séries externes, détachées, seront refoulées vers l'extérieur d'une quantité $R = H/\mathrm{tg}\,\alpha$; elles pourront réagir de deux façons : ou bien elles se plisseront, formant un anticlinal de part et d'autre du horst (cas n° 2), ou bien elles feront saillie en donnant une « lame de percement » extrusive, et chevaucheront les terrains situés à l'extérieur, le long d'une faille *inverse*, à pendage contraire à celui de la faille voisine du horst (cas n° 3).

Naturellement, tous les intermédiaires entre 2 et 3 peuvent être réalisés.

A l'appui de ces vues théoriques, voici deux observations précises : la *zone surélevée de Ghar Rouban*, à la frontière algéro-marocaine ([3]), est par exemple, flanquée au Nord-Ouest par l'anticlinal du Dj. Hamra Kt. ez Zerga, au Sud-Est par celui Dj. Tenouctifi-Sebdou, à l'Est, où, également, la zone surélevée s'arrête brusquement, par le pli croiseur des Beni Bahdel : le cas de la figure 2 est parfaitement réalisé.

Le Bélezma et le Talrempt, flanquant de part et d'autre le horst de la Mestaoua, répondent au cas de la figure 3 avec une précision qui vaut démonstration.

Nous proposons pour ce style tectonique particulier, le qualificatif de « flanquant » : anticlinaux flanquants, extrusions flanquantes.

Dès maintenant, nous estimons que de nombreux cas de tectonique extrusive, en Algérie, seront susceptibles d'être expliqués de cette façon.

([3]) G. Lucas, *Bull. Serv. Cart. Géol. Algérie*, 2e série, n° 16, 1942.

GÉOLOGIE. — *Inversion dans la tectogénèse des Pennides.*
Note de M. **André Amstutz**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Ce qui caractérise les théories édifiées depuis une quarantaine d'années pour expliquer la structure et la genèse des Alpes occidentales, c'est d'une part le déversement généralisé des nappes penniques vers l'avant-pays, et d'autre part l'enracinement collectif de ces nappes dans une « zone des racines » où, amincies par de vigoureuses compressions entre des mâchoires, ces racines auraient été finalement renversées par une sous-poussée de l'arrière-pays. Des mouvements secondaires tardifs par rapport au déversement méthodique des six grandes nappes penniques, des involutions et des plis dits en retour, ont été, en outre, imaginés pour inclure dans ce cadre, pour greffer dans ce système, les déversements vers l'intérieur de l'arc alpin que l'on observe en certaines zones penniques.

A cette conception classique, dont je me suis dégagé en 1947, j'ai opposé des notions toutes différentes et nouvelles, que j'ai définies en quelques Notes préliminaires parues dans les « Archives des sciences » (Genève) en 1949, 1950 et 1951. Ces notions résultent de l'effort d'objectivité auquel je me suis astreint lorsqu'en 1947 j'ai repris un travail interrompu par la guerre; et ce sont quelques-unes d'entre elles qui me paraissent devoir être ici brièvement exposées.

1. Les recouvrements Saint-Bernard/Mont-Rose que l'on observe des Alpes cottiennes à l'Ossola, représentent à mon sens les premiers grands mouvements de la tectogénèse alpine. Les attribuer, comme on l'a fait jusqu'à présent, à l'involution finale (au coup de charrue, a-t-on dit aussi) d'une prétendue nappe Mont-Rose dans des masses Saint-Bernard, me paraît être une erreur contre nature, car les digitations qui s'étagent sur le flanc septentrional du Grand-Paradis ont une allure isoclinale, non comprimée transversalement, qui témoigne de l'impossibilité mécanique d'une telle genèse. Comme, d'autre part, on n'a jamais signalé ou conçu sérieusement d'éléments Dent-Blanche coincés entre Saint-Bernard et Mont-Rose, et que des phénomènes de retroussement dus au cheminement du complexe Dent-Blanche apparaissent dans les masses Saint-Bernard surmontant le flanc nord de la coupole Grand-Paradis, on est bien amené à conclure, comme je le notais le 17 février 1949, que « les parties arrières du géanticlinal briançonnais se sont vraisemblablement déversées sur le bord du sillon piémontais avant qu'elles ne soient chevauchées par le complexe Dent-Blanche ».

Des arguments qui corroborent cette façon de voir me sont ensuite apparus dans la théorie de A. Rittmann sur les causes thermodynamiques de la naissance et de l'évolution des géosynclinaux. Il y a, en effet, tout lieu

de penser qu'un géosynclinal dérive surtout d'un courant subcrustal dirigé vers l'avant-pays, et que ce courant de convection crée par compression du magma une surrection de cet avant-pays en même temps qu'une dépression sous le géosynclinal. Or, dans la zone de passage graduel qui doit exister entre le sima et le magma sous-jacent, il doit sans doute se produire dans ces conditions des entraînements par adhérence; et l'on doit bien se dire que certaines parties profondes du géosynclinal alpin ont dû être entraînées par le courant subcrustal et s'enfiler obliquement sous l'avant-pays, en créant d'importantes translations et des cisaillements au travers de la croûte terrestre qui se sont traduits tout naturellement dans les zones superficielles par les recouvrements Saint-Bernard/Mont-Rose considérés ci-dessus.

Ainsi peuvent donc se comprendre d'une manière logique et simple les liens de cause à effet qui ont vraisemblablement eu lieu entre ces phénomènes de surface et ceux dont on peut présumer l'existence en profondeur, et ainsi peut s'expliquer aisément cette série de déversements des Pennides, que l'on s'est évertué jusqu'à présent, d'une manière générale, à considérer comme tardifs, postérieurs au flux principal des classiques nappes penniques.

2. Ce n'est qu'après cette « première phase tectogène » que de nouvelles contractions tangentielles ont été vraisemblablement accompagnées d'une certaine élévation de zones géosynclinales proches de l'arrière-pays, et qu'il est résulté de cette conjonction de mouvements verticaux et horizontaux le déclenchement des grands déversements du complexe Dent-Blanche et des nappes similaires des Grisons. Naturellement, au début surtout, cette « seconde phase » s'est vraisemblablement faite avec des subductions [1] en sens inverse de celles que nous avons envisagées ci-dessus, la zone Mont-Rose-Grand-Paradis s'enfilant partiellement sous des masses Sesia, et celles-ci étant amenées par des poussées *a retro* à des niveaux d'autant supérieurs. Tandis qu'ensuite seulement la gravité a vraisemblablement joué le rôle principal dans le cheminement des masses Dent-Blanche, Emilius et M. Mary, les détachant probablement de leur zone d'origine lors de la surrection de la zone Mont-Rose et leur permettant peut-être d'entraîner au passage des pointements ou protubérances gneissiques et granitiques de cette zone.

Le soulèvement de la zone Saint-Bernard, qui paraît avoir immédiatement suivi celui de la zone Mont-Rose et qui a dû provoquer encore des décollements et glissements de schistes lustrés, puis le soulèvement du sillon dauphinois-valaisan et l'écoulement consécutif des masses aujourd'hui préalpines vers le côté demeuré en contre-bas, ont naturellement ajouté leurs effets

(1) Ce mot n'est-il pas préférable à celui de sous-charriage ?

superficiels à ceux de la « seconde phase tectogène ». Ces divers effets sont évidemment ce qu'il y a aujourd'hui de plus clairement marqué dans les Alpes, et l'on comprend, en contemplant leur ampleur et tout ce qu'il y a d'unilatéral dans leurs déversements, qu'ils ont pu masquer pendant si longtemps et l'importance et le caractère spatial et chronologique des déformations de la « première phase tectogène ».

GÉOLOGIE. — *Signification du Horst de Ligugé dans la tectonique superposée du Détroit poitevin*. Note de M. **Gilbert Mathieu**, transmise par M. Pierre Pruvost.

La révision récente des contours de la feuille de Bressuire, dans le canton de Saint-Varent (Deux-Sèvres), m'a montré la même série de roches éruptives que celle connue (1) déjà dans la région d'Argenton-Château, située plus au Nord-Ouest, à savoir orthophyres d'âge cambrien ou silurien, massif de microdiorite, l'ensemble recoupé par de nombreux filons de la granulite rose de Thouars. Les anciennes coulées d'orthophyres noirs métamorphiques présentent un pendage 45° Sud-Ouest (à l'est de la gare de Saint-Varent), comme les schistes briovériens de Glénay. Cette bande briovérienne est traversée entre Saint-Loup-sur-Thouet et Airvault par la vallée du Thouet, dont la coupure d'érosion montre une allure synclinale de ces schistes (2). La régularité structurale des régions de roches éruptives du Nord du département des Deux-Sèvres, malgré les intrusions des granites carbonifères, nous incite à rechercher la tectonique profonde de l'isthme du Poitou. La bande du Briovérien de Glénay a été touchée à 90 m de profondeur sous le bourg de Thenezay (forage du Grand-Veault), tandis que, dans la granitite à biotite à grain fin du Pont Aubert à 4 km à l'Ouest de Latillé (Vienne), on peut reconnaître la bande du granite des Aubiers (Deux-Sèvres). Ces extrapolations au Sud-Est des limites du Massif armoricain se font suivant une remarquable direction sud-armoricaine passant à une direction plus méridienne aux environs de Parthenay. Il en résulte que les affleurements primaires du horst de Ligugé, s'échelonnant sur plus de 2 km depuis la faille de Moulin au Nord jusqu'à Port Séguin au Sud, doivent correspondre à la série cristallophyllienne et éruptive du Choletais. Les roches de Ligugé sont en effet très variées : au Nord entre Smarves et Moulin, c'est une *porphyroïde* et des roches cornées rappelant certains aspects des coulées métamorphiques de Trémentines (Maine-et-Loire). La granulite gneissique classique de la tranchée de la voie ferrée Paris-

(1) *Thèse Sciences*, Lille, 1937, p. 144, *fig.* 33.
(2) G. Mathieu, *Bull. Serv. Carte géologique France*, 47, n° 225, 1949, p. 79.

Bordeaux représenterait les gneiss de la Tessouelle et de Saint-Christophe, au Sud de Cholet, tandis que la granitite à biotite de Port-Séguin appartient à la bande de granite de Clisson, Torfou-Tiffanges, les Aubiers, Latillé. Donc la granulite de Ligugé ne fait nullement partie de la bande de Bressuire-Parthenay.

Tous les synclinaux de l'Anjou passent donc bien sous le Jurassique du Détroit poitevin ou le Crétacé au Nord de Poitiers. Cela confirme l'opinion déjà avancée que le sillon houiller d'Ahun ([3]) dans la Creuse n'est autre que le sillon du Layon, c'est-à-dire le synclinal d'Ancenis.

Il apparaît ainsi que la tectonique profonde du Poitou est bien de structure sud-armoricaine et l'on connaît des cas remarquables dans le Jurassique du Poitou de Tectonique superposée. Par exemple le horst de Montalembert coiffe l'anticlinal gneissique les Essarts-Mervent. Cependant les ondulations des calcaires jurassiques, ondulations légères, mais régulières, ne procèdent pas toujours suivant la direction Nord-Ouest-Sud-Est de Vendée. Au Nord de Ligugé, le Dogger donne une ligne synclinale passant par Croutelle, suivie au Nord d'un anticlinal passant par Saint-Benoît. Ces plis d'ailleurs très doux paraissent plutôt allongés Est-Ouest et s'observent au Sud de Montreuil-Bonnin.

On pourrait donc admettre deux systèmes d'ondes dans le Jurassique du Détroit poitevin : les grandes dislocations sud-armoricaines étudiées par Ph. Glangeaud ([4]) et J. Welsch ([5]) et les plissements de moindre amplitude de direction Est-Ouest, non décrits. On conçoit que la rigidité des gros filons de quartz, tels que celui de Chatillon-sur-Sèvre, Bressuire, Parthenay, provoque des déchirures du Secondaire dans un mouvement posthume : failles de Vasles, Lusignan, Champagné-Saint-Hilaire (Vienne), puis de la Brunetière (limite Vienne et Charente). C'est de l'importance du pli du socle que dépendra le parfait ajustement dans la Tectonique superposée. A Ligugé précisément, les failles sont de rejet faible (40 m au maximum), contre 100-120 m à Vasles. Nous savons que les grandes dislocations sud-armoricaines sont datées comme pliocènes, parce qu'elles dénivellent les faluns du Redonien, et M. A. Guilcher ([6]) a décrit la jeunesse du relief de faille au-dessus des Herbiers (sillon de Bretagne prolongé). Les ondulations au sein du Jurassique par contre peuvent être plus anciennes, d'âge andin par exemple. Ainsi, j'ai eu la preuve récemment que sous les dômes anticlinaux affectant le Périgord en direction vendéenne, dôme de

---

([3]) G. Mathieu, *Houille, Minerais, Pétrole*, 1946, p. 157, *fig.* 1.

([4]) *Bull. Serv. Carte Géol. France*, 7, n° 50, 1895.

([5]) Réunion extraordinaire de la Société Géologique de France en Poitou (*Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3, fasc. 7, 1903).

([6]) *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 381.

Mareuil-sur-Belle et la Tour Blanche, le Jurassique forme des horst et graben d'allongement Est-Ouest. Tout le Secondaire du bord Nord du Bassin aquitain serait soumis à cette double règle tectonique. Ainsi les failles qui affectent le contact Jurassique-Primaire à Nontron, Excideuil et Terrasson sont beaucoup plus Est-Ouest que les axes classiques du Périgord intéressant le Crétacé. De même les failles de Ligugé sont Est-Ouest dans un ensemble sud-armoricain.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le saccharose et le Maïs hybride*. Note de MM. **Jules Carles, Louis Soubiès, Roger Gadet** et **Pierre Maury**, présentée par M. Raoul Combes.

La quantité de glucides augmente jusqu'à doubler dans les hybrides de Maïs : cette augmentation se fait surtout en faveur du saccharose.

Le Maïs est riche en glucides (glucose, fructose et saccharose) qu'il condense en amidon dans ses grains dont le poids représente à maturité la moitié environ de la substance sèche de la plante (¹). Une exception est à signaler parmi les types analysés, la lignée pure M^{13} dont les grains atteignent à peine 37 % du poids total : elle est légèrement pathologique. Sur le même terrain que les autres, ce type est moins riche en azote et cette pauvreté détermine une mauvaise utilisation des glucides par la tige et les grains, au profit de la racine qui s'hypertrophie.

Tous les types de Maïs atteignent dès la floraison leur poids définitif global, mais avec une forte teneur en eau : la maturation verra croître le poids sec aux dépens de l'eau.

Les feuilles sont les premiers organes à atteindre leur taille définitive. La plus importante est ordinairement celle de l'épi femelle, autour de laquelle décroissent progressivement les autres; elle gardera son activité physiologique, alors que les feuilles des extrémités seront déjà presque sèches.

L'entre-nœud le plus volumineux est ordinairement le troisième au-dessous de la feuille la plus importante, et ceci semble lié au cheminement dans la tige et les nœuds des vaisseaux foliaires qui traversent deux ou trois entre-nœuds avant de s'anastomoser avec les vaisseaux de la tige. Si l'on pèse les entre-nœuds d'un pied de Maïs, ces poids forment une courbe à peu près régulière, sinon symétrique. La répartition des glucides se modèle à peu près sur cette courbe, non pas seulement en quantité, mais en pourcentage, de telle sorte que l'entre-nœud le plus lourd se caractérise par le pourcentage de glucides le plus élevé. Mais l'épi femelle intervient, ainsi que les difficultés

(¹) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 979.

de circulation : il s'ensuit une courbe à trois maxima et trois minima caractéristique du Maïs.

Voici, par exemple, pour une tige presque mûre de « Millette du Lauraguais » qui portait un épi femelle entre le 7ᵉ et le 8ᵉ entre-nœud, le poids de chaque entre-nœud en partant de la base, avec la proportion de glucides solubles et de saccharose contenus dans sa portion centrale.

	Poids sec (g).	Glucides sol. (%).	Saccharose. (%).		Poids sec (g).	Glucides sol. (%).	Saccharose. (%).
1ᵉʳ.....	21,5	4,15	3,90	8ᵉ....	21,5	2,25	1,55
2ᵉ.....	43,0	4,05	3,72	9ᵉ....	14,5	3,24	2,25
3ᵉ.....	55,5	4,30	4,0	10ᵉ....	6,5	2,35	2,0
4ᵉ.....	53,0	3,95	3,2	11ᵉ....	3,5	1,1	0,68
5ᵉ.....	42,5	3,60	3,15	12ᵉ....	1,6	1,2	0,55
6ᵉ.....	43,0	3,60	3,16	13ᵉ....	1,0	1,32	0,27
7ᵉ.....	36,5	3,20	2,65				

La teneur en glucides augmente à partir de la base jusqu'à l'entre-nœud le plus gros où se localise finalement le maximum absolu (nous laissons pour le moment de côté le léger surplus de la base). L'épi femelle draine les glucides et détermine un minimum. Au-dessus de lui, la teneur glucidique remonte légèrement pour baisser encore vers un troisième minimum qui ne laisse au-dessus de lui que deux ou trois entre-nœuds. Dans ces entre-nœuds terminaux, les glucides augmentent à nouveau : cet accroissement ne concerne pas le saccharose, mais les seuls oses.

Et ceci nous révèle une migration sélective du saccharose, car ce glucide se localise dans les vaisseaux du Maïs. La preuve en est sa présence à peu près exclusive dans les nœuds sitôt qu'ils ont cessé de se construire (les nœuds sont constitués par les croisements et anastomoses des vaisseaux). On pourrait dire que le Maïs utilise les oses pour vivre; le saccharose pour le transport et l'amidon pour le stockage.

Après une belle journée, la migration nocturne affecte pratiquement le seul saccharose : le sommet du limbe perd 40 à 50 % de son saccharose, et cette migration vers la tige est si rapide que la gaine même est plus pauvre le matin que le soir. Le saccharose est donc pour le Maïs un glucide fondamental. Or, le résultat le plus net de l'hybridation est de faire augmenter sa proportion globale.

Pour avoir une idée d'ensemble, considérons dans les pieds mûrs la proportion de saccharose par rapport aux glucides solubles. Comparons la moyenne de quatre lignées pures (M^{13}, W^{9}, 374, 153) avec la moyenne des deux hydrides qu'on a tirés d'elles ($M^{13} \times W^{9}$) et (374×153), et avec l'hybride double W^{416} issu du croisement des deux hybrides précédents. Les cinq premières colonnes donnent le pourcentage du saccharose par rapport à

l'ensemble des glucides solubles, la sixième le poids total moyen de ces glucides pour un pied et la dernière le poids total moyen de l'amidon.

	Racines.	Tiges.	Feuilles.	Rafle.	Grains.	Glucides solubles (g).	Amidon (g).
Lignées pures.....	35	47	36	24	70	3,5	55
Hybrides simples...	55	64	54	46	75	6,7	92
Hybride double....	64	65	81	67	88	12,3	106

L'hybridation augmente considérablement l'amidon et les glucides solubles. Le saccharose surtout profite de cette dernière augmentation, mais il nous reste à préciser si elle provient surtout d'une synthèse plus active ou d'une migration ralentie. N'oublions pas non plus que tous ces hybrides sont de première génération et qu'il faudra distinguer ce qui revient à l'hybridation de la part spéciale de l'hétérosis.

CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action mitoclasique du colchicoside, comparée à celle de la colchicine.* Note (*) de MM. **Marcel Mascré** et **Guy Deysson**, présentée par M. René Souèges.

Le colchicoside est un hétéroside de la desméthylcolchicine. Il exerce une action mitoclasique identique à celle de la colchicine, mais beaucoup moins intense. Son action tuméfiante se manifeste encore pour des concentrations non mitoclasiques.

Le colchicoside a été isolé tout récemment des graines du *Colchicum autumnale* L. par M. P. Bellet (1). C'est un hétéroside constitué par l'union d'une molécule de glucose et d'une molécule de desméthylcolchicine [= « corps C » de Santavy et Reichstein (2)]. Nous avons voulu rechercher si cette substance exerçait les mêmes effets mitoclasiques et tuméfiants que la colchicine.

Nous avons opéré sur les racines d'*Allium Cepa* L., dans les conditions qui nous sont habituelles (3). Les solutions de colchicoside ont été choisies de façon à réaliser un titre en desméthylcochicine identique au titre en colchicine des solutions témoins, soit 1,45 de colchicoside pour 1 de colchicine. Les diverses concentrations mises en expérience vont de la concentration seuil à la concentration exerçant un effet mitoclasique maximum, en dehors de toute action léthale.

1° Nous avons comparé l'action d'une solution de colchicine à 0,005 %

(*) Séance du 28 avril 1952.

(1) *Ann. pharm. fr.*, **10**, 1952, p. 81.

(2) *Helv. chem. Acta*, **33**, 1950, p. 1606.

(3) *Bull. Soc. bot. Fr.*, **91**, 1944, p. 206.

(seuil), à celle d'une solution de colchicoside à 0,007 %. Avec la colchicine, on observe la tuméfaction en chapelet des racines ([1]) après 2 à 3 jours; une action mitoclasique modérée ne se manifeste qu'après 4 à 5 jours. Le colchicoside ne provoque, dans ces conditions, ni tuméfaction, ni troubles mitotiques; il ralentit seulement légèrement l'allongement des racines.

2° La comparaison porte ici sur une solution de colchicine à 0,02 % et sur une solution de colchicoside à 0,029 %. Avec la colchicine, la tuméfaction apparaît dans les 24 h et l'action stathmocinétisante est totale en quelques heures. Avec le colchicoside, la tuméfaction n'apparaît qu'après 4 jours. On constate qu'il exerce une action mitodépressive se traduisant par la diminution du nombre des prophases et des télophases, et une action mitoclasique discrète (les hémicinèses se rencontrent chez 10 % environ des ana- et des télophases; les stathmocinèses chez 10 % à 25 % des métaphases). Mais, au cours de ces expériences, nous avons constaté que les solutions de colchicoside se coloraient peu à peu en jaune de plus en plus intense; elles donnent alors avec l'acide nitrique une coloration analogue à celle que donnent avec ce réactif la colchicine ou la desméthylcolchicine; il y avait donc, au cours de l'expérience, hydrolyse de l'hétéroside. Comparant des solutions récentes (renouvelées) à des solutions anciennes, nous avons observé, dans ce dernier cas, une apparition plus précoce de la tuméfaction, sans augmentation de l'effet mitoclasique.

3° Nous avons fait agir comparativement une solution de colchicine à 0,20 % et une solution de colchicoside à 0,29 %. L'action de la colchicine est évidemment maximum. Sous l'influence du colchicoside la tuméfaction n'apparaît encore que le troisième jour. L'action mitoclasique n'apparaît qu'après 3 jours, elle est alors assez importante (les stathmocinèses représentent, dans une préparation, 78 % de l'ensemble des méta-, ana- et télophases, les hémicinèses, 12 % de l'ensemble des ana- et télophases). Pour éviter la cause d'erreur due à l'altération possible des solutions, signalée plus haut, nous avons pris soin, ici, de renouveler chaque jour ces solutions.

4° Nous avons fait agir sur les racines d'*Allium*, une solution de colchicoside à 1 %. La tuméfaction, très nette, apparaît avant 48 h. L'action mitoclasique est très intense dès les premières heures; l'action stathmocinétisante est rapidement totale. Elle est itérative. En somme, l'action est alors identique à celle qu'exerce une solution de colchicine à 0,025 % par exemple.

([1]) G. Deysson, *Thèse Doct. Pharm.* (État), Paris, 1948.

Conclusions. — Le colchicoside exerce, sur les racines d'*Allium Cepa* L. une action mitoclasique et tuméfiante de même nature que celle de la colchicine, mais à des concentrations au moins 50 fois plus élevées. Si l'on étudie l'influence de concentrations régulièrement décroissantes, on constate que, contrairement à ce qui se produit avec la colchicine, l'action tuméfiante persiste longtemps après la disparition de l'action mitoclasique. Nous comparons actuellement l'action du colchicoside à celle de son aglucone : la desméthylcolchicine.

HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'ontogénie des collenchymes chez les Dicotylédones.* Note de M. **Albert Duchaigne**, présentée par M. Paul Becquerel.

La collenchymatisation provoque le comblement progressif des méats préexistants par croissance centrifuge de la membrane et s'oppose à la différenciation des lamelles moyennes; il y a hypertrophie de la membrane primaire, en partie ou en totalité, mais il ne se forme pas de membrane secondaire.

L'épaississement de la membrane végétale s'effectue suivant deux modes différents, l'un centripète, réalisé par exemple dans les collenchymes et les sclérenchymes, l'autre centrifuge, très rare chez les Phanérogames où il ne s'observe guère que dans les grains de pollen (1), (2). Telle est la conception classique; cependant, l'ontogénie des collenchymes n'ayant pas encore été décrite avec toute la précision nécessaire, nous avons entrepris son étude chez les Dicotylédones.

En réalité, la croissance en épaisseur de la membrane des collocytes n'est pas aussi simple qu'on le croyait; elle comporte deux cas selon l'origine du tissu. Dans le premier, le collenchyme provient d'un méristème sans méats; l'épaississement est nettement centripète comme on peut l'observer dans la tige des Courges (*fig.* 1 et 2). Dans le second cas, plus répandu, il provient d'un méristème à méats ou même d'un véritable parenchyme ordinaire; la croissance de la membrane est alors non seulement centripète, mais aussi centrifuge, contrairement à l'opinion classique. Nous avons, en effet, constaté le comblement progressif des méats préexistants dans les familles les plus diverses (*fig.* 3 à 5, 7 à 9) :

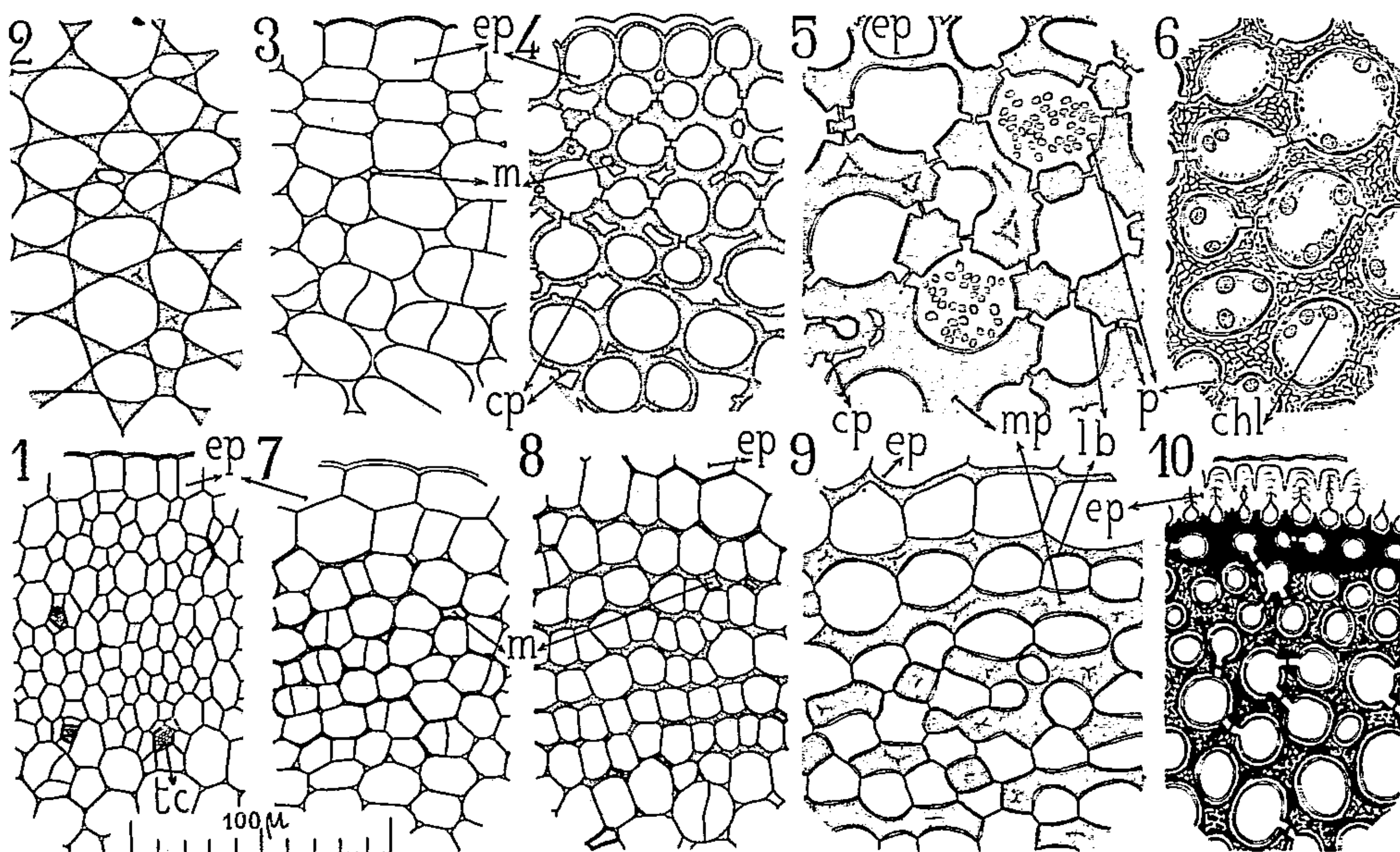
Magnoliacées (*Magnolia grandiflora* L., pétiole). Renonculacées (*Helleborus fœtidus* L., pétiole). Ilicacées (*ilex Aquifolium* L., nervure médiane). Araliacées (*Hedera Helix* L., pétiole). Cornacées (*Aucuba japonica* Thunb., pétiole). Apocynacées (*Nerium Oleander* L., nervure médiane). Solanacées (*Atropa Belladona* L., tige et pétiole). Labiées (*Ballota fœtida* Lam., tige). Caprifoliacées (*Sambricus nigra* L., tige). Moracées (*Ficus elastica* Roxb., pétiole et nervure médiane). Aristolochiacées (*Aristolochia clematitis* L., tige), etc.

---

(1) H. Molisch, *Anatomie der Pflanze*, Iena, 1927, p. 38.

(2) P. Dangeard, *Cytologie végétale et cytologie générale*, Paris, 1947, p. 547.

Lorsque la croissance centrifuge de la membrane intéresse de grands méats ou même de véritables lacunes, elle s'accompagne souvent d'une poussée de crêtes pecto-cellulosiques faisant saillie à l'intérieur du méat ou de la lacune (cp, *fig.* 4 et 5). Un tel processus confirme l'hypothèse de Guilliermond, Mangenot et Plantefol, qui pensent qu' « un collenchyme typique peut être interprété comme un parenchyme dont les méats seraient comblés par une matière celluloso-pectique solide » ([3]).



Ontogénie des collenchymes. — 1, 2, type angulaire, tige de *Cucurbita pepo;* 3, 4, 5, type annulaire, pétiole d'*Aucuba japonica*, avec observation vitale; 6, 7, 8, 9, type tangentiel, tige de *Sambucus nigra;* 10, feuille de *Nerium Oleander* après coloration des composés pectiques; ep, épiderme; m, méat; mp, membrane primaire; cp, crête pectique; lb, lamelle bordante; p, ponctuation; chl, chloroplaste; tc, tube criblé.

D'autre part, il ne se forme pas de véritables lamelles moyennes distinctes; nous pensons, avec Dauphiné ([4]), que la paroi des collocytes est une membrane primaire hypertrophiée. Les composés pectiques s'accumulent suivant une large bande mitoyenne de plus en plus épaisse, uniformément colorée par le rouge de ruthénium au début de la croissance, présentant ensuite des marbrures plus ou moins nettes (*fig.* 10). Cette bande, dont les limites demeurent assez vagues, constitue la majeure partie de la paroi; elle se continue, du côté de la cavité cellulaire, par une zone moins étendue, cellulosique, colorable par la benzoazurine. La membrane primaire hyper-

---

([3]) *Traité de Cytologie végétale*, Paris, 1933, p. 998.

([4]) *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 1046.

trophiée est enfin limitée par une mince lamelle bordante interne dépourvue de composés pectiques. Bien que non stratifiée, l'épaisse membrane des collocytes n'est cependant pas homogène; elle montre, surtout à l'observation vitale, une fine structure plus ou moins alvéolaire ou fibrillaire (*fig.* 6).

Outre les collenchymes angulaire (*fig.* 1 et 2) et annulaire (*fig.* 3 à 6), il y a lieu de distinguer un troisième type que nous proposons d'appeler collenchyme tangentiel (tige de Sureau par exemple, *fig.* 7 à 9); l'épaississement, limité aux faces tangentielles, respecte les faces radiales; c'est le « Plattenkollenchym » de Carl Müller (5); on n'en parle pas dans les traités français. Le collenchyme annulaire présente enfin un riche système de ponctuations qui n'avait pas encore été décrit. Ce sont généralement de larges et profondes ponctuations, plus ou moins cylindriques (p, *fig.* 5, 6 et 10) se correspondant de collocyte à collocyte et n'épargnant, entre deux cellules adjacentes, qu'une mince lamelle pectique; ainsi l'épaisseur considérable de la paroi ne gêne en rien les échanges intercellulaires.

En conclusion, la collenchymatisation tend à abolir les limites entre les cellules voisines et diffère ainsi essentiellement de la lignification et de la fibrogénèse qui accusent ces limites en faisant apparaître lamelles moyennes et méats; de même, elle hypertrophie la membrane primaire et inhibe la formation d'une membrane secondaire, alors que la lignification et la fibrogénèse doublent la membrane primaire toujours mince d'une épaisse membrane secondaire.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Borofluorhydrates d'alcaloïdes.* Note de MM. **Maurice-Marie Janot** et **Marcel Chaigneau**, présentée par M. Paul Lebeau.

E. Wilke-Dörfurt et G. Balz (1) ont, en 1927, dégagé les analogies réactionnelles de l'acide perchlorique ClO_4H et de l'acide borofluorhydrique ou fluoborique BF_4H et montré tout le parti que l'on pouvait tirer de l'emploi de ce dernier acide principalement pour la caractérisation et l'isolement, sans danger, des composés diazonium. Chemin faisant, les auteurs allemands ont préparé quelques combinaisons, peu solubles dans l'eau, de bases organiques et en particulier d'alcaloïdes : brucine, strychnine, morphine, cocaïne; les quatre produits obtenus répondent à une formule du type : alcaloïde, BF_4H. La méthode suivie consistait à traiter le sel d'alcaloïde (acétate ou chlorhydrate) par une solution aqueuse de BF_4H en présence d'acétate d'ammonium ; dans ces conditions la combinaison avec la quinidine n'a pu être séparée.

---

(5) *Ber. d. Deutsch. Bot. Ges.*, 8, 1890, p. 150.

(1) *Ber. d. deutsch. Chem. Ges.*, 60, 1927, p. 115-118.

Appliquant à l'acide borofluorhydrique, la technique qui nous a permis d'obtenir de nombreuses combinaisons alcaloïdiques cristallisées de SiF_6H_2 (²), ZrF_6H_2 (²), $NbOF_5H_2$ (³) et TiF_6H_2 (³), nous avons pu facilement préparer par double décomposition entre une solution aqueuse d'un sel d'alcaloïde (chlorhydrate ou sulfate) et une solution aqueuse de borofluorure de sodium en excès (ou de borofluorure d'ammonium), les sels cristallisés très peu solubles des alcaloïdes, dont nous donnons dans les tableaux suivants les formules et les analyses.

	Formule (*).	Trouvé %.			
		OH_2.	BF_4H.	N.	B(**)
Quinine $C_{20}H_{24}N_2O_2$	A (B), $2OH_2$	8,00	19,22	6,25	72,38
Quinidine $C_{20}H_{24}N_2O_2$	A (B)	0,2 (?)	20,90	6,71	77,77
Cinchonine $C_{19}H_{22}N_2O$	A (B), OH_2	4,43	21,51	6,96	73,12
Cinchonidine $C_{19}H_{22}N_2O$	A (B), OH_2	4,40	21,25	6,94	72,91
Strychnine $C_{21}H_{22}N_2O_2$	A (B). OH_2	4,02	19,51	6,30	75,23
Brucine $C_{23}H_{26}N_2O_4$	A (B), OH_2	3,53	17,31	5,50	77,43
Morphine $C_{17}H_{19}NO_3$	A (B), $2OH_2$	8,94	20,88	3,34	68,19
Codéine $C_{18}H_{21}NO_3$	A (B)	0,3 (?)	22,08	3,57	76,46
Corynanthine $C_{21}H_{26}N_2O_3$	A (B)	0	19,42	6,45	81,66
Corynanthéine $C_{22}H_{26}N_2O_3$	A (B), $3OH_2$	3,75	18,43	5,99	78,50
Spartéine $C_{15}H_{26}N_2$	A_2(B)	0	42,12	6,82	57,07
Tropacocaïne $C_{15}H_{19}NO_2$	A (B)	0	25,92	4,20	73,45

(*) A = BF_4H. (**) B = alcaloïde, calculé d'après le dosage d'azote.

	Calculé %.				
	OH_2.	BF_4H.	N.	B.	$[\alpha]_D$(*).
Quinine	8,03	19,59	6,25	72,38	— 159°
Quinidine	0	21,30	6,79	78,70	+ 205
Cinchonine	4,50	21,96	7,00	73,54	+ 160
Cinchonidine	4,50	21,96	7,00	73,54	— 110
Strychnine	4,09	19,96	6,36	75,95	— 26
Brucine	3,60	17,56	5,60	78,84	— 29
Morphine	8,80	21,47	3,42	69,73	— 93
Codéine	0	22,68	3,62	77,32	— 106
Corynanthine	0	19,86	6,33	80,14	— 76
Corynanthéine	3,82	18,59	5,93	77,59	+ 16
Spartéine	0	42,84	6,83	57,16	— 12
Tropacocaïne	0	26,37	4,21	73,63	0

(*) Trouvé en solution aqueuse à une concentration voisine de 0,5 % à 15°, ce qui représente la saturation pour les sels de quinidine et de strychnine.

En dépit de nombreuses tentatives de doser séparément le fluor et le bore, par différentes méthodes, nous avons dû renoncer à l'évaluation distincte de

(²) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 982 et 1402.
(³) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1152 et **229**, 1949, p. 69.

ces deux éléments, en raison de la dispersion irrégulière des valeurs obtenues. L'acide borofluorhydrique a été dosé pondéralement avec des résultats satisfaisants, à l'état de borofluorure de potassium insoluble.

L'eau correspond à la perte de poids, soit à l'étuve à 105°, soit à froid, en présence de O_5P_2, les deux procédés conduisant d'ailleurs à une excellente concordance.

La teneur en alcaloïde est calculée d'après un dosage d'azote total effectué en macrométhode selon Kjeldahl.

Les borofluorhydrates ici rapportés sont tous remarquablement cristallisés et peuvent être utilisés, au même titre que les fluosels antérieurement décrits, pour l'identification microcristalline des bases utilisées. Il faut retenir plus particulièrement le borofluorhydrate de spartéine et celui de tropacocaïne, tout en remarquant que, si ce dernier est facilement préparé, il a été impossible d'isoler le borofluorhydrate de cocaïne naturelle.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Rapports entre vitamine* C *et cellulose dans la Noix.* Note de MM. **Alexandre Damanski** et **Sava Stanimirovic**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les fonctions de la vitamine C chez les plantes ne sont pas encore bien établies. On ne sait pas si le rôle de cette vitamine est celui d'un catalyseur ou s'il est tout autre. Le fait que l'acide ascorbique est toujours en quantité plus ou moins grande dans les diverses parties du fruit en pleine période de développement laisse penser qu'il est un facteur essentiel de celui-ci.

Les variations des taux de vitamine C en cours de végétation (1), (2) nous ont conduits à rechercher s'il y a quelque rapport entre cette vitamine et quelque autre principe immédiat. Dans ce but, nous avons recherché quels rapports s'établissent entre vitamine et cellulose (brute) dans la Noix.

C'est dans le mésocarpe (partie du fruit qui se transforme en écale) que se trouve le plus de vitamine et de cellulose; au commencement, beaucoup de vitamine et peu de cellulose et l'inverse ensuite. Nos dosages de vitamine ont porté sur les organes ci-après mentionnés; ils ont été faits suivant la méthode Emmerie-van Eckelen (3). La cellulose brute a été dosée suivant Scharrer-Kürschner (4). Les titres se rapportent au matériel frais (échantillons analysés

---

(1) A. F. Damanski et M. Bakarcic, *Bull. Acad. serbe des Sciences*, 1, 1951, p. 163; A. F. Damanski et R. Topalovic-Avramov, *Ibid.*, 1, 1951, p. 129 et *Acta pharm. Jugosl.*, 1, 1951, p. 37; A. F. Damanski, R. Topalovic-Avramov et Z. Kasas, *Bull. Ac. serbe des Sciences*, 1, 1951, p. 155.

(2) C. Daglish, *Bioch. J.*, 49, 1951, p. 639.

(3) *Biochem. Zeits.*, 30, 1936, p. 25.

(4) *Biedermans Zentrabl. Tier-Ern.*, 3, 1931, p. 302.

une heure après les prélèvements faits sur la partie du noyer orientée vers le Nord-Est).

Épicarpe.

Vitamine C (en mg pour 100 g).	Cellulose brute (%).
935	2
908	2,2
840	1,7
795	2,1
763	1,8
336	1,9
192	2
180	2,3

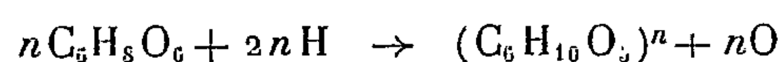
Mésocarpe.

Vitamine C (en mg pour 100 g).	Cellulose brute (%).
2000	0,67
1598	1,8
1452	2,26
1296	3,54
1285	3,9
976	6,9
285	8,1
95	16
0	20,5

	Vitamine C (en mg pour 100 g).
Noyau (en cours de maturation)	38
Pellicule du noyau (id.)	30
Pédoncule du fruit (phase initiale)	244
» (fin de végétation)	85
Feuille (milieu de la période de végétation)	538

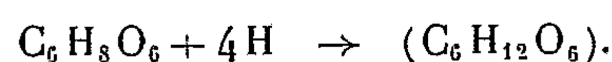
La vitamine C se trouve ainsi en proportion le plus considérable dans la partie du fruit qui deviendra l'écale. Tandis qu'elle atteint au début 2 000 mg pour 100 g, elle tombe à zéro après formation de l'écale, la cellulose atteignant son maximum au même stade.

La question se pose de savoir si la vitamine C sert effectivement à la formation de la cellulose dans l'écale. Le mécanisme de la formation de la cellulose pourrait s'exprimer ainsi :



$$n\,C_5H_8O_6 + 2n\,H \rightarrow (C_6H_{10}O_5)^n + n\,O$$

ou



$$C_6H_8O_6 + 4\,H \rightarrow (C_6H_{12}O_6).$$

D'après Daglish ([5]), il existe un parallélisme entre l'acide ascorbique et l'hydrojuglone au cours de la végétation ; l'hydrojuglone pourrait être le donateur d'hydrogène intervenant dans cette réduction. La naphtoquinone formée lors de la réduction de l'acide ascorbique servirait à la formation de la lignine.

Dans la feuille, comme dans l'épicarpe, il y a beaucoup de vitamine C au cours de la maturation du fruit, la cellulose restant pratiquement constante. La diminution de la vitamine C ne se précise franchement qu'à la fin de la période de végétation.

([5]) *Bioch. J.*, 47, 1950, p. 458-462.

D'après les rapports constatés entre vitamine C et cellulose au cours de la formation de l'écale, il semble que ce soit dans la feuille et dans l'épicarpe que se forme la vitamine, et c'est de là que se ferait le ravitaillement des autres parties de la plante et notamment du fruit.

PHYSIOLOGIE. — *Influence de la thyroïdectomie sur le sang et sur le poids des organes dans l'inanition protéique et dans un régime équilibré.* Note de MM. **Alexandre Aschkenasy** et **Philippe Pariente**, présentée par M. Robert Courrier.

L'un de nous ([1]) a déjà montré que l'anémie protéiprive est plus importante chez des rats mâles éthyroïdés que chez des rats intacts. Cette Note complète ces données par une étude de l'action de la thyroïdectomie sur la composition de la moelle osseuse et sur le poids de certains organes au cours de l'inanition protéique. Elle montre en outre qu'en régime riche en protéines, l'ablation de la thyroïde ne comporte presque aucun retentissement sur l'érythropoïèse.

25 rats ♂ de 45 jours (Wistar) de 120 g environ sont divisés en deux groupes : 15 rats dont 8 ont été thyro-parathyroïdectomisés une semaine avant le début du régime, sont mis à l'inanition protéique ([2]); 10 autres rats dont 5 thyro-parathyroïdectomisés, reçoivent un régime contenant 18 % de caséine mais analogue par ailleurs au régime précédent. Après 30 jours tous les rats sont sacrifiés et les poids des organes rapportés à 100 g de poids somatique. Le sang est examiné au début et à la fin, et la moelle osseuse fémorale à la fin de l'expérience.

Résultats. — 1. La thyroïdectomie n'influence pas la chute de *poids* dans l'inanition protéique : chute de 36,1 % chez les rats opérés contre 37,5 % chez les rats intacts. En revanche elle réduit considérablement l'utilisation pondérale des protéines alimentaires dans le régime à 18 % de caséine : augmentation de poids de 28,6 % seulement chez les rats opérés contre 79,5 % chez les rats intacts.

2. Contrairement à ses effets sur la croissance pondérale, l'action de la thyroïdectomie sur l'*hématopoïèse* est relativement peu accusée dans le régime bien pourvu en protéines alors qu'elle aggrave considérablement l'anémie de l'inanition protéique (tableau I).

([1]) A. Aschkenasy et P. Aschkenasy-Lelu, *Le Sang*, 20, 1949, p. 77.

([2]) Composition du régime (pour 100 g d'aliment sec) : saccharose, 79,3; dextrine, 10; huile d'arachide, 5; mélange salin d'Orent, 5,7; acide ascorbique, 2,5 cg; vitamine B_1, 1 mg; B_2, 2 mg; PP, 2 cg; B_6, 2 mg; pantothénate de Ca, 3 mg; inositol, 6 cg; biotine, 20 μg; vitamine E, 1 mg; vitamine K, 1 mg; vitamines A et D; chlorure de choline, 50 cg; acide ptéroylglutamique, 100 μg. Le tout dilué dans 50 % d'eau.

TABLEAU I.

Évolution comparée des érythrocytes et de l'hémoglobine (± erreur standard) chez des rats intacts et des rats thyroïdectomisés.

	Groupe.	Érythrocytes (× 10⁶). Début.	Érythrocytes (× 10⁶). Fin.	Variation (%).	Hémoglobine (g). Début.	Hémoglobine (g). Fin.	Variation (%).
Régime sans protéines.	Non opéré.	6,87 ± 0,26	6,54 ± 0,18	− 4,9	12,14 ± 0,37	10,13 ± 0,22	− 16,53
	Thyroïdectomisé..	7,01 ± 0,09	5,80 ± 0,42	− 17,3	12,99 ± 0,39	9,01 ± 0,80	− 30,63
18 % de protéines.	Non opéré.	6,55 ± 0,16	8,36 ± 0,25	+ 27,6	11,29 ± 0,41	14,01 ± 0,20	+ 24,1
	Thyroïdectomisé..	6,79 ± 0,10	8,76 ± 0,15	+ 29,1	11,44 ± 0,59	13,06 ± 0,29	+ 14,1

La leucopénie protéiprive n'est que peu modifiée. La moelle osseuse contient chez les rats thyroïdectomisés et privés de protéines une proportion de normoblastes orthochromatiques qui est presque le double de celle trouvée chez les rats intacts (50,4 % ± 3,9 contre 27,9 % ± 5,2) alors que les macroblastes ne sont pas influencés (12 % ± 0,8 contre 14 % ± 2,2).

3. La comparaison des *poids relatifs des organes* chez les rats intacts dans les régimes équilibré et protéiprive (tableau II) montre que l'inanition protéique, loin de provoquer une involution proportionnée des organes, se révèle être nocive surtout pour les organes lymphoïdes (rate et surtout thymus) alors qu'elle respecte relativement les reins, les testicules et surtout les surrénales.

TABLEAU II.

Poids relatifs des organes (pour 100 g *de poids somatique)*
chez des rats intacts et des rats thyroïdectomisés $\left(\pm E_s = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n(n-1)}}\right)$.

	Groupe.	Foie (g).	Rate (g).	Reins (g).	Testicules (g).	Surrénales (mg).	Thymus (mg).
Régime sans protéines.	Non opéré.	5,480 ± 0,240	0,296 ± 0,012	1,237 ± 0,047	1,372 ± 0,147	24,5 ± 1,8	27,3 ± 6,3
	Thyroïdectomisé..	5,491 ± 0,130	0,234 ± 0,014	1,009 ± 0,033	1,002 ± 0,138	26,3 ± 1,0	26,2 ± 3,8
18 % de protéines.	Non opéré.	5,671 ± 0,105	0,384 ± 0,066	1,052 ± 0,015	1,054 ± 0,018	17,2 ± 1,2	176,6 ± 8,8
	Thyroïdectomisé..	5,025 ± 0,235	0,318 ± 0,052	0,877 ± 0,030	1,415 ± 0,086	16,9 ± 1,1	162,2 ± 21,5

Chez les rats thyroïdectomisés on constate une accentuation de l'atrophie de la rate et des reins et moins constamment des testicules, alors que le foie et les surrénales ne sont presque pas influencés. Avec 18 % de caséine la thyroïdectomie détermine également une réduction relative de la rate et des reins et en outre une diminution du thymus.

Conclusions. — La thyroïdectomie accentue l'anémie protéiprive et la normoblastose médullaire qui accompagne cette anémie. Elle provoque en outre dans l'inanition protéique une involution particulièrement accusée de la rate, des reins et des testicules, mais n'agit ni sur le foie ni sur le poids somatique. Ces effets dissemblables sur les divers organes font supposer que l'aggravation de l'anémie ne résulte pas simplement d'un ralentissement général des oxydations cellulaires, mais d'une altération élective de la fonction médullaire. L'alimentation protéique tend à neutraliser l'effet anémiant de la thyroïdectomie mais n'empêche pas son action sur les reins et sur les organes lymphoïdes; elle met en outre en évidence l'inhibition de la croissance sous l'effet de cette opération.

PHYSIOLOGIE. — *L'emploi de la méthode hygrophotographique dans l'étude de la perspiration insensible.* Note de M. JOSEPH SIVADJIAN, présentée par M. André Mayer.

La perspiration insensible ou sortie d'eau extrarénale est l'un des facteurs les plus importants de la thermolyse; elle est, en outre, étroitement liée au métabolisme des éléments énergétiques et se trouve sous la dépendance de différents mécanismes de régulation : mécanisme humoral, action hormonale et influence nerveuse. Les recherches méthodiques et minutieuses de A. Gasnier et A. Mayer (1) ont montré, en effet, le rôle des médiateurs chimiques du système nerveux autonome tels que : acétylcholine, adrénaline, dans la perspiration. En comparant la perte de poids spontanée chez le Chat normal et le Chat sympathectomisé, ces auteurs ont mis également en évidence l'importance du sympathique dans la régulation de cette élimination d'eau par évaporation cutanée et pulmonaire. En étudiant l'action des agents pharmacologiques vasodilatateurs (histamine) ou vasoconstricteurs (ergotamine), Gasnier et Mayer ont pu vérifier aussi que la perspiration dépend de la vasomotricité des vaisseaux périphériques et qu'il faut s'attendre à ce que les corps vasodilatateurs provoquent une augmentation de la perspiration et à ce que des corps constricteurs des vaisseaux périphériques provoquent une diminution de la perspiration.

(1) *Ann. Physiol. et Physicochim. biol.*, 10, 1934, p. 147; 13, 1937, p. 111, 131, 144, 155, 571, 579, 592, 605 et 620.

Ginandes et Topper ([2]) ont étudié longuement la perspiration insensible chez les enfants âgés de 2 à 14 ans et établi des relations entre celle-ci et l'âge, le poids, la surface cutanée, etc.

Les études sur la perspiration insensible ont été faites jusqu'ici à l'aide de balances sensibles avec lesquelles on détermine, soit la perte de poids par le sujet soumis à l'étude, soit l'augmentation du poids d'une certaine quantité de chlorure de calcium anhydre ou de tout autre produit hygroscopique servant à fixer la vapeur d'eau dégagée.



M. André Mayer nous a donc suggéré d'essayer la méthode hygrophotographique, dont nous avons montré précédemment les applications dans l'étude de la transpiration des plantes ([3]) et dans l'enregistrement des précipitations atmosphériques ([4]).

Suivant cette suggestion, lorsque nous appliquons sur la peau une plaque au gélatino-iodure d'argent et de mercure, préalablement noircie par exposition à la lumière, nous remarquons, après quelques minutes de

([2]) *Amer. J. dis Childr.*, 52, 1936, p. 28, 1335; 53, 1937, p. 705; 55, 1938, p. 1176; 58, 1939, p. 71.

([3]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1956.

([4]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 647.

contact, l'apparition sur la plaque de nombreux points jaunes correspondant aux endroits de la surface cutanée qui sont le siège d'un dégagement de la vapeur d'eau. Chez les enfants, la perspiration est particulièrement active; c'est ce que l'on constate en appliquant la main de l'enfant sur une de ces plaques préparées comme nous venons de dire. En quelques secondes, la main se dessine sur la plaque d'une manière particulièrement frappante, en reproduisant exactement les striations de la peau figure 1.

Lorsque, à l'aide de pinces en bois, on fixe sur le pavillon de l'oreille épilé du Lapin la plaque hygrophotographique, on constate que celle-ci commence à se décolorer à partir de la base de l'oreille et que cette décoloration s'étend progressivement vers les autres régions de la plaque. La figure 2 représente la perspiration de la peau de l'oreille d'un lapin normal, pesant 3 kg, après 30 m de contact et la figure 3 la perspiration du même organe, sous l'influence d'une substance vasodilatatrice, le diéthylaminométhyl-3 benzodioxane, administré à l'animal, à l'état de chlorhydrate et à la dose de 40 mg/kg, par voie sous-cutanée. Le diéthylaminométhyl-3 benzodioxane est un sympatholytique très actif, doué d'une action antithermique très puissante [5]. Il provoque, en outre, une vasodilatation périphérique intense qui est aussi en partie la cause de la thermolyse. La figure 4 représente la perspiration pulmonaire avant *a* et après *b* l'injection du benzodioxane (durée de pose, 1 m). L'augmentation de la perspiration sous l'influence de la vasodilatation provoquée par le produit est tout à fait en accord avec les observations et les conclusions de MM. Gasnier et Mayer. Il est cependant intéressant de signaler que la propriété sympatholytique ne joue pas de rôle dans cette action, puisque l'ergotamine qui est aussi une sympatholytique classique, comme le benzodioxane, mais qui, au lieu de provoquer la vasodilatation, amène, au contraire, une vasoconstriction, exerce sur la perspiration insensible un effet tout à fait contraire de celui du diéthylaminométhyl-3 benzodioxane.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Étude du milieu intérieur de* Macrothylacea rubi *L. au cours de la diapause*. Note de Mme **Andrée Drilhon**, présentée par M. Paul Portier.

La chenille de *Macrothylacea rubi* L. très commune en septembre, entre en diapause au début de l'automne. C'est au cours de cette diapause hivernale que nous avons essayé de suivre les modifications du milieu intérieur.

([5]) J. Sivadjian, *C. R. Soc. biol.*, 114, 1933, p. 868.

Nous avons gardé nos animaux dans un sol moyennement humide, dans une pièce presque isotherme (+5° à +8°).

L'état hygrométrique est très important : une trop grande humidité facilite le développement des moisissures qui infectent aisément ces animaux et un état de sécheresse peut provoquer une perte de poids qui entraîne la mort.

Nous avons dû échelonner nos recherches sur plusieurs années et pu ainsi réunir ces résultats cependant encore incomplets.

La concentration moléculaire est de —0,45 en septembre pour des larves actives; elle se maintient à ce chiffre jusqu'en octobre. Fin octobre le Δ atteint alors —0,48 puis —0,50. Quand les conditions d'hibernation sont bonnes, cette concentration reste à peu près stationnaire en décembre et en janvier; en février la concentration atteint —0,60.

Parallèlement les larves accusent une perte de poids sensible : 5 % en fin octobre, 12 % jusqu'en janvier et souvent plus de 15 % en janvier-février.

La déshydratation n'est pas le seul facteur responsable de l'augmentation de la concentration moléculaire : les acides aminés libres croissent régulièrement pendant le même temps; leur teneur de 1,60 g chez la larve active passe à 2,25 g puis 2,60 g et atteint souvent 3,25 g en fin février.

La méthode de chromatographie de partage nous a permis d'établir d'une part les acides aminés libres du sang de la larve en activité (de juillet à septembre) et de suivre ceux-ci au cours de la vie ralentie de l'hibernation.

En utilisant, successivement, ou simultanément, le phénol ammoniacal, le milieu de Partridge, l'alcool butylique ammoniacal ou le mélange alcool amylique-pyridine, on peut mettre en évidence les acides aminés et les substances fluorescentes que nous avons groupées dans le tableau ci-dessous :

Octobre.	Novembre.	Décembre.	Janvier.	Février.
Ac. glut.	Ac. glut.	Ac. glut.	Ac. glut.	Ac. glut.
Glycocolle	Glycocolle	Glycocolle	Glycocolle	Glycocole
Alanine	Alanine	Alanine	Sérine	Lysine
Tyrosine	Tyrosine	Tyrosine	Alanine	Serine
Valine	Valine	Histidine	Tyrosine	Alanine
	Leucine	Valine	Histidine	Tyrosine
		Tryptophane	Valine	Histidine
		Leucine	Tryptophane	Valine
			Leucine	Arginine
				Tryptophane
				Leucine
				Isoleucine
				Phénylalanine

Le taux croissant des acides aminés était déjà une indication des remaniements que subit la larve en diapause. Mais l'étude des éléments constituants de cet azote aminé est beaucoup plus manifeste.

L'apparition de l'histidine, de la phénylalanine, de la lysine et de l'arginine sont les témoins de l'histolyse des tissus. A la fin de l'hibernation, le milieu intérieur de la larve de *Macrothylacea rubi*, ressemble à celui d'une chrysalide dont la métamorphose est bien engagée.

Les substances fluorescentes deviennent aussi beaucoup plus abondantes, dans le sang, et dans les tubes de Malpighi. On décèle dans leur contenu des quantités importantes de flavine, de fluorescyanine, d'acide ptéroyl-glutamique. Nous avions fait cette même observation pour les tubes de Malpighi d'un sphingide en pleine métamorphose. L'accumulation des substances oxydo-réductrices, et d'éléments constituants des protides, peuvent alors permettre une nymphose accélérée.

Il apparaît clairement à la lecture de ces résultats que la vie ralentie hivernale n'est pas seulement pour *Macrothylacea rubi* L. une forme physiologique particulière d'adaptation à des conditions physiques de température et d'hygrométrie; le ralentissement dans les fonctions définies peut être considéré comme un début de vie de nymphose d'origine hormonale.

Dans le milieu intérieur les répercussions y sont déjà sensibles; on sait que l'augmentation des matières protéiques et surtout celle des acides aminés constitue la première manifestation des bouleversements qui accompagnent la métamorphose. La larve au cours de son sommeil hivernal est donc en perpétuelle modification; outre des échanges respiratoires réduits au minimum, une déshydratation importante et une concentration moléculaire augmentée.

A la lumière des travaux de Williams [1], on peut penser que les lépidoptères qui subissent ce temps de latence avant d'entrer parfaitement à l'état de nymphe, ont un système endocrinien qui fonctionne en deux temps : soit que sous l'impulsion d'une hormone réduite des glandes prothoraciques les tissus commencent leur processus d'histolyse où les enzymes des éléments figurés du sang entrent en jeu; il faut ensuite attendre le réveil de l'hormone du ganglion cérébroïde qui (à la manière de l'hypophyse des mammifères) permet aux systèmes endocriniens partiels d'accomplir leurs tâches pour que l'imago s'édifie au sein de la nymphe.

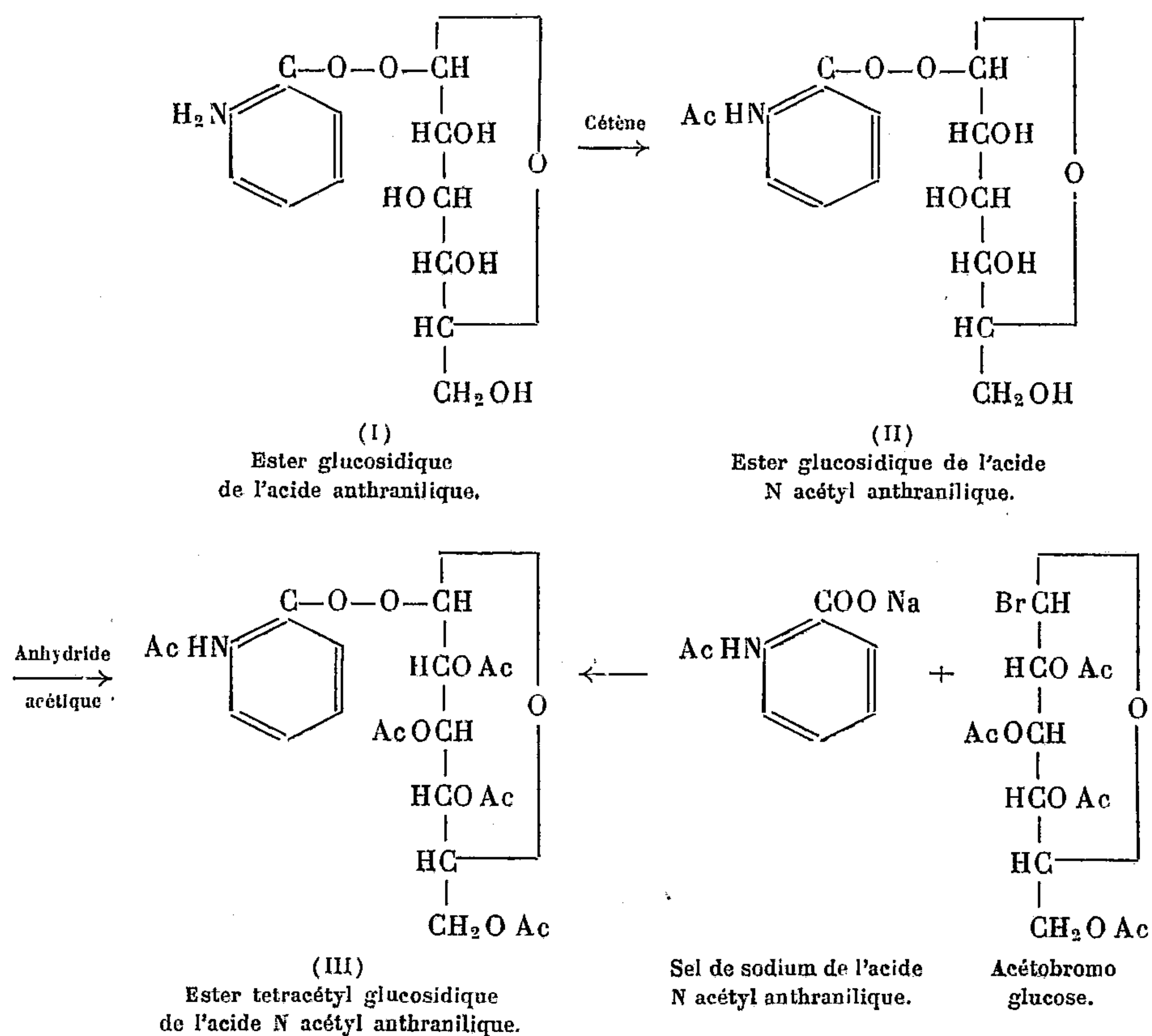
Ce sont donc peut-être chez ces animaux subissant une telle diapause qu'il serait plus aisé de discriminer ces fonctions hormonales dont on connaît maintenant l'existence et certains de leurs effets, mais qu'on n'est pas encore parvenu à définir chimiquement.

---

(1) *Federation Proceedings*, 9, n° 2, 1951, p. 546-552.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Biosynthèse de l'ester β-glucosidique de l'acide anthranilique par* Bacillus megatherium. Note de M. **Joseph Tabone** et Mlle **Daisy Robert**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons montré dans un travail précédent (¹) que dans les cultures de *B. megatherium* faites en présence de glucose et d'acide anthranilique, il apparaît une substance (A) qui est une combinaison de ces deux produits. Nous avions de plus émis l'hypothèse que cette combinaison pouvait être l'ester glucosidique de l'acide anthranilique (I). Dans le présent travail, nous nous sommes proposé de vérifier cette hypothèse.



(I) Ester glucosidique de l'acide anthranilique.

(II) Ester glucosidique de l'acide N acétyl anthranilique.

(III) Ester tetracétyl glucosidique de l'acide N acétyl anthranilique.

Sel de sodium de l'acide N acétyl anthranilique.

Acétobromo glucose.

1. *Étude des solutions concentrées et purifiées de* (A). — Nous n'avons pas pu, jusqu'ici du moins, isoler la substance (A) elle-même. Cependant nous avons obtenu, à partir des milieux de culture, une fraction dans laquelle se trouve concentrée cette substance et qui en particulier ne renferme plus ni glucose ni acide anthranilique (¹).

(¹) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, séance du 8 juillet 1952.

Ces solutions ont été soumises pendant 30 m à 45° à l'action de l'émulsine (extrait d'amandes douces). Dans ces conditions, la substance (A) qu'elles renferment se décompose en acide anthranilique et glucose : ces deux dernières substances ont été caractérisées par chromatographie sur papier. Les extraits de levure, riches en α-glucosidase se sont montrés, par contre, sans effet sur la substance (A). Ces faits sont compatibles avec notre hypothèse, ils précisent de plus que (A) serait un ester glucosidique β.

2. *Étude du dérivé monoacétylé de* (A). — Les solutions concentrées et purifiées de (A) soumises à l'action du cétène donnent un précipité. Ce précipité après deux recristallisations dans l'alcool légèrement hydraté donne un produit (B) qui fond en se décomposant à 181° (non corr.). On sait qu'en solution aqueuse le cétène est capable d'acétyler les groupements aminés aromatiques, mais laisse intactes les fonctions alcooliques du glucose. De sorte que, si (A) est bien l'ester glucosidique de l'acide anthranilique, (B) doit être considéré comme l'ester glucosidique de l'acide N acétyl anthranilique (II). Les résultats analytiques suivants sont conformes à cette hypothèse.

	C.	H.	N.	Acétyle.	Glucose.
Trouvé pour (B).........	52,50	5,48	4,21	17,64	51,5
Calculé pour (II).........	52,78	5,57	4,18	17,59	52,7

3. *Étude du dérivé pentaacétylé de* A. — On l'obtient en soumettant à l'action de l'anhydride acétique, une solution de (B) dans la pyridine. Après élimination des réactifs par distillation sous vide, on obtient un résidu que l'on recristallise à quatre reprises dans l'alcool méthylique. Dans notre hypothèse, ce produit (C) doit être l'ester tétracétyl glucosidique de l'acide N acétyl anthranilique. Or, nous avons pu réaliser la synthèse de ce dernier composé, de sorte que l'étude comparative de (C) et de (III) a été possible. L'ester (III) a été préparé en faisant réagir la solution aqueuse du sel de sodium de l'acide N acétyl anthranilique sur la solution acétonique de l'acétobromoglucose. Le produit de la réaction est recristallisé dans l'alcool méthylique à quatre reprises.

	C.	H.	N.	Acétyle.	α_D^{20} (chloroforme).	Point de fusion (non corr.).
Trouvé pour (C).....	—	—	—	57,6	—46°,55	174-175°
Trouvé pour (III)....	54,48	5,25	3,06	56,0	—46,87	174-175°
Calculé pour (III)....	54,22	5,30	2,75	58,9	—	—

Le mélange de (C) et de (III) fond à 174-175°. Ces résultats permettent de conclure à l'identité de (B) avec l'ester tétracétyl glucosidique de l'acide N acétyl anthranilique.

En résumé le *B. megatherium* synthétise à partir du glucose et de l'acide

anthranilique une combinaison de ces deux substances. L'étude de ce composé, celle de ses dérivés monoacétylé et pentaacétylé, ainsi que l'étude comparative de ce dernier avec l'ester tétracétyl glucosidique de l'acide N acétyl anthranilique, dont nous avons réalisé la synthèse, nous permet de conclure à l'identité de ce composé avec l'ester glucosidique de l'acide anthranilique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude comparée des protéines cristalliniennes de l'Homme et du Bœuf au moyen de l'électrophorèse sur papier.* Note de MM. Alain Choisy, Yves Derrien et Gaëtan Jayle, présentée par M. Maurice Javillier.

L'individualisation électrophorétique des constituants protéiques du cristallin n'a été étudiée que sur des organes de Bœuf ([1]), ([2]), de Cheval et de Porc ([2]). Les protéines cristalliniennes solubles de ces animaux se comportent comme un mélange de deux constituants de mobilité différente, respectivement identifiables à l'α- et à la β-cristalline isolées, dès 1894, de cristallins de bovidés par Mörner ([3]).

Les protéines solubles du cristallin humain ne pouvaient être étudiées que par l'électrophorèse sur papier, si l'on désirait poursuivre celle-ci sur un seul organe (32 mg de protéines solubles environ), car les techniques classiques (Tiselius-Svensson) ne sont applicables qu'à des quantités de protéines de l'ordre de 100 mg au minimum. L'objet de la présente Note est de résumer les résultats des recherches que nous avons entreprises sur le comportement électrophorétique des protéines cristalliniennes solubles de l'Homme et du Bœuf.

Les cristallins normaux, prélevés immédiatement après la mort, ont été broyés chacun dans 2,5 cm^3 de ClNa 0,1 M pour ceux de provenance humaine, dans 25 cm^3 de la même solution pour ceux d'origine bovine. Après 12 h de séjour à + 2° C et élimination de la fraction insoluble (albumoïde de Mörner) par centrifugation à 10 000 t/m, les solutions ont été concentrées par évaporation dans un sac de cellophane soumis à un courant d'air froid, jusqu'à ce que leur teneur en protéines atteigne 2 à 3 %.

L'électrophorèse des préparations a été opérée en utilisant le dispositif expérimental décrit par Wunderly et Reinaud ([4]) sur des bandes de papier

([1]) I. Hesselvik, *Skand. Arch. Physiol.*, 82, 1939, p. 151.

([2]) G. Viollier, H. Labhart et H. Sullmann, *Helv. Physiol. Acta*, 5, 1947, p. 10.

([3]) *Z. physiol. Chem.*, 18, 1894, p. 61.

([4]) *Rev. Hématol.* (sous presse).

Whatman n° 2 de 7 × 35 cm ([5]). On a déposé sur la ligne médiane de celles-ci perpendiculaire à leur longueur, deux prises d'essai de 0,02 cm³ (traits de 2,5 cm) de solution protéique provenant, l'une, d'un cristallin humain, l'autre, d'un cristallin de Bœuf. Les 24 électrochromatogrammes, obtenus par fixation au chlorure mercurique et coloration au bleu de bromophénol des protéines cristalliniennes après 7 h d'électrophorèse

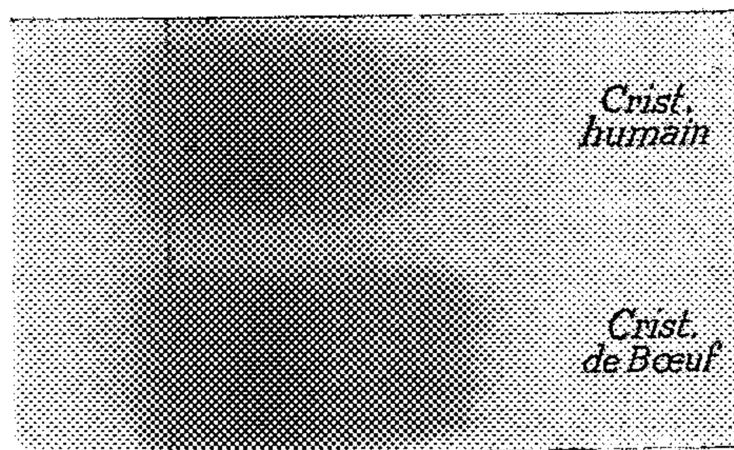


Fig. 1.

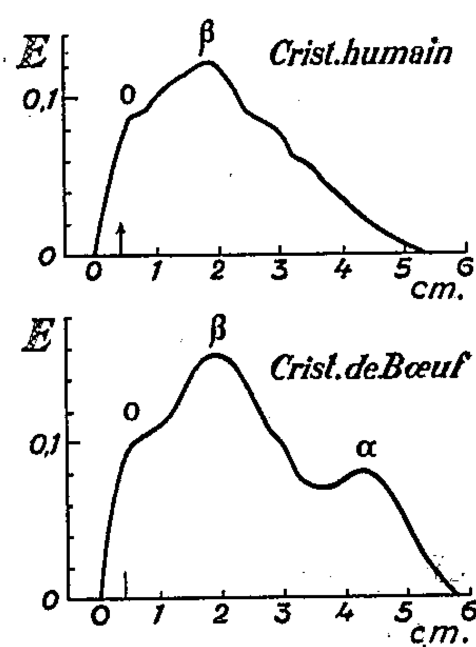


Fig. 2.

Fig. 1. — Électrochromatogramme des protéines cristalliniennes humaines et bovines, obtenu en 7 h, à pH 9, sous 250 V et 6 mA; coloration par le bleu de bromophénol.

Fig. 2. — Expression graphique de la variation de la coloration, en fonction de la distance à l'origine, des électrochromatogrammes reproduits sur la figure 1.

à pH 9 (tampon au véronal sodique à 12,1 g/1000 cm³), sous 250-300 V et 6 mA, sont pratiquement identiques à celui reproduit à titre d'exemple sur la figure 1. Ils objectivent par deux bandes colorées la présence constante dans les cristallins de Bœuf des constituants α et β signalés par Hesselvik ([1]) et par Viollier et ses collaborateurs ([2]). Par contre, les protéines cristalliniennes humaines ne comportent jamais plus d'un constituant prédominant, de mobilité voisine de celle de la β-cristalline du Bœuf (papier Whatman n° 2) ou légèrement inférieure (papier Munktell 20).

La comparaison des deux diagrammes de la figure 2, correspondant respectivement aux électrochromatogrammes de la figure 1 dont ils expriment la variation de coloration, en fonction de la distance à l'origine, objective ces faits. L'examen de cette figure permet, en outre, de préciser les données complémentaires suivantes. D'une part, les préparations cristalliniennes humaines et bovines renferment un « constituant » O, de

([5]) Après une série d'essais sur papiers Munktell 20, Whatman 1, 4 et 2, nous avons adopté ce dernier, qui permet la meilleure individualisation électrophorétique des constituants protéiques du cristallin.

mobilité nulle, dont nous avons pu nous assurer qu'il ne correspond qu'à la fixation par le papier d'une faible quantité de protéines insolubles contenues dans la prise d'essai. D'autre part, il existe dans les cristallins humains, une fraction protéique hétérogène de mobilité intermédiaire à celles de l'α- et de la β-cristalline du Bœuf. Nous nous proposons d'étendre cette étude aux protéines solubles des cristallins humains cataractés.

Conclusions. — L'électrophorèse sur papier a permis d'entreprendre l'étude des protéines solubles d'un seul cristallin d'Homme et de Bœuf. Celles de l'Homme se distinguent de celles du Bœuf, du Cheval et du Porc, en ce qu'elles ne renferment qu'un constituant électrophorétique prédominant au lieu de deux (α et β). Les résultats obtenus paraissent indiquer que le cristallin humain normal ne contient pas d'α-cristalline, tandis qu'une fraction électrophorétiquement identique à la β-cristalline, ou très voisine de celle-ci, y est présente.

MICROBIOLOGIE. — *Sur les caractères et les propriétés des microcoques pyogènes d'origine bovine.* Note de MM. **Jean Jacquet**, **Rémy Richou**, Mme **Lottie Steeg**, MM. **Claude Gerbeaux** et **Pierre Julienne**, présentée par M. Gaston Ramon.

Dans une Note antérieure (1) nous avons décrit les microcoques dits banaux qui constituent la microflore pratiquement constante de la mamelle de la Vache. On les rencontre, en outre, sur la peau, dans l'intestin et à la surface des différentes cavités naturelles. Nous réserverons l'appellation de microcoques pyogènes (staphylocoques pathogènes de nombreux auteurs) à des germes de morphologie absolument semblable, de mêmes affinités tinctoriales et dont les colonies présentent le même aspect mais qui, à la différence des espèces précédentes, sécrètent une coagulase possédant la propriété de coaguler le plasma oxalaté, font fermenter le mannitol, ont un pouvoir hémolytique net et liquéfient la gélatine nutritive en culot. Les autres caractères de ces espèces ont été partiellement signalés par l'un de nous (2), mais il nous a semblé utile de les préciser davantage.

L'étude de 64 souches de microcoques pyogènes d'origine mammaire nous a montré, là encore, des caractères intéressants, mais parfois instables.

Toutes les cultures obtenues ont été du type S.

Elles ont toujours formé des acides à partir du glucose, du lévulose, du lactose, du mannitol, du galactose, du saccharose, du glycérol (l'attaque de ces trois derniers glucides est parfois assez faible). Celle de l'amidon

(1) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 255.

(2) J. Jacquet, *Ann. Nutr. et Aliment.*, **5**, 1951, p. 350 et *La Production du Lait*, 1 vol., C. N. R. S., Paris, 1951, p. 284.

soluble est obtenue dans 90 % des cas, celle de la dextrine dans 85 % des cas et celle de l'arabinose, du dulcitol et du xylose dans 83 %.

Ces microcoques ne libèrent pas d'hydrogène sulfuré à partir des acides aminés soufrés, ni d'indol à partir du tryptophane. La protéolyse de la gélatine est constante; celle du caséinate de chaux en plaques gélosées est observée dans 75 % des cas. Le sérum coagulé n'est pas hydrolysé. Dans les 9/10 des cas, les souches étudiées possédaient une uréase en milieu de Ferguson et réduisaient presque constamment, très rapidement et fortement, les nitrates en nitrites. L'action sur le lait tournesolé est caractérisée dans 60 % des cas par une coagulation suivie de la réduction du colorant, et dans 40 % elle débute par la réduction.

Cultivés sur milieu à base de digestion papaïnique de viande de cheval et en atmosphère de 20 % de CO_2 et de 80 % d'air, les microcoques pyogènes élaborent les toxines hémolytiques α et β, dans la plupart des cas à un taux relativement élevé.

Sur 20 souches étudiées de ce point de vue, 4 seulement n'élaboraient qu'une seule de ces hémolysines. Pour les souches produisant les deux hémolysines, il y avait correspondance très nette entre la valeur de la toxine α et celle de la toxine β : une souche donnant une toxine α de pouvoir hémolytique élevé produisait également une toxine β de haut pouvoir hémolytique; au contraire, si la toxine α élaborée par une souche était douée d'un faible pouvoir hémolytique, la toxine β sécrétée par la même souche ne possédait qu'un pouvoir hémolytique peu marqué. Nous aurons l'occasion de revenir sur cette production de toxines staphylococciques α et β, caractéristique des souches d'origine animale.

Il résulte de nos recherches que l'on peut utiliser, pour la détermination des microcoques pyogènes d'origine bovine, la plupart des tests qui ont été préconisés en ce qui concerne la diagnose des staphylocoques d'origine humaine. Parmi ceux-ci, la recherche de la coagulase, la fermentation du mannitol, la production des hémolysines et la liquéfaction de la gélatine, nous paraissent les plus importants. On pourra y ajouter l'attaque de l'amidon ou de la dextrine. L'ensemencement sur la gélose au crystal violet proposé par Chapman et Berens [3] ne nous a pas semblé utile à retenir. En revanche, la pullulation dans un milieu salé, contenant 7,5 % de chlorure de sodium, comme cela a été établi par Koch [4], Chapman [5] et, enfin, Mc Culloch [6] en ce qui concerne les staphylocoques des mammites bovines, est à retenir.

---

(3) *J. Bact.*, **29**, 1935, p. 437.
(4) *Zentralb. Bakt.*, I, Abt. origin., **149**, 1942, p. 122.
(5) *J. Bact.*, **50**, 1945, p. 201.
(6) *Amer. J. Vet. Res.*, **8**, 1947, p. 173.

MICROBIOLOGIE. — *Influence de la température d'incubation sur les propriétés Vi de la souche* Ballerup. Note (*) de MM. **Pierre Nicolle** et **André Jude**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

La souche *Ballerup* élabore lorsqu'elle se développe à 18° beaucoup plus d'antigène *Vi* qu'à 37° (irisation plus intense des cultures et absorption plus importante des agglutinines *Vi*). Elle se comporte donc sous ce rapport d'une manière entièrement différente de *Salmonella typhi*, qui donne des cultures *Vi* négatives à 18° et des cultures très riches en antigène *Vi* à 37°.

L'antigène *Vi*, présent chez la souche *Ballerup*, confère aux cultures de cette Entérobactériacée des propriétés physiques, biologiques et sérologiques analogues à celles des cultures *Vi* de *Salmonella typhi* (1), mais l'optimum thermique pour l'élaboration de l'antigène *Vi* est beaucoup plus bas pour la souche *Ballerup* que pour le bacille typhique.

1. *Caractères Vi des cultures de la souche* Ballerup, *incubées à* 37°. — L'irisation caractéristique de la présence de l'antigène *Vi* chez *S. typhi* se retrouve, à un degré beaucoup plus accentué pour la souche *Ballerup*, lorsque ses cultures, en nappe continue ou ses colonies séparées, incubées à 37°, sont examinées à la transillumination oblique.

Les mêmes cultures sont agglutinées par un sérum anti-*Vi* préparé par l'injection au Lapin de cultures *Vi* du bacille typhique. Cependant, le taux d'agglutination est moins élevé qu'avec le bacille typhique cultivé à la même température.

Elles absorbent, au contraire, remarquablement les agglutinines *Vi* d'un sérum agglutinant, préparé par injection au Lapin d'un germe *Vi* (*S. typhi*, souche *Ballerup*, *Escherichia coli Vi*).

Elles sont sensibles, en milieu liquide et sur milieu solide, à certains bactériophages doués d'affinité pour les cultures *Vi* de *S. typhi* (2).

2. *Accentuation de certains caractères Vi chez les cultures développées à* 18°. — Contrairement à ce que l'on observe avec le bacille typhique (3), (1), qui, à 18°, n'élabore pas d'antigène *Vi*, les caractères *Vi* persistent chez la souche *Ballerup* cultivée à 18° : l'irisation et l'absorption des agglutinines *Vi* sont même beaucoup plus intenses que pour les cultures du même germe incubées à 37°. L'agglutinabilité *Vi* reste pratiquement inchangée. La sensibilité aux phages *Vi* est un peu moins marquée. Il apparaît donc, qu'à cette basse température, la souche *Ballerup* élabore plus d'antigène *Vi* qu'à 37°.

(*) Séance du 28 avril 1952.

(1) A. Jude et P. Nicolle, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1718.

(2) P. Nicolle, G. Rita et M. Huet, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2152.

(3) A. Félix, S. S. Bhatnagar et R. M. Pitt, *Brith. J. exp. Path.*, **15**, 1934, p. 346.

La diminution de l'effet lytique des bactériophages *Vi* est probablement la conséquence de l'excès d'antigène *Vi* qui produirait l'inactivation de nombreux corpuscules avant qu'ils aient pu pénétrer à l'intérieur des corps bactériens.

3. *Disparition complète de tous les caractères Vi par l'incubation à* 41°,5. — Les cultures de la souche *Ballerup*, qui se développent à 41°,5, ne présentent plus l'irisation caractéristique. Elles ne sont pas agglutinées par le sérum anti-*Vi* typhique. Elles n'absorbent plus les agglutinines des sérums anti-*Vi* typhique, *Ballerup* et *E. coli Vi*. Enfin, elles sont totalement réfractaires aux bactériophages *Vi*.

4. *Réapparition des caractères Vi, par repiquages à* 18°, *des cultures Vi-négatives obtenues à* 41°,5. — La disparition des caractères *Vi* par culture de la souche *Ballerup* à 41°,5 est complète, tandis que, pour *S. typhi* cultivé à la même température, on n'observe qu'une diminution de l'intensité des caractères. Mais, cette disparition n'est pas définitive : après quelques repiquages à 18° de la souche *Ballerup*, les caractères *Vi* réapparaissent. Il s'agit donc d'une suspension momentanée de la production de l'antigène *Vi*. Les cultures *Vi*-négatives obtenues à 41°,5 gardent leur potentiel *Vi*-formateur.

5. *Dissociation en colonies irisées et non irisées de cultures développées à* 18, *à* 37 *et à* 41°,5. — Les subcultures d'une colonie irisée de la souche *Ballerup* se dissocient en colonies irisées (*Vi*-positives) et en colonies ternes (*Vi*-négatives). Ce phénomène s'observe par incubation à 18° et à 37°; mais il est surtout marqué à cette dernière température (environ 20 % des colonies *Vi*-négatives), alors qu'à 18°, la presque totalité des colonies est *Vi*-positive (environ 1 à 2 % de colonies *Vi*-négatives). A 41°,5, toutes les colonies sont *Vi*-négatives.

6. *Conclusion.* — Alors que la température optimum d'incubation du bacille typhique pour la production de l'antigène *Vi* se situe aux environs de 37°, c'est à 18° que la souche *Ballerup* produit le plus abondamment ce facteur.

Le même antigène est donc élaboré par deux espèces bactériennes, l'une pathogène pour l'Homme exclusivement, l'autre parasite très occasionnel à rôle pathogène encore discuté. Mais les préférences thermiques que chacun de ces germes manifeste pour former la plus grande quantité d'antigène *Vi* sont nettement éloignées.

Cette notion présente un intérêt théorique sur lequel nous reviendrons prochainement et un intérêt pratique : dans tous les cas où l'on désire avoir entre les mains des cultures riches en antigène *Vi* (préparation de sérum anti-*Vi*, études chimiques sur l'antigène *Vi*, etc.), il convient d'utiliser des cultures de *S. typhi* incubées à 37° ou des cultures de la souche *Ballerup* développées à 18°.

ÉPIDÉMIOLOGIE. — *Mise en évidence de Toxoplasmes sur Souris inoculées avec des broyats de* Thrombicula Legaci (*Marc André* 1950), *recueillis sur* Lemniscomys barbarus striatus *et sur* Mylomys cuninghamei alberti *capturés en Oubangui-Chari* (*A. E. F.*). Note de MM. **Paul Giroud** et **Paul Le Gac**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Nous apportons la preuve expérimentale de la présence de toxoplasmes sur des *Thrombicula* recueillis dans les oreilles des rongeurs appartenant aux espèces les plus fréquentes de l'Oubangui, à savoir : le rat rayé, *Lemniscomys barbarus striatus* (dont, fait curieux, la consommation est interdite par les sorciers de la forêt), et le rat vert *Mylomys cuninghamei alberti* qui constitue le plat favori des peuplades de la savane oubanguienne.

Bien que la découverte des toxoplasmes par notre regretté Maître Ch. Nicolle et Manceaux remonte à 1908, nos connaissances sur la transmission des affections toxoplasmiques à l'Homme restent encore bien obscures.

On sait que l'infection toxoplasmique se transmet de la mère à l'enfant [1], et que certaines maladies exanthématiques ont pour origine des toxoplasmes [2]. D'autre part, on a noté à plusieurs reprises, chez ces sujets, la coexistence de piqûres de tiques.

D'une façon générale, ces maladies sont mortelles. Cependant l'un de nous, à Brazzaville, a pu en 1949 observer des affections exanthématiques d'allure bénigne s'accompagnant d'ulcération ou tache noire, chez lesquelles les réactions du groupe boutonneux pourpré se montraient négatives, et isoler, avec Grjebine, une souche de toxoplasme [3].

De plus, à la suite des l'inoculation d'un millier de tiques prélevées sur les chiens des villages africains de Bacongo et Poto-Poto et comportant en particulier *Rhipicephalus sanguineus*, *Rhipicephalus eversi* et *Hæmaphysalis læchi*, les mêmes auteurs ont pu isoler une nouvelle souche de toxoplasmes sur une lignée de cobayes inoculés avec le broyat d'un mélange de 40 ♂ et 10 ♀ de *Rhipicephalus sanguineus*.

Par la suite, l'un de nous [4] ayant décrit en 1950 une technique simple et facile pour la détection des larves de Thrombidions de la faune africaine, des milliers de ces divers Thrombicula ont été inoculés à l'animal (cobayes,

(1) A. Sabin, *J. Amer. Med. Ass.*, 116, 1941, p. 601.

(2) H. Pinkerton et R. Henderson, *J. Amer. Med. Ass.*, 1941, p. 807.

(3) P. Giroud, *Rev. Col. Méd. et Chir.*, 184, 1950, p. 352; P. Giroud et A. Grjebine, *Bull. Soc. Path. exot.*, 44, 1951, p. 54; P. Giroud, J. Jadin et C. Reizes, *Bull. Soc. Path. exot.*, 44, 1951, p. 422.

(4) P. Le Gac, *Bull. Soc. Path. exot.*, 44, 1951, p. 545; 43, 1950, p. 711.

souris, gerbilles). Nous ne parlerons dans cette Note que des résultats obtenus au cours des prospections entreprises dans les régions de la Lobaye (Bomango) et de l'Ouham (Bossangoa).

Ces deux régions de l'Oubangui-Chari s'opposent par le fait que la première de ces régions se trouve à l'orée de la forêt tropicale alors que la seconde est située en pleine zone de savanes.

A Bomango, près de la forêt, 26 *Epimys rattus frugivorus* furent capturés et sur ceux-ci nous avons recueilli 6 000 *Thombicula* appartenant tous à l'espèce *Thrombicula giroudi*, Marc André 1950. Ces *thrombicula* inoculés après broyage à des lots de souris et de cobayes n'ont donné que des résultats négatifs.

Par contre, à Bossangoa, 380 *Thrombicula legaci*, Marc André 1950, recueillis d'une part sur 42 *Lemmiscomys barbarus striatus*, et de l'autre sur 6 *Mylomys cuninghamei alberti*, inoculés après broyage à des lots de souris D. B. A., ont permis d'isoler deux souches de toxoplasmes.

De très nombreux témoins ne nous ont jamais permis de mettre en évidence des toxoplasmes sur ces animaux arrivés depuis peu par avion en Oubangui et provenant d'élevages indemnes de la métropole.

Ces toxoplasmes présentent un comportement semblable à celui des souches isolées précédemment au Moyen-Congo.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Activité tuberculostatique* in vitro *d'hydrazides de la série aromatique*. Note de MM. **N. P. Buu-Hoï, Maurice Welsch, Georges Dechamps, Henri Le Bihan, Fernand Binon** et **Charles Mentzer**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

On décrit dans ce travail l'activité tuberculostatique *in vitro* de plusieurs hydrazides aromatiques, dans le cadre d'une étude sur les relations entre la constitution chimique et le pouvoir antituberculeux dans cette classe de composés.

En 1946, J. Jouin et l'un de nous (1) ont montré que certaines hydrazides telles que la phtalhydrazide, possèdent des propriétés tuberculostatiques marquées; par la suite, nous avons étendu ces recherches à une série d'hydrazides dérivées de l'acide phtalique (2), et certains de ces corps ont même accusé une activité antituberculeuse *in vivo* chez l'animal (3). Le pouvoir tuberculostatique *in vitro* des hydrazides dépend étroitement de la structure

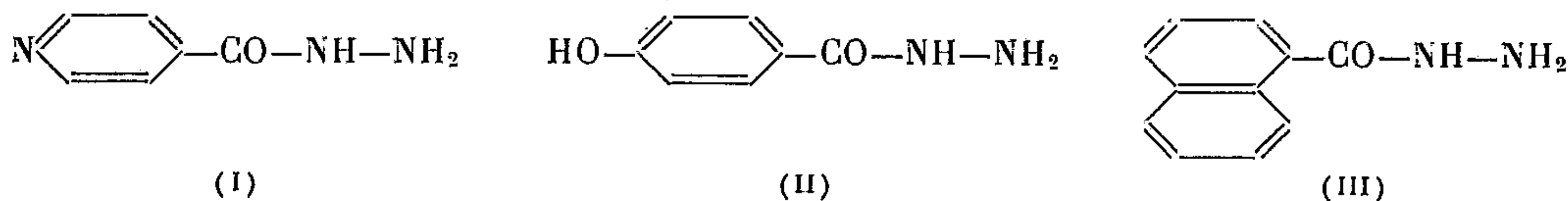
(1) J. Jouin et N. P. Buu-Hoï, *Ann. Inst. Pasteur*, **72**, 1946, p. 580.

(2) N. P. Buu-Hoï, H. Le Bihan et F. Binon, *Rec. trav. chim. Pays-Bas*, **70**, 1951, p. 1099.

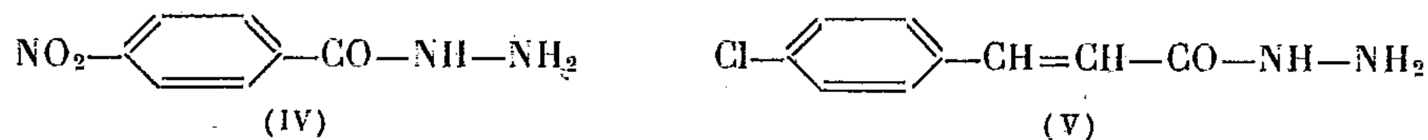
(3) N. P. Buu-Hoï, R. Ratsimamanga, G. Dechamps, N. Hoán, H. Le Bihan et F. Binon, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 2037; R. Ratsimamanga, N. P. Buu-Hoï, G. Dechamps, H. Le Bihan et F. Binon, *Arch. intern. pharmacodyn. et thérap.*, 1952, (sous presse).

moléculaire, la dibenzoylhydrazine symétrique n'ayant par exemple aucune activité, malgré sa parenté chimique avec la phtalhydrazide ([1]); de même, l'O-isoamyléther de la phtalphénylhydrazide est notablement plus actif que l'O-*n*-amyléther correspondant ([2]). Ces résultats montraient tout l'intérêt que présente l'étude des relations entre la constitution chimique et les propriétés tuberculostatiques des hydrazides; dans cet ordre d'idées, signalons l'introduction en thérapeutique, faite récemment et indépendamment de nous, de l'isonicotinhydrazide (« Rimifon », « Nydrazid », « Neoteben ») ([4]).

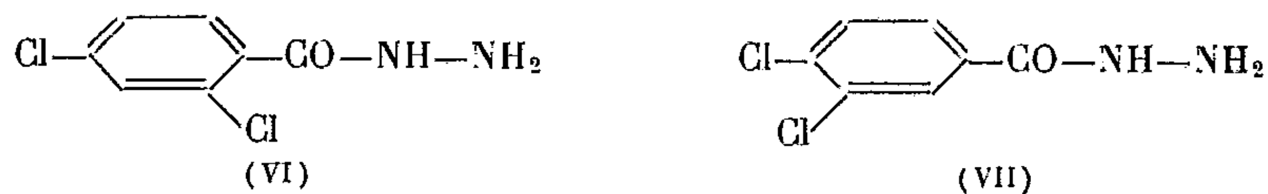
Dans le présent travail, nous décrivons l'activité tuberculostatique *in vitro* importante de quelques hydrazides dérivées d'acides aromatiques. La technique employée est celle déjà décrite dans un autre travail ([5]) (souche B. C. G. de *Mycobacterium tuberculosis*, milieu de culture de Dubos au tween 80, etc.).



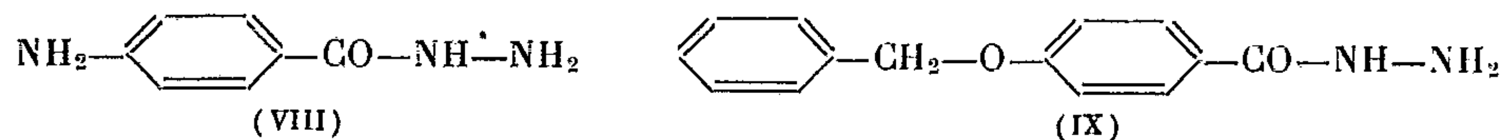
Dans ces conditions, la 4-hydroxybenzhydrazide (II) et l'α-naphtylacétylhydrazine (III) se sont montrées actives à la concentration de 10^{-5} ($10\gamma/cm^3$ de milieu de culture); dans le même test, l'isonicotinhydrazide (I) s'est montrée



active à la concentration de 10^{-6}. La 4-nitrobenzhydrazide (IV), la 4-chlorocinnamoylhydrazine (V), et les 2.4- et 3.4-dichlorocinnamoylhydrazines (VI) et (VII) sont actives à la concentration de 10^{-4}, alors que la 4-amino-benzhy-



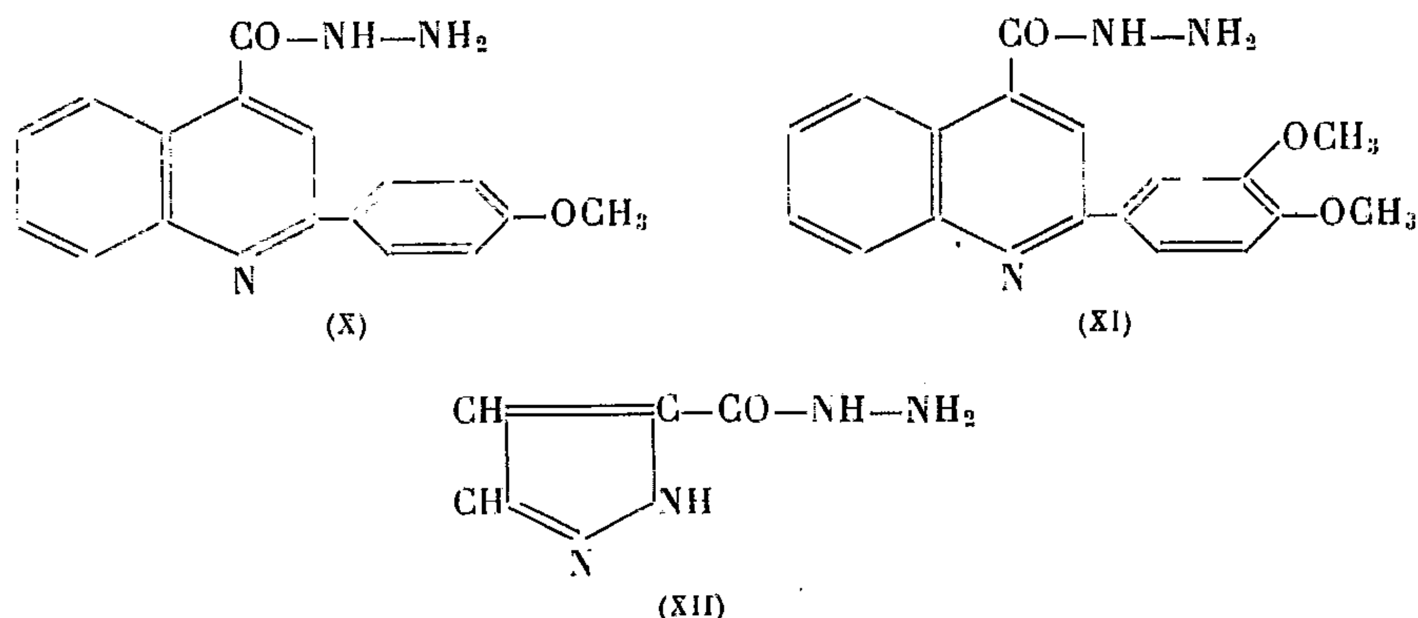
drazide (VIII) et la 4-benzyloxybenzhydrazide (IX) n'inhibent qu'imparfaitement la croissance du bacille à cette concentration. Il est intéressant de noter que des hydrazides très voisines telles que les 4-chloro-, 4-bromo-, et 4-méthoxy-



([4]) H. A. Offe, W. Siefken et G. Domagk, *Naturwissenschaften*, 39, 1952, p. 118.

([5]) M. Welsch, N. P. Buu-Hoï, G. Dechamps, N. Hoán, H. Le Bihan et F. Binon, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1608.

benzhydrazides n'ont aucune activité dans les mêmes conditions; de même, des substances structurellement plus ou moins apparentées au rimifon telles que les 2-anisyl- et 2-vératrylcinchonhydrazides (X) et (XI), ou l'hydrazide de l'acide pyrazole-3-carboxylique (XII) sont inactives ou très faiblement actives à cette concentration.



Il apparaît ainsi que les propriétés tuberculostatiques des hydrazides ne sont pas spéciales au groupe des composés de la pyridine, mais que, même en série purement aromatique, il est possible de faire apparaître cette activité par des substitutions adéquates; ce point présente un intérêt pratique lorsque l'on considère le fait que les molécules hétérocycliques azotées sont en général plus toxiques que leurs analogues en série aromatique. Enfin, du point de vue de la biologie cellulaire, il est intéressant de noter que, d'une part, les hydrazides tuberculostatiques telles que (II) sont également fongicides, et d'autre part, que l'hydrazide de formule (III) dérive d'une des plus puissantes hormones végétales connues : l'acide α-naphtylacétique.

La séance est levée à 15 h 40 m.

R. C.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 31 mars 1952.)

Note présentée le même jour de MM. *Georges Hornecker* et *Philippe Pluvinage*, Sur la décomposition magnétique du triplet $2\,^3P$ de l'hélium :

Page 1439, 18e et 19e lignes, *au lieu de*

$$E_2(\pm 1) = -4\eta_1 \pm \left[\frac{3\omega}{2} + \sqrt{(Z_2 + 6\eta_1)^2 + \frac{\omega^2}{4}}\right],$$
$$E_1(\pm 1) = -4\eta_1 \pm \left[\frac{3\omega}{2} - \sqrt{(Z_2 + 6\eta_1)^2 + \frac{\omega^2}{4}}\right],$$

lire

$$E_2(\pm 1) = -4\eta_1 \pm \frac{3\omega}{2} - \sqrt{(Z_2 + 6\eta_1)^2 + \frac{\omega^2}{4}},$$
$$E_1(\pm 1) = -4\eta_1 \pm \frac{3\omega}{2} + \sqrt{(Z_2 + 6\eta_1)^2 + \frac{\omega^2}{4}}.$$

Page 1439, 2e ligne en remontant, *au lieu de*

$$E_2(\pm 1) = -4\eta_1 \pm 2\omega, \qquad E_1(\pm 1) = -4\eta_1 \pm \omega,$$

lire

$$E_2(+1) = -4\eta_1 + \omega, \qquad E_2(-1) = -4\eta_1 - 2\omega,$$
$$E_1(+1) = -4\eta_1 + 2\omega, \qquad E_1(-1) = -4\eta_1 - \omega.$$

(*Comptes rendus* du 7 avril 1952.)

Comité secret. Adjoints à la délégation française à l'Assemblée générale de l'Union Astronomique internationale :

Page 1592, 4e ligne en remontant, *au lieu de* Marcel Patry, *lire* André Patry.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 MAI 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** souhaite la bienvenue à MM. **PAUL FOURMARIER**, Correspondant de l'Académie, **RAYMOND CECIL MOORE**, Professeur de géologie à l'Université de Lawrence, Kansas, **RAGNER FRISCH**, Professeur à l'Université d'Oslo, **HERMANN WOLD**, Professeur à l'Université d'Upsal, **JACOB MARSCHAK**, **MILTON FRIEDMAN**, **JIMMIE SAVAGE**, Professeurs à l'Université de Chicago, **PAUL SAMUELSON**, Professeur à l'Institut de technologie du Massachusetts, **KENNETH ARROW**, Professeur à l'Université de Stanford, Californie, **BRUNO DE FINETTI**, Professeur à l'Université de Trieste, **GEORGE SHACKLE**, Professeur à l'Université de Liverpool, qui assistent à la séance.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Rotativités de l'ammoniac gazeux et liquéfié.* Note de MM. **RENÉ DE MALLEMANN**, **FRANÇOIS SUHNER** et **ANDRÉ MALEVERGNE**.

Au cours d'expériences déjà anciennes [1], on avait constaté que la rotativité de l'ammoniac paraissait varier de manière exceptionnelle dans le passage du liquide au gaz (le rapport des rotations spécifiques respectives différerait très notablement du nombre théorique $9n/(n^2+2)^2$. Pour éliminer toute cause d'incertitude, les mesures ont été reprises dans des conditions plus strictement définies (en ce qui concerne spécialement la détermination des *densités*).

1. *Liquide.* — On est parti de l'ammoniac liquide du commerce : le produit vaporisé est desséché sur CaO, puis liquéfié dans un mélange de carboglace et d'acétone; on redistille et recueille ce qui passe à température fixe :

---

[1] R. DE MALLEMANN et P. GABIANO, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 829; R. DE MALLEMANN, *Ann. de Phys.*, 11°S., 17, 1942, p. 51.

É — 34°, sous 750 mm. Les *densités* ont été mesurées à la balance hydrostatique (sauf une, prise à —36° dans un picnomètre), pour une série de températures allant du point d'ébullition (— 34°) au point de solidification (— 77°). Les *indices de réfraction* ont été observés, dans le même intervalle, à l'aide d'un réfractomètre de Suhner. Les *constantes de Verdet* Λ sont déterminées par comparaison avec les rotations du CS^2, dans le champ d'un électroaimant [technique déjà décrite (²)].

$\lambda = 578$ mμ.

t (°C).	d (g:cm³).	n.	$\Lambda.10^2$ (min.).	$[\Lambda].10^6$ (rad.).	$[\Omega].10^6$ (rad.).
— 77 (sol.)...........	0,733	1,3944	2,01	7,99	6,44
— 70................	0,725	1,3898	1,99	8,00	6,47
— 60................	0,713	1,3830	1,96	8,01	6,51
— 50................	0,701	1,3760	1,93	8,01	$6,54^5$
— 40................	0,689	1,3686	1,89	8,01	6,58
— 36................	$0,684^5$	1,3654	1,88	8,00	$6,58^5$
— 34 (éb.)...........	0,682	1,3638	1,87	8,00	6,59

Dispersions : $\frac{546}{578} = 1,13^5$, $\frac{436}{578} = 1,91$,

On constate que la *rotation spécifique* [Λ] *reste pratiquement constante du point d'ébullition au point de solidification*, tandis que *la rotativité* [Ω] *augmente avec la température* (de 2 % environ, dans le même intervalle).

Rotation *moléculaire* du liquide : $[\Lambda]_M = 13,6.10^{-5}$ rad. (en bon accord avec le nombre trouvé autrefois).

2. *Gaz.* — Le tableau ci-dessous rassemble les résultats de deux séries d'expériences effectuées sous des pressions voisines de 4 atm, *les densités ayant été directement mesurées, dans les conditions mêmes des observations magnéto-optiques* (par pesée du liquide vaporisé dans le tube polarimétrique jaugé).

$\lambda = 578$ mμ.

	p (mm).	t (°C).	$d_t^p.10^3$ (g:cm³).	$Hl.10^{-3}$ (C. G. S.).	2ρ (degrés).	$\Lambda_t^p.10^6$ (min).	$\Lambda_0^{760}.10^6$ (min).	$[\Lambda].10^6$ (rad).	$[\Lambda]_M.10^5$ (rad).
a.....	3324	18,3	3,36	613,6	1,69	82,6	$20,1^5$	7,15	$12,1^5$
b.....	3144	18,0	3,18	690,0	1,80	78,2	20,0	7,15	$12,1^7$

Dispersions : $\frac{546}{578} = 1,13^5$, $\frac{436}{578} = 1,90$.

Les *dispersions* sont pratiquement identiques pour le liquide et le gaz.

(²) R. de Mallemann, F. Suhner et A. Malevergne, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1385; A. Malevergne, Diplôme d'Études Supérieures, Nancy, 1951.

D'après les tables, la densité (expérimentale) normale est : $d_0^{760} = 7710.10^{-7}$, d'où :

$$\Lambda_0^{760} = 7,15.10^{-6} \times 771.10^{-6} = 5,51.10^{-9}\ \text{rad} = \underline{19,0.10^{-6}}\ \text{min}.$$

Les Λ_0^{760} du tableau sont calculés à partir des Λ_t^p comme s'il s'agissait d'un gaz *parfait* : la croissance des nombres avec p montre l'effet de la *compressiblité*. Les mesures anciennes, faites sous 1500 mm environ, donnaient de même des Λ_0^{760} plus faibles (compris entre 18,8 et 19,7). D'après une mesure récente, effectuée sous 750 mm ($t = 18°$), nous trouverions directement 19,0, mais ce dernier résultat ne suffirait pas à lui seul, les rotations étant ici trop petites ($\rho = 11$ min.) pour garantir une précision supérieure à 5 %.

Dans tous les cas, $[\Omega]$ *calculé pour le liquide est notablement inférieur à la rotation spécifique du gaz ;* par exemple, on trouve à — 36°

$$\frac{[\Lambda]_G}{[\Lambda]_L} = \frac{7,15}{8,0} = 0,89 \qquad \text{et} \qquad \frac{9n}{(n^2+2)^2} = 0,823,$$

soit une différence atteignant près de 10 %, supérieure à tous les écarts constatés jusqu'à présent (pour les substances *positives*). Ce résultat confirme une remarque déjà faite : la rotativité des molécules *polaires* serait systématiquement plus grande que la valeur calculée à partir de la rotation spécifique du liquide et du facteur $(n^2+2)^2$; ainsi, pour les oxydes de CH_3 et C_2H_5, l'écart approche 5 % et leurs molécules ont des polarités moins fortes que celles de NH_3.

3. *Réfractivités.* — Il importe cependant de voir si la réfractivité de NH_3 s'exprime de manière satisfaisante sous la forme dite de Lorenz-Lorentz (sinon, il n'existerait plus aucune raison *a priori* susceptible de laisser prévoir un rapport $[\Omega]$ *constant*). Or, d'après les nombres du premier tableau, la quantité $3(n^2-1)/d(n^2+2)$ vaut, en moyenne, $0,980^5$, *l'écart maximum ne dépassant guère un millième* (de l'ébullition à la solidification); on retrouve d'ailleurs le nombre 0,981 à partir d'une donnée tabulaire ($n = 1,325$, $d = 0,615$, à 16°,5).

Au surplus, pour le *gaz* : $n_0^{760} = 1,000377$ (d'après Mascart); d'où la *réfractivité* : $2 \times 0,000377 : 0,000771 = 0,978$.

L'invariance de la réfractivité de Lorentz, dans les états liquides et gazeux, est donc ici *remarquablement vérifiée*. (A partir de la relation de Gladstone, on trouverait au contraire des différences qui dépassent 10 %).

Conclusion. — *L'évaluation de la rotativité magnétique paraît susceptible de déceler des comportements moléculaires (polarité, association, isomérie) qui n'ont aucun effet appréciable sur la grandeur de la réfractivité* ([3]).

([3]) Il va sans dire que les réfractivités et rotativités, au sens propre du mot, ont respectivement les valeurs calculées pour les *gaz*.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectres d'absorption infrarouge et spectres Raman des ozonides.* Note de MM. **Émile Briner, Bernard Susz** et **Edouard Dallwigk.**

Les ozonides des corps organiques ont fait déjà l'objet de nombreuses recherches dans le Laboratoire de Chimie physique de l'Université de Genève. Dans cette Note, nous communiquons quelques résultats obtenus en appliquant aux ozonides les méthodes de la spectrographie Raman et de la spectrographie d'absorption infrarouge, ce qui, à notre connaissance, n'avait pas encore été fait dans d'autres Laboratoires.

L'instabilité, plus ou moins marquée des ozonides (certains d'entre eux sont des explosifs violents), explique pourquoi les mesures physiques et physicochimiques ont été relativement peu employées à leur examen. Une étude énergétique ([1]), portant sur la formation et la décomposition des ozonides, a montré le caractère de cette instabilité et conduit aux procédés de travail à mettre en œuvre lorsqu'on soumet les ozonides aux mesures. Il convient notamment de tenir compte des processus de scission (souvent mis à profit, sous le nom d'ozonolyses, par les chimistes organiciens), qui, selon l'étude citée plus haut, s'accomplissent spontanément, et d'autant plus vite que l'ozonide est plus concentré. La préparation de produits à des degrés d'ozonation croissants et bien déterminés revêt alors une grande importance; à cet effet nous avons utilisé une méthode appropriée ([2]) d'ozonation quantitative.

Dans plusieurs travaux antérieurs ([3]), de nombreux ozonides de composés à double liaison ([4]), ont été soumis aux déterminations de spectres Raman. Mais, malgré que l'on ait opéré sur des produits fortement ozonés, les raies trouvées, susceptibles de caractériser les ozonides, ont été peu intenses.

Des essais récents nous ont montré que la spectroscopie d'absorption infrarouge, en raison de la commodité, de la rapidité et de la sensibilité des mesures, se prêtait particulièrement bien à l'étude des ozonides et de leurs transformations ([5]).

([1]) E. Briner, *Helv. Chim. Acta*, 22, 1939, p. 531 et Mémoire d'ensemble, *Bull. Soc. Chim. de France*, 15, 1948, p. 65.

([2]) E. Briner et E. Biedermann, *Helv. Chim. Acta*, 15, 1932, p. 1227 et E. Briner, Mémoire d'ensemble, *loc. cit.*

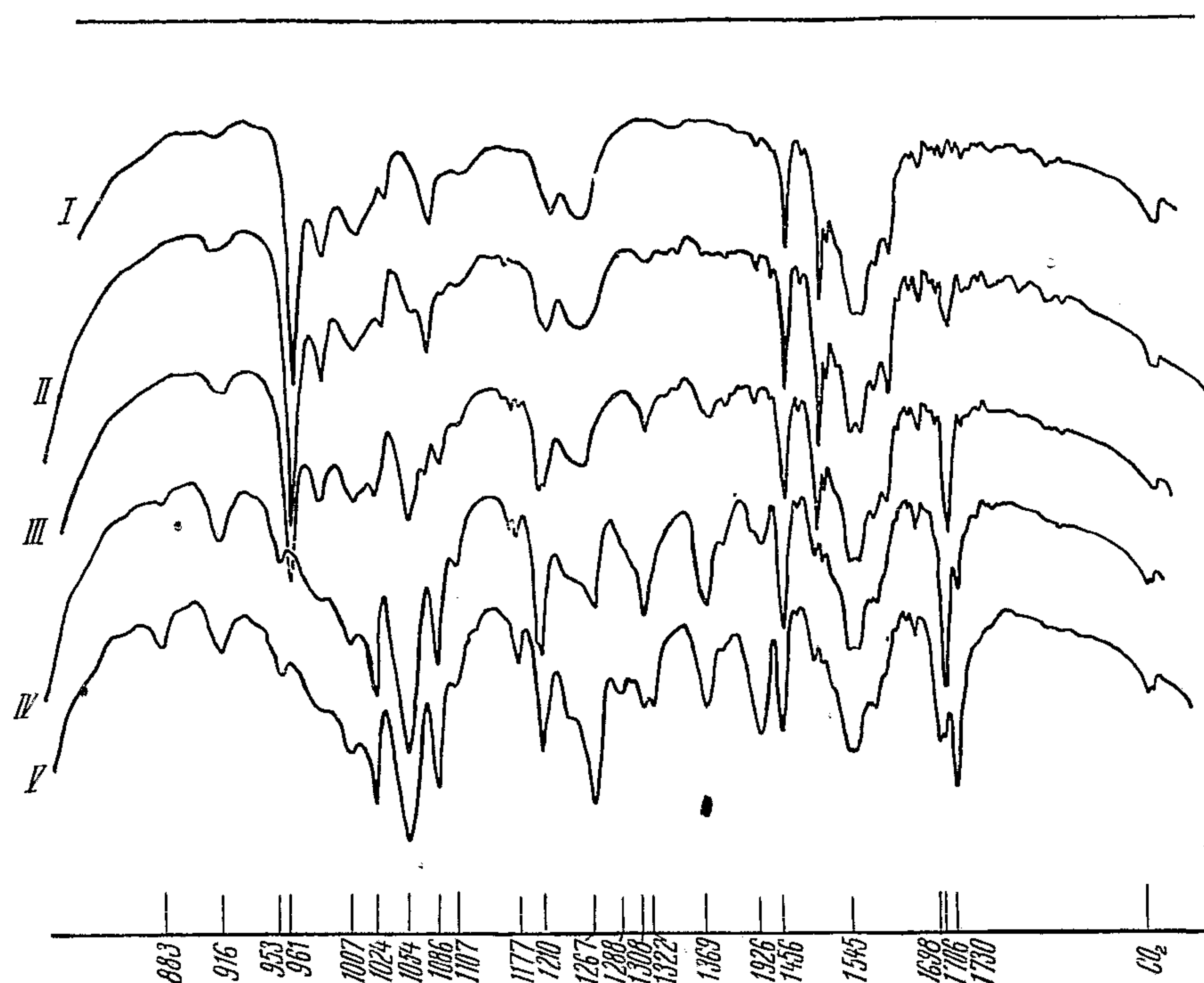
([3]) *Voir* notamment : E. Briner, E. Perrottet, H. Paillard et B. Susz, *Helv. Chim. Acta*, 19, 1936, p. 558 et 1163; E. Briner, S. de Nemitz et E. Perrottet, *ibid*, 21, 1938. p. 748.

([4]) En particulier des dérivés de l'eugénol et de l'isoeugénol, l'anéthol, l'estragol et les maléate et fumarate d'éthyle.

([5]) *Voir* E. Briner, B. Susz et E. Dallwigk, *Helv. Chim. Acta*, 35, 1952. p. 340; B. Susz, E. Dallwigk et E. Briner, *ibid*, 35, 1952, p. 345 et E. Dallwigk, B. Susz et E. Briner, *ibid*, 35, 1952, p. 353.

M. Jean Lecomte nous a donné, à plusieurs reprises, des conseils éclairés, concernant la technique de la spectrographie d'absorption infrarouge.

Voici, par exemple, comment se présente une série de spectres relatifs à l'ozonation du *trans*-stilbène en solution :



En abscisses, sont indiquées les fréquences, exprimées en cm^{-1}, répondant aux minima d'intensité des principales bandes d'absorption : I. Solution $\frac{1}{4}$ molaire de *trans*-stilbène dans CCl_4; II. Solution ozonée à 11 %; III. à 30 %; IV. à 68 %; V. à 86 %. On remarquera, en particulier, la bande répondant à la fréquence 1706 cm^{-1}; elle apparaît déjà au degré 11 % et s'accentue avec l'accroissement d'ozonation (6); tandis que la bande 961 cm^{-1} du *trans*-stilbène disparaît dès le degré 86 %. Aux degrés supérieurs d'ozonation, et surtout pour les spectres pris un certain temps après l'ozonation, il se produit des changements marqués par de nouvelles bandes, dont certaines appartiennent aux produits de scission.

Nous avons considéré la bande 1706 cm^{-1} comme caractéristique de l'ozonide de *trans*-stilbène. Pour les autres composés (7), dont l'ozonation a été étudiée, une bande présentant les mêmes caractères et que, de ce fait, nous avons attribuée aux ozonides, apparaît à des fréquences allant de 1680 à 1770 cm^{-1}, suivant le type de composé.

D'autre part, les déterminations des spectres infrarouges ont permis de confirmer l'attribution, aux ozonides, de certaines des fréquences trouvées aupa-

(6) Dans l'ozonation du *cis*-stilbène, la bande apparaît à la même fréquence.

(7) Nous avons déterminé les spectres des ozonides de : stilbène, styrène, anéthol, méthylisoeugénol, benzène, naphtalène, cyclohexène, limonène, cariophyllène, nopinène, maléate et fumarate d'éthyle.

ravant par la spectrographie Raman; car ces fréquences, obtenues pour des produits fortement ozonés, et après des poses prolongées, pouvaient comporter quelque incertitude, du fait de l'intervention des transformations signalées plus haut.

En attendant que d'autres mesures, dont plusieurs séries sont en cours, permettent d'étendre notre étude à des régions différentes du spectre, nous remarquons que le domaine, auquel appartient la fréquence attribuée aux ozonides, est celui qui est généralement assigné aux doubles liaisons. En outre, par comparaison avec d'autres, relevées en Raman ou en infrarouge, cette fréquence est beaucoup plus intense en infrarouge qu'en Raman. Ces constatations pourront être de quelque utilité pour la connaissance de la structure des ozonides, sur laquelle on n'est pas encore bien fixé ([8]).

M. **Louis de Broglie** transmet à l'Académie, de la part de M[me] Bensa, fille du regretté **Frédéric Marguet**, Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation, trois Ouvrages que, à la fin de sa vie, Marguet destina en hommage à la Bibliothèque de l'Institut : 1° un exemplaire de son *Histoire générale de la navigation du XV[e] au XX[e] siècle*, portant de nombreuses annotations manuscrites de l'auteur qui en augmentent l'intérêt et la valeur; 2° un recueil manuscrit de réflexions philosophiques intitulé : *Esquisses;* 3° un recueil manuscrit intitulé : *Religion, Cosmos, Destinée.*

M. **René Souèges** fait hommage d'un Mémoire qu'il vient de publier en collaboration avec M. Pierre Crété : *Les acquisitions les plus récentes de l'embryogénie des angiospermes* (1947-1951).

M. **Maurice Caullery** remet à l'Académie un exemplaire de la traduction en langue anglaise, par Averil M. Lysaght, de son Ouvrage : *Parasitism and symbiosis*, d'après la seconde édition française.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le Bureau un Mémoire posthume de **Maurice Leriche** intitulé : *Les poissons tertiaires de la Belgique* (*Supplément*).

M. **Raymond Cornubert** adresse à l'Académie un exemplaire de son *Dictionnaire chimique anglais-français. Mots et locutions fréquemment rencontrés dans les textes anglais et américains.*

([8]) Pour de futures déductions, signalons que, sauf dans un cas où elle est apparue très faible, nos spectres d'ozonides ne renferment pas la bande attribuée, dans la région 873 à 883 cm^{-1}, à la liaison peroxydique —O—O— par Leadbeater (*Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 929).

Les Ouvrages suivants sont présentés :

par M. **Gustave Ribaud** : *Physique des guides d'ondes électromagnétiques*, par Théo Kahan.

par M. **René Souèges** : *Répartition et intérêt phylogénétique des albumens à formations haustoriales chez les angiospermes et plus particulièrement chez les gamopétales*, par Pierre Crété.

par M. **Albert Demolon** : *Carte pédologique de la France*, établie sous l'égide de l'Association française pour l'étude du sol, et *Notice* jointe à cette Carte, par MM. Auguste Oudin, G. Aubert et Philippe Duchaufour.

PLIS CACHETÉS.

Au nom des héritiers de **Alphonse Penaud**, Mme **Cogniet** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 15 mars 1875 et enregistré sous le n° 2902.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient un Mémoire intitulé : *Texte et Plan d'un projet de ballon captif applicable à la guerre et à la météorologie présenté le* 28 *février* 1875 *à la Commission d'Aréostation militaire.*

(Renvoi à la Section de mécanique.)

CORRESPONDANCE.

L'Académie est informée d'une **Exposition de Préparations biologiques**, qui aura lieu à Ancone, dans le cadre de l'**Exposition internationale de la Pêche et des activités voisines**, du 12 au 31 juillet 1952.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Organisation météorologique mondiale. Commission des instruments et méthodes d'observation. Sous-commission d'aérologie expérimentale. *Comparaison mondiale des Radiosondes*. Payerne, 8-30 mai 1950. *Acte final*. Vol. III.

2° Union internationale de Chimie pure et appliquée. *Comptes rendus de la seizième Conférence*. New York City et Washington, 8-15 septembre 1951.

3° *Atti del convegno internazionale di meteorologia marittima. Genova*, 20-22. IX. 1951.

4° Institut universitaire roumain Charles Ier. *Bulletin scientifique roumain*. Tome I, 1952 (Paris).

5° Central mathematical Institute (Prague). *Časopis pro pěstování matematiky*. Vol. 1, nos 1, 2.

ALGÈBRE. — *Logarithmétiques des quasi-groupes finis.*
Note (*) de Mlle **Hélène Popova**, présentée par M. Paul Montel.

Un *quasi-nombre* d'une algèbre A, linéaire, non associative, sera défini comme une classe de puissances r, s, ..., telles que $x^r = x^s = \ldots$ pour tous les éléments x appartenant à A.

Si les opérations $+$,. sont définies comme

$$x^{r+s} = x^r x^s, \qquad x^{rs} = (x^r)^s,$$

la *logarithmétique* (Etherington, 1941) de A est une algèbre qui comporte tous ses quasi-nombres avec les opérations $+$,.

Le quasi-nombre r d'une algèbre finie $A(a_1, \ldots, a_n)$ sera représenté par un vecteur $r = \{a_1^r, \ldots, a_n^r\}$ obéissant aux règles de l'addition et de la multiplication, soit $r = \{\alpha_1, \ldots, \alpha_n\}$ et $s = \{\beta_1, \ldots, \beta_n\}$, $r + s = \{\alpha_1\beta_1, \ldots, \alpha_n\beta_n\}$, $rs = \{\alpha_1^s, \ldots, \alpha_n^s\}$, $sr\{\beta_1^r, \ldots, \beta_n^r\}$.

La logarithmétique d'un quasi-groupe fini $Q = (1, 2, \ldots, n)$ sera désignée par L_Q. Elle peut être représentée par un ensemble de vecteurs $\{a_1, \ldots, a_n\}$, où $a_1, \ldots, a_n$ est une permutation, dans laquelle les répétitions sont permises, de $1, 2, \ldots, n$.

Par logarithmétique L_a d'un élément a de Q nous entendons l'ensemble de toutes les diverses puissances de a.

Par ordre r_i, d'un élément a_i de Q nous désignons l'ordre du quasi-groupe engendré par a_i.

Théorème 1. — *La logarithmétique d'un quasi-groupe fini est un quasi-groupe par rapport à l'addition.*

Théorème 2. — *La logarithmétique d'un quasi-groupe fini est une union sous-directe des logarithmétiques de ses éléments.*

Corollaire 1. — *L'ordre,* N, *de* L_Q, *ne peut être plus grand que le produit des ordres de tous les éléments de* Q : $N \leq r_1 r_2 \ldots r_n$.

Corollaire 2. — *Si* $N = r_1 r_2 \ldots r_n$, L_Q *est une union directe des logarithmétiques* L_{a_i} *de tous les éléments de* Q.

Soit $Q = (1, 2, \ldots, n)$. L'ensemble de tous les quasi-nombres $\{i, \ldots\}$ de L_Q sera désigné par A_i. Il résulte des propriétés des quasi-groupes que $A_{ij} = A_i + A_j$, où nous désignons par $A_i + A_j$ l'ensemble de tous les vecteurs de la forme $\{i, \ldots\}\{j, \ldots\}$.

Théorème 3. — *Si* $Q = (1, 2, \ldots, n)$ *est un quasi-groupe avec un seul générateur,*

(*) Séance du 28 avril 1952.

1° *toutes les classes* A_i *sont du même ordre;*

2° $L_Q(+)$ *est homomorphe à* Q *par l'homomorphisme :* $\{$ *tous les quasi-nombres de* $A_i \} \to i$.

Cela peut être généralisé comme suit :

THÉORÈME 4. — *Si l'élément i d'un quasi-groupe* $Q = (1, 2, \ldots, n)$ *engendre un sous-quasi-groupe* $Q_i = (c_1, \ldots, c_r)$, *et si* C_m *désigne la classe de tous les quasi-nombres ayant* c_m *à la* $i^{\text{ième}}$ *place, alors tous les* C_m *sont du même ordre, et* $L_Q(+)$ *est homomorphe à* Q *par :* $\{$ *tous les quasi-nombres de* $C_m \} \to c_m$.

COROLLAIRE. — *L'ordre de* L_Q *est un multiple de l'ordre de chaque quasi-groupe engendré par un élément de* Q.

Il s'ensuit immédiatement que pour un quasi-groupe ayant un seul générateur, par exemple 1, $N = np$, où p est l'ordre de A_i.

Au sujet de l'ordre p de A_i, nous trouvons que :

LEMME 1. — $p = p_1 p_2$, *où* p_1 *est le nombre des divers éléments* a_2^{is} *situés à la seconde place des vecteurs* $\{ i, a_2^{is}, \ldots \}$ *représentant les quasi-nombres de* A_i, *et* p_2 *le nombre des divers quasi-nombres de la forme* $\{ 1, 2, \ldots \}$.

En général :

LEMME 2. — *Si parmi les vecteurs représentant les quasi-nombres de* C_Q *il y a p vecteurs distincts, ayant m premières places en commun, chaque classe de vecteurs ayant m premières places en commun est de l'ordre p.*

Un quasi-groupe Q, d'ordre n, sera appelé *plein*, s'il est simple et n'a pas de sous-quasi-groupe d'un ordre k, tel que $1 < k < n$. Évidemment, chaque élément d'un quasi-groupe plein est son générateur.

Soit un quasi-groupe plein $Q = (1, 2, \ldots, n)$.

Nous appellerons B_i l'ensemble de tous les divers éléments de Q situés à la seconde place de vecteurs de A_i. On peut montrer que la table de multiplication de B_i est $B_i B_j = B_{ij}$; d'où nous déduisons les quatre théorèmes suivants :

THÉORÈME 5. — *Si deux classes* B_r *et* B_s *de* Q *ont un élément en commun, ils ont tous les éléments en commun.*

THÉORÈME 6. — *S'il y a r, et seulement r classes* B_i, *parmi* $B_i, \ldots, B_n$, *qui contiennent les mêmes éléments que* B_i, *alors chaque classe* $B_k (k = 1, \ldots, n)$ *possède r, et seulement r classes* B_j *avec lesquelles elle a tous les éléments en commun.*

THÉORÈME 7. — *Si* θ *est simple et que son ordre est un nombre premier, et que deux des classes* B_i *se composent des mêmes éléments, alors tous les* $B_1, \ldots, B_n$ *sont les mêmes.*

THÉORÈME 8. — *Dans un quasi-groupe plein les ordres de* B_i *sont soit* 1 *soit* n.

Finalement, du lemme 1 et des théorèmes 3 et 8, nous déduisons :

THÉORÈME 9. — *L'ordre de la logarithmétique d'un quasi-groupe plein est une puissance de l'ordre du quasi-groupe* $N = n.n\ldots n$.

ALGÈBRE. — *Sur le* G-*radical d'un anneau topologique.*
Note de M. **Kiyoshi Iséki**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

« Cette Note a pour but d'étudier les caractères du radical de Brown-Mc Coy sur les anneaux topologiques. Dans ce G-anneau que nous avons défini, je prouve que ce radical est fermé et particulièrement qu'un anneau non radical sans idéaux fermés permet l'élément unité ».

Les premières théories systématiques des anneaux topologiques ont été développées en 1931 par D. van Dantzig. Plus récemment, les propriétés générales des anneaux topologiques ont été étudiées par I. Kaplansky ([1]). D'autre part, la notion de G-radical d'un anneau a été introduite par B. Brown-N. H. Mc Coy ([2]).

Définition 1. — *On dit qu'un anneau* R *est topologique, s'il est un espace topologique séparé et s'il vérifie l'axiome suivant :*

1° *Les applications* $(x, y) \to x - y$ et $(x, y) \to xy$ *de* $R \times R$ *dans* R *sont continues.*

L'idéal bilatère $G(a)$ engendré par l'ensemble $\{ax - x \mid x \in R\}$ est l'ensemble des sommes

$$ax - x + \sum_{i=1}^{n} (x_i a y_i - x_i y_i),$$

où n est un nombre naturel variable.

Définition 2. — *Un élément* a *d'un anneau* R *est dit* G-*régulier, si l'on a* $a \in G(a)$.

Définition 3. — *On dit qu'un idéal bilatère* $\mathfrak{A}$ *est* G-*régulier, si tout élément de l'idéal* $\mathfrak{A}$ *est* G-*régulier.*

L'ensemble de tout idéal G-régulier est un idéal bilatère et appelé G-radical de l'anneau R.

En général, le radical de N. Jacobson est proprement contenu dans un G-radical N. Nous poserons la définition suivante :

Définition 4. — *On dit qu'un idéal* $\mathfrak{A}$ *est* H-*régulier, s'il existe un élément* a *de* R *tel que* $G(a) \subset \mathfrak{A}$.

Cette définition et le théorème de Zorn entraînent les propositions suivantes :

Proposition 1. — Si $R \neq N$, il existe au moins un idéal maximal H-régulier.

Proposition 2. — Quel que soit un idéal G-régulier $\mathfrak{A}$, il existe un idéal maximal H-régulier qui contient $\mathfrak{A}$.

En appliquant la proposition 1, on déduit

([1]) *Amer. Jour. of Math.*, 59, 1947, p. 153-183.

([2]) *Duke Math. Journ.*, 15, 1948, p. 495-499.

THÉORÈME 1. — *Si* $R \neq N$, *le* G-*radical* N *est l'intersection des ensembles de tous les idéaux maximals* H-*réguliers*.

Dans une algèbre normée, il existe un voisinage U(o) de o tel que tout élément de U est G-régulier. Pour obtenir des théorèmes pour les anneaux topologiques, nous poserons la définition analogue dans une algèbre normée :

Définition 5. — *On dit qu'un anneau topologique est un* G-*anneau, s'il existe un voisinage* U *de* o *tel que tout élément de* U *est* G-*régulier*.

Cette définition implique les théorèmes suivants :

THÉORÈME 2. — *L'ensemble des éléments* G-*réguliers dans un* G-*anneau est ouvert*.

THÉORÈME 3. — *Le* G-*radical dans un* G-*anneau est fermé*.

La démonstration de ces théorèmes ne présente pas de difficulté. On a le théorème suivant :

THÉORÈME 4. — *Un* G-*anneau dans des idéaux fermés est un anneau radical ou demi-simple avec un élément-unité*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions presque périodiques dans une bande*. Note de M. **François Genuys**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Si une fonction holomorphe adhère suffisamment à l'infini dans une bande suffisamment large à une certaine suite de polynomes de Dirichlet, nous allons montrer que cette fonction est presque périodique.

Nous utiliserons dans cette Note le théorème montré par M. Mandelbrojt dans les *Annales de l'École normale supérieure* (1); les notations seront les mêmes.

1. THÉORÈME. — *a*. $\{\lambda_n\}$ $(n > 0)$ *est une suite d'entiers positifs croissants de densité moyenne supérieure* $\overline{D}^{\cdot}$ *finie*.

b. $F(s)$ *est une fonction holomorphe, bornée, dans la bande* $\Delta : |\sigma| < \pi R$, *avec* $R > \overline{D}^{\cdot}$.

c. $p(y)$ *est une fonction croissante vers l'infini, telle qu'il existe une fonction continue décroissante* $h(y)$, *avec* $\lim_{y=\infty} h(y) = \overline{D}^{\cdot}$, *et une fonction croissante* $C(y)$ *telles que*

$$2\nu\big(h(y)\big) - p(y) < -C(y), \qquad \int^{\infty} C(y)\, e^{-\frac{1}{2}\int^{y} \frac{du}{R-h(u)}} dy = \infty,$$

où $\nu(D)$ *est la fonction d'excès de* $\{\lambda_n\}$

(1) *Ann. Éc. norm. sup.*, (3), 63, 1946, p. 351.

d. Les suites $\{a_n^m\}$ *et* $\{b_n^m\}$ $(n > 0,\ m > 0)$ *sont telles que* $a_n^m = b_n^m = 0$ *si* $m > n$ *et que*

$$\text{(1)}\qquad \underset{m>0}{\overline{\text{borne}}}\ \underset{\substack{t \geq y \\ s \in \Delta}}{\overline{\text{borne}}} \left(F(s) - \sum_{1}^{m} (a_n^m e^{-\lambda_n s} + b_n^m e^{\lambda_n s}) \right) \leq e^{-p(y)}.$$

Conclusion. — *La fonction* $F(s)$ *est presque périodique dans une bande* $|\sigma| \leq \delta$, *ses exposants de Fourier étant choisis dans les suites* $\{\lambda_n\}$ *et* $\{-\lambda_n\}$.

2. Nous poserons

$$\Lambda(z) = \prod_{m>0} \left(1 + \frac{z^2}{\lambda_m^2}\right) = \sum_{0}^{\infty} c_m z^{2m},$$

$$\prod_{m>k} \left(1 + \frac{z^2}{\lambda_m^2}\right) = \sum_{0}^{\infty} c_{k,m} z^{2m},$$

$$F_0(s) = \sum_{0}^{\infty} (-1)^m c_m\ F^{(2m)}(s),$$

$$f_k(s) = \sum_{0}^{\infty} (-1)^m c_{m,k} F^{(2m)}(s).$$

On montre, en utilisant les méthodes de ([1]), que la somme représentant $F_0(s)$ converge uniformément vers zéro dans tout domaine Δ_ε : $|\sigma| \leq \pi(R - \overline{D}^*) - \varepsilon$. Dans Δ_ε, la série définissant $f_k(s)$ converge également uniformément [lemme II de ([1])].

On a, d'autre part, en utilisant une idée de M. Brunk ([2]), reprise par M. Sunyer y Belaguer ([3])],

$$F_0(s) = \prod_{i \leq h} \left(1 - \frac{1}{\lambda_i^2} \frac{d^2}{ds^2}\right) f_h(s) \equiv 0 \qquad (\text{dans } \Delta_\varepsilon),$$

ce qui entraîne

$$\text{(2)}\qquad f_h(s) = \sum_{1}^{h} (\alpha_i^h e^{-\lambda_i s} + \beta_i^h e^{\lambda_i s}).$$

3. Les λ_n étant croissants vers l'infini, nous avons

$$c_{h,m} \leq c_m; \qquad \lim_{h=\infty} c_{h,m} = 0.$$

Nous avons aussi

$$f_h(s) = F(s) + \sum_{1}^{\infty} (-1)^m c_{h,m} F^{(2m)}(s).$$

([2]) *Bull. Amer. math. soc.*, 55, 1949.

([3]) *Comptes rendus,* 231, 1950, p. 18.

Puisque $\Sigma c_m |F^{(2m)}(s)|$ converge uniformément dans Δ_ε, $f_h(s)$ tendra uniformément vers $F(s)$ dans Δ_ε.

En considérant la forme (2) de $f_k(s)$, on en déduit la conclusion du théorème.

4. Posons $F(s) \sim \Sigma(A_n e^{-\lambda_n s} + B_n e^{-\lambda_n s})$; certains des A_n et B_n pourront être nuls.

D'après (1), il existe, si petit que soit $\varepsilon > 0$, $y(\varepsilon)$ et $m(\varepsilon)$ tels que

$$\left| F(s) - \sum_1^{m(\varepsilon)} (a_n^{m(\varepsilon)} e^{-\lambda_n s} + b_n^{m(\varepsilon)} e^{\lambda_n s}) \right| < \varepsilon \qquad \text{pour} \quad t \geqq y(\varepsilon) \qquad \text{et} \qquad s \in \Delta.$$

Puisque

$$A_n = \lim_{T=\infty} \frac{1}{T} \int_y^{y+T} F(it)\, e^{\lambda_n it}\, dt,$$

on aura

$$|A_n - a_n^{m(\varepsilon)}| < \varepsilon,$$

de même

$$|B_n - b_n^{m(\varepsilon)}| < \varepsilon.$$

Si les A_n et B_n ne sont pas nuls à partir d'un certain indice, $m(\varepsilon)$ tend nécessairement vers l'infini quand ε tend vers zéro. Autrement dit, il existe une suite de nombres entiers m_i croissants vers l'infini telle que $a_n^{m_i}$ et $b_n^{m_i}$ tendent respectivement vers A_n et B_n pour tout n, quand i tend vers l'infini.

Si $A_n = B_n = 0$ pour $n > k$, ou bien la propriété précédente sera vérifiée, ou bien l'on aura $\lim_{\varepsilon=0} m(\varepsilon) = m$; dans ce cas on aura alors

$$a_n^m = A_n, \qquad b_n^m = B_n.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une théorie axiomatique générale des déterminants.* Note de M. **Karl Menger**, transmise par M. Georges Bouligand.

Le trait saillant de la théorie des déterminants est que tout théorème concernant les lignes est valable pour les colonnes et réciproquement. D'autre part, Weierstrass, Carathéodory et Schreier, dans leur développement axiomatique de la théorie, n'usent que d'hypothèses concernant les lignes et en déduisent les énoncés analogues concernant les colonnes, tandis que M. Artin, dans une variante récente [1], n'admet que des hypothèses concernant les colonnes : l'additivité et l'homogénéité du déterminant en chaque colonne; le fait qu'un déterminant dont deux colonnes sont identiques prend la valeur zéro; et la loi $|\delta_i^k| = 1$ où $\delta_i^k = 1$ ou zéro selon que $i = k$ ou $i \neq k$.

Le problème se pose de déduire la théorie des déterminants d'un système d'hypothèses indépendantes qui ne favorise ni les lignes ni les colonnes. Parmi

[1] *Galois Theory*, 2e édit., *Notre Dame Mathematical Lectures*, n° 2, 1944.

les fonctions réelles de matrices carrées de nombres réels, les déterminants sont caractérisés ([2]) par les postulats suivants qui satisfont aux conditions mentionnées. Les déterminants sont : I. *semi-additifs inférieurement* en chaque ligne et *semi-additifs supérieurement* en chaque colonne ; II. *semi-homogènes inférieurement* en chaque ligne (ou colonne) et *semi-homogènes supérieurement* en chaque colonne (ou ligne) ; III. ils prennent une valeur non négative si deux lignes sont identiques et une valeur non positive si deux colonnes sont identiques ; IV. ils prennent la valeur 1 pour les matrices $\|\delta_i^k\|$.

On dit qu'une fonction de n vecteurs est *semi-additive* et *semi-homogène inférieurement* en v_i si

$$f(v_1, \ldots, v_i'+v_i'', \ldots, v_n) \leq f(v_1, \ldots, v_i', \ldots, v_n) + f(v_1, \ldots, v_i'', \ldots, v_n),$$
$$f(v_1, \ldots, cv_i, \ldots, v_n) \leq cf(v_1, \ldots, v_i, \ldots, v_n) \qquad \text{pour tout } c \geq 0,$$

la semi-additivité supérieure et la semi-homogénéité supérieure étant définies par les inégalités opposées.

Or l'hypothèse I peut être étendue aux fonctions réelles de matrices dont les éléments appartiennent à un groupe abstrait quelconque G pourvu que l'opération du groupe soit dénotée par +, et son élément neutre par zéro.

THÉORÈME. — *Soit f une fonction réelle des matrices carrées à n^2 éléments de* G *qui est semi-additive inférieurement en chaque ligne et semi-additive supérieurement en chaque colonne. Alors f est additive en chaque ligne et en chaque colonne D'ailleurs, $f(\|a_i^k\|)$ est la somme de n! termes $f(\|b_i^k\|)$ où à chaque permutation $i_1, i_2, \ldots, i_n$ des nombres 1, 2, ..., n il correspond un terme « quasi-diagonal » tel que $b_i^k = a_i^k$ ou o selon que $i = i_k$ ou $\neq i_k$.* Par exemple,

$$(1)\quad f\begin{pmatrix} a_1^1 & a_1^2 & a_1^3 \\ a_2^1 & a_2^2 & a_2^3 \\ a_3^1 & a_3^2 & a_3^3 \end{pmatrix} = f\begin{pmatrix} a_1^1 & 0 & 0 \\ 0 & a_2^2 & 0 \\ 0 & 0 & a_3^3 \end{pmatrix} + f\begin{pmatrix} a_1^1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & a_2^3 \\ 0 & a_3^2 & 0 \end{pmatrix} + \ldots + f\begin{pmatrix} 0 & 0 & a_1^3 \\ 0 & a_2^2 & 0 \\ a_3^1 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Il est donc évident que les hypothèses II, III, IV ne jouent qu'un rôle secondaire. Admettant l'hypothèse III (d'ailleurs restreinte à des matrices très particulières), on démontre que

$$(2)\qquad f(\|a_i^k\|) = \Sigma(-1)^s g(a_{i_1}^1, a_{i_2}^2, \ldots, a_{i_n}^n),$$

où

$$g(a_{i_1}^1, a_{i_2}^2, \ldots, a_{i_n}^n) = f\begin{pmatrix} a_{i_1}^1 & 0 & \ldots & 0 \\ 0 & a_{i_2}^2 & \ldots & 0 \\ . & .. & \ldots & . \\ 0 & 0 & \ldots & a_{i_n}^n \end{pmatrix},$$

où $s = 0$ ou 1, selon que la permutation est paire ou impaire, et où la somme est prise pour les $n!$ permutations $i_1, i_2, \ldots, i_n$ de 1, 2, ..., n. La fonction g

---

([2]) M. Frank Kozin publiera les détails de la démonstration de ce théorème dans sa thèse de licentiat.

de n éléments de G est symétrique. Réciproquement à toute fonction symétrique de n éléments de G il correspond une fonction f des matrices carrées à n^2 éléments de G qui est additive en chaque ligne et en chaque colonne; f est liée à g par la relation (2).

Soit maintenant G un anneau avec une multiplication commutative et une unité 1. Si l'on suppose que

$$f\begin{pmatrix} b_1 & \dots & \dots & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & cb_i & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & 0 \\ 0 & \dots & \dots & \dots & b_n \end{pmatrix} = cf\begin{pmatrix} b_1 & \dots & \dots & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & b_i & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & \dots & \dots & b_n \end{pmatrix}$$

ce qui est une forme très restreinte du postulat II, alors $f(\| a_i^k \|)$ est le produit du déterminant classique $| a_i^k |$ et du nombre $f(\| \delta_i^k \|)$. Donc l'hypothèse IV garantit que $f(\| a_i^k \|) = | a_i^k |$.

L'hypothèse que G soit un anneau avec une unité, peut être introduite aussitôt que la décomposition (1) est établie. En supposant que la valeur de f pour toute matrice quasi diagonale est multipliée par c si un terme non nul de la matrice est multiplié par c ($c > 0$) (ce qui est encore une forme très restreinte du postulat II), alors de (1) on déduit

$$(3) \qquad f\begin{pmatrix} a_1^1 & a_1^2 & a_1^3 \\ a_2^1 & a_2^2 & a_2^3 \\ a_3^1 & a_3^2 & a_3^3 \end{pmatrix} = a_1^1 a_2^2 a_3^3 f\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} + a_1^1 a_3^2 a_2^3 f\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} + \dots$$

Une forme extrêmement faible du postulat III garantit que, pour toute matrice quasi diagonale ne contenant que des unités, f prend la valeur 1 ou -1 selon qu'il s'agit d'une permutation paire ou impaire.

Remarquons que, des fonctions réelles, notre théorème peut être étendu aux fonctions à valeurs appartenant à un groupe abstrait G_1 (qui d'ailleurs n'est pas nécessairement identique à G) en supposant l'additivité complète de f, et en chaque ligne et en chaque colonne, indépendamment l'une de l'autre.

CALCUL NUMÉRIQUE. — *Sur la sommation des séries asymptotiques de première espèce.* Note (*) de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Joseph Pérès.

On sait que l'on dit asymptotique de première espèce une série divergente dont les termes, alternés, commencent par décroître en valeur absolue pour croître ensuite indéfiniment. On admet qu'en arrêtant la sommation à un certain terme, on connaît la somme avec une approximation donnée en grandeur et en signe par ce terme. Cette règle, établie rigoureusement dans un certain nombre

(*) Séance du 5 mai 1952.

de cas, est-elle générale? Voici ce que permet d'affirmer la théorie des *séries définissables*.

A la série divergente alternée de terme général $(-1)^n u_n$, nous avons attaché la fonction y_n définie pour n entier $\geqq 0$, par les sommées successives des u_n, à savoir $\sum_0^n C_n^i u_i$, la somme de la série étant l'extrapolée à $n = -1$ de la suite y_n, calculée par *interpolation idéale,* en appelant ainsi, *si elle existe,* une interpolation qui serait conservée par les transformations effectuées sur les y. En particulier, si u_n croît trop rapidement, on peut, par ralentissement de la fonction attachée, transformer la série trop divergente en une série asymptotique.

Imaginons donc une suite *cohérente* y_n s'étendant jusqu'à $n = \pm\infty$. Il lui correspond, pour $n \geqq 0$, une série $\Sigma(-1)^n u_n$. Ce n'est que sous certaines conditions, difficiles à préciser actuellement, qu'inversement la régularité des u_n supposés donnés *a priori,* qui entraîne celle des y_n pour $n \geqq 0$, l'entraînerait aussi pour $n < 0$. Supposons donc qu'à la série $(-1)^n u_n$ corresponde une suite y_n fonction régulière de n même pour $n < 0$. Exprimons cette régularité en posant que les différences successives δ_n des y_n sont toutes positives et commençons la suite y_n à y_{-1}. Nous écrivons ainsi successivement des inégalités :

$$y_{-1} > 0, \quad y_0 - y_{-1} > 0, \quad y_1 - 2y_0 + y_{-1} > 0, \quad y_2 - 3y_1 + 3y_0 - y_{-1} > 0, \quad \ldots,$$

qui, si l'on revient des y_n aux u_n, expriment qu'en prenant un nombre croissant de termes de la série $\Sigma(-1)^n u_n$ on *encadre* successivement par défaut et par excès la somme $S = y_{-1}$ de cette série, ce qui est le fait classiquement admis *a priori* et dont la généralité est ainsi ramenée *en toute rigueur* à un problème de *régularité.*

Dans ces conditions, le reste étant remplacé par la moitié du premier terme négligé, l'incertitude est la moitié de ce terme, assez grave si un tel terme n'est pas très petit. C'est l'approximation sur laquelle on peut compter, mais heureusement l'incertitude réelle est ordinairement bien moindre.

Précisons davantage. La régularité est encore plus nette si le graphique des δ_n en fonction de n a sa concavité uniformément tournée vers le haut. On écrit ainsi :

$$y_1 - 4y_0 + y_{-1} > 0, \quad y_2 - 5y_1 + 8y_0 - 4y_{-1} > 0,$$
$$y_3 - 6y_2 + 13y_1 - 12y_0 + 4y_{-1} > 0, \quad \ldots,$$

ce qui, en revenant des y_n aux u_n, exprime que, si l'on a formé la somme $u_0 - u_1 + u_2 - \ldots + (-1)^n u_n$ et représenté le reste par

$$(-1)^{n+1}\left[\frac{u_{n+1}}{2} + \frac{u_n - u_{n+2}}{8}\right],$$

on obtient la somme de la série asymptotique avec une erreur *moindre*

que $|u_{n+2} - 2u_{n+1} + u_n|/8$. C'est la règle que nous avions trouvée sans pouvoir la justifier ni indiquer une limite de l'approximation obtenue.

La série $(-1)^n u_n$ étant donnée, on peut former les y_n pour n entier ≥ 0 et par suite contrôler leur régularité. Il ne faudrait pas croire, surtout après transformation ralentissante des y, que de la régularité observée jusqu'à $n = 0$ inclusivement on puisse conclure à la régularité jusqu'à $n = -1$, et ceci limite en pratique l'utilisation rigoureuse des règles précédentes. On peut seulement *présumer* que si la régularité est très franche jusqu'à $n = 0$, elle ne sera pas éteinte pour $n = -1$.

D'autre part, si la régularité est très franche dans les premières colonnes du tableau de différentiation successive des y_n et que l'irrégularité n'apparaisse que dans les colonnes de rang élevé, il est plausible d'admettre que la régularité persistera dans les premières colonnes jusqu'à $n = -1$. On justifie ainsi la règle que nous avions indiquée, selon laquelle la sommation d'une série divergente d'allure peu régulière reste possible par nos méthodes et avec une approximation connue, si l'on se tient assez *loin* des termes où se manifeste l'irrégularité.

MÉCANIQUE. — *Sur les systèmes à l'action retardée.*
Note de M. **Nicolas Minorsky**, transmise par M. Henri Beghin.

Dans une des Notes précédentes ([1]) il a été montré que la théorie des oscillations auto-entretenues que l'on rencontre dans les systèmes dynamiques (mécaniques ou électriques) se ramène aux équations différentielles aux différences (e. d. d., pour abréger), mais que cette théorie doit tenir compte du caractère non linéaire de ces problèmes.

La présente Note, tout en restant dans le cadre de ces idées, permet d'obtenir ces résultats plus facilement grâce à l'emploi de la méthode qu'on peut appeler « stroboscopique » qui a été précisée dans une autre Note ([2]). Pour illustrer ce procédé, envisageons une e. d. d. de la forme

$$\ddot{x} + a\dot{x} + x_h + \varepsilon x_h^3 = 0, \tag{A}$$

où $x(t)$ est la variable dépendante, $x_h = x(t-h)$ est la même variable mais retardée, h étant une constante. Pour pouvoir rester dans le cadre de la théorie non linéaire, nous supposerons que a, h et ε sont des petits paramètres du même ordre. Nous spécifions ainsi que l'oscillateur représenté par (A) est *dans le voisinage* d'un oscillateur harmonique.

En introduisant des nouvelles variables dépendantes $\rho = r^2 = x^2 + \dot{x}^2 = x^2 + y^2$

([1]) *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 122.
([2]) *Ibid.*, 232, 1951, p. 2179.

et $\psi = \operatorname{arctg}(y/x)$ avec des relations qui en résultent $x = r\cos\psi$ et $y = r\sin\psi$, le système (A) devient

$$\text{(B)} \qquad \frac{d\rho}{dt} = 2(xy - ay^2 - x_h y - x_h^2 y), \qquad \frac{d\psi}{dt} = -(y^2 + axy + x_h x + x_h^2 x).$$

Puisque $x_h = x e^{-hz} = x e^{-h\alpha} e^{-ih\omega}$, où $z = \alpha + i\omega$, et, comme on est dans le voisinage de l'oscillateur harmonique, que α est aussi petit, $e^{-h\alpha} \cong 1$ dans la première approximation. De même, $x = r\cos\psi \cong x_0 \cos\psi$, parce que pour l'oscillateur harmonique $\rho = r^2 = x_0^2 \cos^2 t + x_0^2 \sin^2 t = x_0^2$. Cela donne dans ce voisinage $x_h = x\cos(\psi - \beta)$ où $\beta = h\omega$. Cela veut dire que, sous les conditions énoncées, l'effet du retard se manifeste dans la phase seulement. En remplaçant x, y et x_h par leurs valeurs et, en introduisant une variable auxiliaire $P(t) = \log\rho(t)$, le système (B) devient

$$\frac{dP}{dt} = \left(\beta - a - \frac{3}{4}\varepsilon\rho\beta\right) + \text{termes périodiques},$$
$$\frac{d\psi}{dt} = -1 - \frac{3}{8}\varepsilon\rho + \text{termes périodiques}.$$

On cherche à satisfaire ces équations par des séries de la forme

$$P(t) = \sum_{\nu=0}^{\infty} \varepsilon^\nu P_\nu(t), \qquad \psi(t) = \sum_{\nu=0}^{\infty} \varepsilon^\nu \psi_\nu(t).$$

Pour l'approximation de l'ordre zéro on a $P(t) = P_0 = \text{const.}$; $\psi_0 = \varphi_0 - t$, φ_0 étant une constante d'intégration et pour la première approximation on a

$$\text{(C)} \qquad \begin{cases} \dfrac{dP_1}{dt} = \left[\dfrac{\beta - \alpha}{\varepsilon} - \dfrac{3\beta\rho}{4}\right] + \text{termes périodiques}; \\ \dfrac{d\psi_1}{dt} = -\dfrac{3}{8}\rho + \text{termes périodiques}. \end{cases}$$

En appliquant à ce système la méthode stroboscopique, on aboutit aux équations différentielles

$$\text{(D)} \qquad \frac{d\rho}{d\tau} = \rho\left[\frac{\beta - a}{\varepsilon} - \frac{3}{4}\beta\rho\right]; \qquad \frac{d\psi}{d\tau} = -1 - \frac{3}{8}\varepsilon\rho.$$

Remarquons que la variable indépendante τ ici n'est pas la même qu'avant.

L'amplitude stationnaire ρ_0 est donnée par la première équation (D), à savoir $\rho_0 = 4(\beta - a)/3\varepsilon\beta$ et l'équation à la variation correspondante montre que pour un système retardé ($h > 0$, $\beta > 0$) au cas où $\varepsilon > 0$, ρ_0 est stable si $\beta > a$; au cas où $\varepsilon < 0$, ρ_0 est stable si $\beta < a$. On voit ainsi que selon que $\varepsilon > 0$ ou $\varepsilon < 0$, ρ_0 existe pour des fréquences situées d'un côté ou d'un autre de la fréquence $\omega_1 = a/h$. Pour $\omega = \omega_1 = a/h$, on a $\rho_0 = 0$.

La deuxième équation (D) indique que la vitesse angulaire $d\psi/d\tau$ se compose de $d\psi_0/d\tau = -1$ plus une petite correction non linéaire de la fréquence $d\varphi/d\sigma = -(3/8)\varepsilon\rho$ dont le signe est celui de ε.

Les calculs analogues s'appliquent aussi aux systèmes à l'action avancée ($h < 0$, $\beta < 0$). On trouve que pour des pareils systèmes, ρ_0 est instable, ce qui montre que ces systèmes sont plus protégés contre des oscillations de ce genre que les systèmes retardés. Comme en pratique presque tous les systèmes sont retardés plus ou moins et comme les systèmes avancés ne sont réalisés que grâce à des certains dispositifs artificiels, on peut dire que, du point de vue pratique, les oscillations de ce genre sont plutôt la règle et leur absence est l'exception.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Sur l'intérêt des traceurs radioactifs dans l'étude de l'usure des plastiques stratifiés.* Note (*) de M. **Maurice Ezran**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Objet de cette étude. — L'usure des matières plastiques stratifiées, constituées par des nappes de tissus de coton imprégnées de résines phénoliques, a déjà été étudiée ([1]) en raison des applications croissantes de ces matériaux dans les pièces de roulement ou de glissement, telles que : engrenages, coussinets, etc.

L'objet de ce travail est de montrer que l'appréciation de l'usure en fonction de la perte de masse peut être mieux suivie avec les traceurs radioactifs que par la pesée ou d'après une variation dimensionnelle.

Méthode et résultats de l'étude par variations dimensionnelles. — On a suivi les variations de diamètre d'un galet en stratifié (de 36 mm de diamètre et de 10 mm d'épaisseur) roulant sur un galet métallique dans des conditions destinées à reproduire celles de l'utilisation. A cet effet, le galet en stratifié a pour rayon le rayon de courbure d'une développante de cercle, au point d'usure maximum de cette développante. Il en est de même pour le galet métallique et cet ensemble reproduit les conditions les plus sévères de fonctionnement de deux dents d'engrenage ([2]). Cet ensemble est mis en mouvement dans de l'huile de machine. Comme cette huile est absorbée par le stratifié, il intervient un gonflement, heureusement peu important, mais cette absorption rendrait, d'autre part, difficile l'appréciation de l'usure par la pesée.

Dans des conditions de charge, variant de 3 à 10 kg par millimètre d'épaisseur du galet, et à une température de régime voisine de 30°, l'usure diamétrale, en fonction de la charge et du nombre de tours, est montrée par les courbes de la figure 1.

(*) Séance du 5 mai 1952.

([1]) Opitz et Reese, *Kunstoffe*, 32, n° 9, 1942, p. 263 à 269.

([2]) E. Buckingam, *Trans., A. S. M. E.*, 1944, p. 297 à 310.

Malgré l'imprécision relative de la mesure des variations dimensionnelles, le relèvement de la pente des courbes, à partir d'un certain effort, exercé sur le galet, conduit à la notion d'une « *charge limite d'usure lente* ».

Toutefois, ces courbes, comme la charge limite d'usure lente, pourraient être déterminées, avec plus de précision, à l'aide de la méthode ci-après.

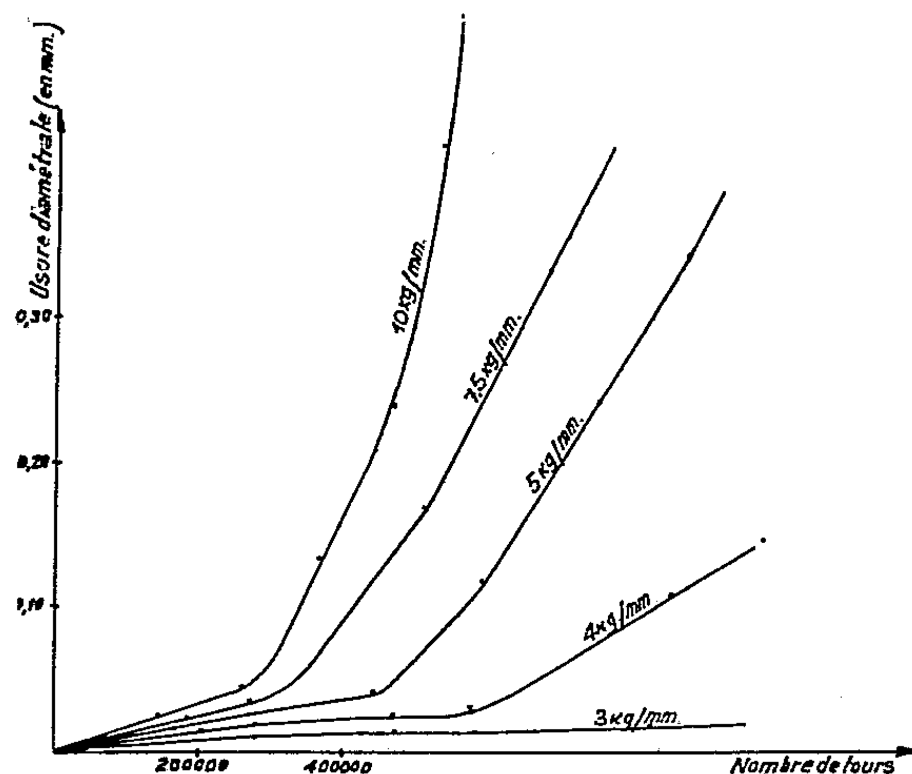


Fig. 1.

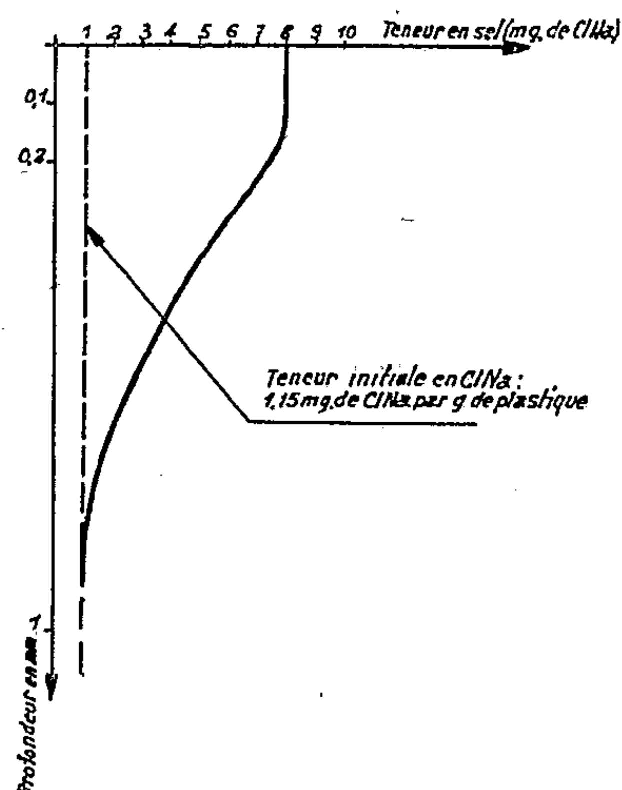


Fig. 2.

Méthode et résultats de l'étude par les traceurs radioactifs. — Le principe de la méthode, ici utilisée, a fait l'objet d'une application dans un autre domaine ([3]). Dans ce travail, elle consiste à rendre radioactif le chlorure de sodium présent dans le stratifié, en l'exposant aux neutrons émis par une pile atomique, et à évaluer la perte de masse du stratifié, au cours de l'usure, par le rayonnement émis par l'huile, qui a reçu la poussière provenant de cette usure.

Comme la teneur initiale en chlorure de sodium du stratifié était seulement de 1,15 mg/g de matière, on a augmenté cette teneur par une immersion dans une solution de ce sel et l'on a procédé à une nouvelle activation. Une usure artificielle, d'un galet témoin, à l'aide d'un outil de tour, a fourni une poussière activée qui a permis d'établir la décroissance de la pénétration du sel, mesurée suivant un diamètre (*fig.* 2); cette décroissance est pratiquement insensible suivant l'épaisseur intéressée par l'essai d'usure.

Les courbes obtenues expérimentalement figure 3 montrent l'allure du phénomène d'usure des galets (dans les conditions initialement précisées) pour les premières phases du roulement, qui intéressent surtout la période du rodage. Peut-être faut-il souligner qu'il serait impossible d'obtenir ces courbes par la méthode des variations dimensionnelles. L'application de

([3]) PINOTTI et HULL, *Petroleum Engineer*, 1949, p. 5 à 8.

cette méthode nécessite, en effet, au moins deux jours d'expérimentation, alors que la méthode de la radioactivité induite permet l'appréciation de l'usure après quelques minutes de fonctionnement.

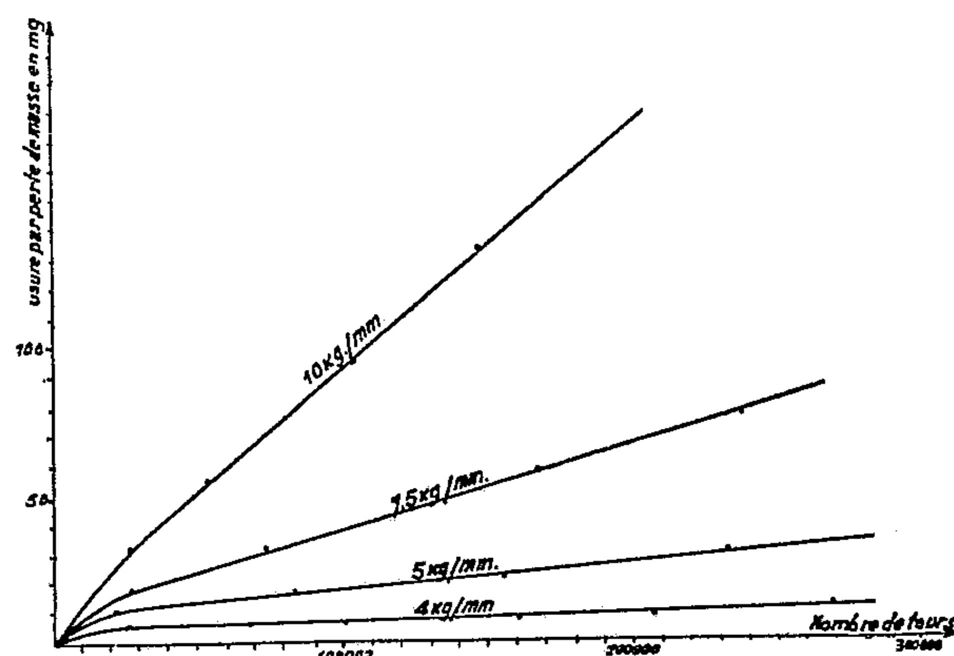


Fig. 3.

Conclusions. — Comme on vient de le voir, la méthode de la radioactivité induite est ici, comme dans d'autres domaines, d'une sensibilité extraordinaire : elle permet de préciser les courbes d'usure et de les déterminer pour des durées de fonctionnement courtes et des efforts peu élevés.

La supériorité de cette méthode conduit à l'utiliser, de préférence à toutes les autres, dans la détermination de la charge limite d'usure lente, définie par les courbes d'usure établies dans cette étude.

HYDRAULIQUE. — *Arrêt progressif du débit des turbines en tête d'un canal de fuite en charge en l'absence de chambre d'équilibre.* Note de MM. **Léopold Escande** et **Jean Nougaro**, transmise par M. Charles Camichel.

Étude analytique et graphique des surpressions engendrées par un arrêt progressif du débit des turbines dans un canal de fuite en charge, démuni de chambre d'équilibre.

Dans une Note précédente (1) nous avons étudié les surpressions produites par un arrêt instantané du débit des turbines. Nous étudions maintenant l'influence de la durée de fermeture. La variation du débit des turbines dépend du régime de surpressions qui s'établit dans la conduite forcée et dans le canal de fuite et le calcul peut être effectué au moyen d'une méthode indiquée par l'un de nous (2) : dans le cas actuel, pour simplifier, nous supposons que le débit des turbines passe linéairement de Q_0 à zéro en τ secondes.

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p 1737.
(2) L. Escande, *Compléments d'hydraulique*, 1re partie, p. 188.

Le calcul analytique s'effectue, dans tous les cas étudiés, comme il a été indiqué à propos des manœuvres instantanées en tenant compte du fait que le volume de la cavité (air ou vapeur d'eau) devient $\Omega_1 - (\tau/2)\,Q_0$.

Nous limitons notre étude aux valeurs pratiques de τ, qui sont relativement faibles.

Les notations sont celles de la Note précédente et les applications numériques concernent l'exemple examiné dans celle-ci : nous rappelons que la durée d'un aller et retour d'onde, d'un bout à l'autre du canal de fuite, est égale à $\theta = 1,2$ s, dans cet exemple.

A. *Aucun dispositif d'aération.* — La méthode analytique permet de calculer la surpression maximum produite au moment où la cavité se referme

$$\xi_M = \frac{a}{g}\sqrt{W_0^2 - \frac{\tau}{2}Q_0\frac{2g(y_0+y_a)}{fL}}.$$

Elle donne, pour $\tau = 6\,\theta = 7,2$ s : $\xi_M = 212$ m.

Par ailleurs, la méthode graphique fournit, en fonction de τ, les valeurs suivantes de ξ_M et du volume maximum Ω_1 de la cavité :

τ(s).............	0	7,2	12,6	18
ξ_M(m)............	315	222	135	10
Ω_1(m³)..........	442	199	17	0,4

On observe la diminution rapide de ξ_M quand τ augmente.

B. *Clapet.* — Avec le dispositif de clapet proposé par M. le Président Caquot, la méthode analytique donne, pour la surpression maximum produite, au moment où la poche d'air se referme :

$$\xi_M = \frac{a}{g}\sqrt{W_0^2 - \frac{\tau}{2}Q_0\frac{2gy_0}{fL}}.$$

Par ailleurs, la méthode graphique fournit également, en fonction de τ, la valeur de ξ_M.

Le tableau suivant permet une comparaison entre les résultats obtenus avec les deux méthodes de calcul :

τ (s)...................	0	6	18	30	36
ξ_M calculé (m)..........	9,18	9,30	9,05	9,15	9,10
ξ_M graphique (m)........	9,90	9,20	9,20	9,20	8,80

La surpression est pratiquement constante quand varie la durée de fermeture. C'est seulement pour des durées d'arrêt du débit supérieures à 30 secondes qu'une nette décroissance se manifeste.

C. *Puits d'aération.* — En ne tenant pas compte des phénomènes transitoires accompagnant le remplissage du puits par l'eau qui reflue de l'aval, on trouve l'expression suivante de la surpression maximum, par la méthode analytique

$$\xi_M = \frac{f^2}{2gm^2s^2}\left[W_0^2 - \frac{\tau}{2}Q_0\frac{2gy_0}{fL}\right].$$

Le volume déversé par le puits peut être déterminé par la relation

$$\Omega = \frac{L m^2 S^2}{f} \operatorname{Log}\left[1 + \frac{f^2}{2 g h m^2 S^2}\sqrt{W_0^2 - \frac{\tau}{2} Q_0 \frac{2g \cdot y_0}{fL}}\right].$$

Dans le cas d'un puits $mS = 6\ m^2$, $h = 5$ m, avec $\tau = 20,6$, $\theta = 24,7$ s, le volume calculé est égal à 377 m³, contre 362 m³ déduit de la construction graphique.

Pour ce même puits, le tableau suivant fournit les résultats déduits du calcul analytique d'une part, et de la construction graphique, d'autre part :

τ (s)	0	6,84	12,8	18,2	23,2	24,7	31,9
ξ_M calculé (m)	11,95	10,7	9,6	8,6	7,7	7,4	6,0
ξ_M graphique (m)	11,4	10,7	9,6	8,6	7,7	7,4	6,0

Avec $mS = 2\ m^2$ et $h = 5$ m, le tableau des surpressions devient le suivant :

τ (s)	0	6,84	12,20	18,50	23,30	31,90
ξ_M calculé (m)	67,60	56,10	46,00	37,20	26,60	14,80
ξ_M graphique (m)	49,00	44,40	38,50	31,00	23,40	14,50

La concordance entre les résultats donnés par le calcul d'une part, et par la construction graphique, d'autre part, n'est en défaut que pour les faibles valeurs de mS et de τ.

Conclusions. — L'augmentation de la durée de fermeture, sans influence appréciable dans le cas du clapet, provoque pour la surpression maximum, une réduction notable dans le cas du puits et extrêmement importante dans celui de la cavitation.

ASTROPHYSIQUE. — *L'atome d'hydrogène lourd et le spectre du Soleil.* Note de M. **Junior Gauzit**, présentée par M. André Danjon.

1. On admet généralement que les raies du deutérium ne sont pas observables dans le spectre solaire. Leur présence y a été cherchée dès 1932, à une époque où leurs longueurs d'onde n'étaient pas encore connues avec précision, par D. H. Menzel [1], qui a conclu non par la négative, mais par le doute; il a relevé, en effet, qu'une faible raie d'absorption coïncide très sensiblement avec la raie $D\beta$. A ma connaissance, cet examen n'a pas été repris. Il m'a paru intéressant d'étudier à nouveau ce problème, car les idées actuelles sur la composition du Soleil [2] conduisent à penser que, si la proportion du deutérium par rapport à l'hydrogène ordinaire a, dans l'atmosphère solaire, une valeur voisine de celle existant sur la Terre,

---

(1) *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 44, 1932, p. 41.

(2) *Voir*, par exemple, L. Goldberg et L. H. Aller, *Atoms, stars and nebulae* (*The Harvard Books on Astronomy*).

ses atomes y sont sensiblement aussi nombreux que n'importe quels autres, l'hydrogène et l'hélium exceptés. Leurs raies d'absorption pourraient donc être décelables, malgré le potentiel d'excitation relativement élevé qu'elles font intervenir.

J'ai adopté pour le spectre du deutérium les longueurs d'onde données par Miss Moore dans la *Revised Multiplets Table* (3).

2. Si l'on examine la série de Balmer, on ne trouve pas, dans la Table de Rowland révisée, la longueur d'onde 6 561,032 Å de la raie Dα. Mais, sur le bord de la raie λ 6 561,105 Å, signalée par cette Table, d'intensité — 2 et attribuée à la vapeur d'eau atmosphérique, l'Atlas Photométrique d'Utrecht montre, vers les courtes longueurs d'onde, une faible dépression, qui peut correspondre à la radiation cherchée. Une comparaison précise du spectre du disque solaire en son centre et sur ses bords permettrait sans doute de reconnaître avec certitude si la raie Dα existe. En ce qui concerne la deuxième raie de Balmer, on est tenté, comme l'avait noté Menzel, d'attribuer au deutérium la raie λ 4 860,024 Å de la Table de Rowland, dont l'intensité est évaluée — 3 et dont l'origine est inconnue. Pour la raie Dγ, il y a « blend » avec la raie λ 4 339,258 Å attribuée à FeI.

3. Puisque l'identification dans le spectre solaire du deutérium par ses raies de Balmer reste douteuse, il semble peu probable *a priori* que l'on trouve ses raies de Paschen, dont le potentiel d'excitation est plus grand. Mais cette augmentation peut être compensée par une différence, tout à fait vraisemblable, de 500° environ, de la température d'excitation. C. de Jager et L. Neven (4) ont d'ailleurs montré que pour les raies de l'hydrogène du spectre solaire la largeur équivalente dans la série de Paschen est comparable ou même supérieure à celle de la série de Balmer, quand on considère les raies correspondant au même niveau final.

La région de la première raie de Paschen est masquée par une bande intense de la vapeur d'eau. Il est remarquable que pour la deuxième raie on trouve, dans la Table publiée par H. D. Babcock et C. E. Moore (5), une radiation de longueur d'onde 12 814,64 Å, d'intensité — 2, qui coïncide très sensiblement avec la position prévue. La même Table montre que la troisième raie de Paschen du deutérium est cachée par une raie d'origine tellurique, d'intensité 6, et de longueur d'onde 10 935,16 Å.

4. J'ai tenté de mesurer la largeur équivalente des raies λ 4 860,024 Å et λ 12 814,64 Å, en me servant pour la première de l'Atlas photométrique d'Utrecht et pour la deuxième de l'Atlas photométrique du spectre

---

(3) *Contributions from the Princeton University Observatory*, n° 20, 1945.

(4) *Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen* (*Proceedings*, 53, n° 10, 1950).

(5) *The Carnegie Institution of Washington*, 579, 1947.

solaire dans le proche infrarouge, publié par l'Observatoire Mc Math-Hulbert. La première mesure est très malaisée, car la raie en question est comprise entre deux raies voisines beaucoup plus intenses; une estimation approximative donne une largeur équivalente de 1,5 millième d'angström. Pour la raie infrarouge, la mesure qui n'est pas non plus précise, conduit à une largeur équivalente de 10 millièmes d'angström environ. En admettant les identifications proposées, on déduit de ces largeurs les nombres d'atomes de deutérium présents au-dessus de la photosphère sur les niveaux $n = 2$ et 3, à savoir 6.10^{10} et 5.10^{10} cm^{-2}. Il serait illusoire d'évaluer, à partir de ces nombres, la température d'excitation. En adoptant arbitrairement une valeur de 5 500°K, on calcule le nombre d'atomes de deutérium au niveau normal; on a deux évaluations, qui donnent respectivement 2.10^{19} et 5.10^{19} cm^{-2}. Malgré la grande incertitude de ces nombres, il ne paraît pas vraisemblable que l'abondance relative de l'hydrogène lourd par rapport à l'hydrogène ordinaire puisse être supérieure dans l'atmosphère solaire à celle rencontrée sur la Terre.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur le principe de la constance de la vitesse de la lumière*. Note (*) de M. **Joseph Sivadjian**, présentée par M. Louis de Broglie.

M. K. D. Stiegler a publié sous ce titre une Note (¹), dans laquelle il déclare qu'on peut fonder la théorie de la relativité restreinte sans supposer le principe de la constance de la vitesse de la lumière, c'est-à-dire le premier postulat d'Einstein, en admettant comme axiomes de départ que l'espace est homogène et isotrope et que dans tous les systèmes de référence galiléens, les lois physiques sont les mêmes, ce qui est à son tour le second postulat de la théorie de la relativité.

On peut prouver ainsi, dit-il en conclusion, que le prétendu principe de la constance de la vitesse de la lumière n'est pas un axiome indépendant du principe de la relativité, comme l'on a pensé jusqu'à présent, mais qu'au contraire, ce principe est une conséquence nécessaire des systèmes d'axiomes ci-dessus énoncés.

Dans son premier Mémoire de 1905, Einstein cherchant à trouver une définition de la simultanéité et du synchronisme des horloges au repos, a été amené à admettre que la vitesse de la lumière dans l'espace vide est une constante universelle. Le principe ou le postulat de la constance

(*) Séance du 5 mai 1952.
(¹) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1250.

de la vitesse de la lumière n'était donc, en réalité, au départ pour Einstein qu'une conclusion tirée « de certaines expériences physiques (hypothétiques) » ([2]), dont le prototype est l'expérience de Michelson. Mais, plus tard, plusieurs auteurs et, entre autres, M. M. Esclangon et E. Le Roy [pour les références bibliographiques, *voir* ([4])] ayant jugé peu satisfaisante l'évidence expérimentale du dit principe, ont montré qu'il était parfaitement possible d'établir les formules de la relativité, en renonçant à faire intervenir la vitesse de la lumière et en partant de l'unique principe de la relativité, d'après lequel dans tous les systèmes de référence galiléens, les lois physiques sont les mêmes.

M. Stiegler, qui suit la même voie, constate, en outre, que l'adoption des axiomes cités plus haut permet de retrouver le principe de la constance de la vitesse de la lumière comme une simple conséquence de ces mêmes axiomes.

Dans notre étude sur la constance de la vitesse de la lumière et ses vérifications expérimentales [premier postulat de la relativité ([3])], après avoir examiné les raisons données par les auteurs, relatives à l'insuffisance des preuves expérimentales de ce premier postulat, nous avons montré, en particulier, que les observations astronomiques de de Sitter sur les étoiles doubles, considérées comme la preuve astronomique de la constance de la vitesse de la lumière, n'étaient en réalité que la confirmation du postulat de Fresnel relatif à l'indépendance de la vitesse de la lumière de celle de sa source.

Ensuite, dans notre rapport au 73e Congrès des Sociétés savantes de 1947, sur le second postulat de la relativité, nous sommes arrivé à des conclusions identiques à celles de M. Stiegler en montrant, le premier, que la théorie de la relativité était basée sur un seul principe, dit de la relativité, qui ne pouvait être maintenu qu'en adoptant l'hypothèse de l'invariance de la vitesse de la lumière pour tous les observateurs galiléens; que le principe de la constance de la vitesse de la lumière dans le vide était donc la conséquence nécessaire du principe de la relativité tel qu'il était défini par Einstein et que sa théorie avait pour bases, en définitif, deux postulats, dont l'un appelait irrésistiblement l'autre ([4]).

([2]) A. Einstein, *Les fondements de la théorie de la relativité générale*, trad. M. Solovine, Paris, 1933, p. 8.

([3]) J. Sivadjian, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 523; *Arch. Sci. phys. nat.* (Genève), (5), 29, 1947, p. 356.

([4]) J. Sivadjian, *Sophia*, 19, 1951, p. 323.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la représentation des systèmes d'équations d'ondes irréductibles de la théorie des corpuscules de spin quelconque. Application au calcul des sections efficaces de diffusion.* Note de M. **Gérard Petiau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le formalisme matriciel des représentations irréductibles des équations d'ondes des corpuscules de spin $n\hbar/2$ est obtenu par l'introduction d'un projecteur convenable à partir du formalisme réductible de la méthode de fusion. Application au calcul des sections efficaces de diffusion.

Nous avons développé dans des publications antérieures ([1]) une théorie générale des corpuscules de spin quelconque dans laquelle, par une généralisation de la méthode introduite par M. Louis de Broglie pour obtenir les équations d'ondes du photon, nous avons représenté le corpuscule de spin total maximum $n\hbar/2$ par un ensemble de 4^n fonctions d'ondes $\psi_{i_1,i_2,\ldots,i_n}$, caractérisées chacune par n indices $i_1, i_2, \ldots, i_n$ variant respectivement de 1 à 4, ces fonctions étant solutions du système

$$(1) \qquad [p_\mu \Gamma^\mu + i m_0 c]\psi_{i_1,i_2,\ldots,i_n} = 0,$$

$$(\Gamma^\mu)_{i_1,\ldots,i_n;m_1,\ldots,m_n} = \frac{1}{n} \sum_{r=1,\ldots,n} \delta_{i_1 m_1}\ldots(\gamma^\mu)_{i_r m_r}\ldots\delta_{i_n m_n}.$$

Ce système considéré depuis par de nombreux auteurs n'est pas réductible et contient des représentations irréductibles correspondant à divers états de spin et de masse propre dont les valeurs sont bien déterminées.

J'ai déjà montré ([1]) que l'on réduit le système [1] à la représentation irréductible de spin maximum en ne considérant parmi les fonctions $\psi_{i_1,\ldots,i_n}$ que les fonctions symétriques par rapport à tous les indices $i_n, \ldots, i_n$, soient $\psi_{(i_1,\ldots,i_n)}$. Le système (1) se ramène alors aux équations proposées par M. Fierz ([2]).

La fonction symétrique $\psi_{(i_1,\ldots,i_n)}$ peut être déduite de la fonction d'onde générale $\psi_{i_1,\ldots,i_n}$ au moyen d'un projecteur $\eta^{(n)}$ tel que

$$\psi_{(i_1,\ldots,i_n)} = [\eta^{(n)}]_{i_1,\ldots,i_n;l_1,\ldots,l_n}\psi_{l_1,\ldots,l_n},$$

$$[\eta^{(n)}]_{i_1,\ldots,i_n;l_1,\ldots,l_n} = \frac{1}{n!}\sum P(l_1, \ldots, l_n)\,\delta_{i_1 l_1}\,\delta_{i_2 l_2}, \ldots, \delta_{i_n l_n},$$

la somme étant étendue à l'ensemble des permutations des indices $l_1, l_2, \ldots, l_n$.

On a ainsi

$$2\eta^{(2)}_{i_1,i_2;l_1,l_2} = \delta_{i_1 l_1}\,\delta_{i_2 l_2} + \delta_{i_1 l_2}\,\delta_{i_2 l_1},$$

$$3!\,\eta^{(3)}_{i_1,i_2,i_3;l_1,l_2,l_3} = (\delta_{i_1 l_1}\,\delta_{i_2 l_2} + \delta_{i_1 l_2}\,\delta_{i_2 l_1})\,\delta_{i_3 l_3} + (\delta_{i_1 l_1}\,\delta_{i_2 l_3} + \delta_{i_1 l_3}\,\delta_{i_2 l_1})\,\delta_{i_3 l_3} + (\delta_{i_1 l_2}\,\delta_{i_2 l_3} + \delta_{i_1 l_3}\,\delta_{i_2 l_3})\,\delta_{i_3 l_1}$$

([1]) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 610; **215**, 1942, p. 77; **216**, 1943, p. 438; *J. Phys.*, 7, 1946, p. 124.

([2]) *Helv. Phys. Acta*, **12**, 1939, p. 1.

ou encore

$$3\,\eta^{(3)}_{i_1,i_2,i_3;l_1l_2l_3} = \eta^{(2)}_{i_1,i_2;l_1,l_2}\,\delta_{i_3l_3} + \eta^{(2)}_{i_1,i_2;l_1l_3}\,\delta_{i_3l_2} + \eta^{(2)}_{i_1,i_2;l_2l_3}\,\delta_{i_3l_1},$$

$$\eta^{(n)}_{i_1,i_2,\ldots,i_n;l_1,\ldots,l_n} = \frac{1}{n}\sum_{p=1,\ldots,n} \eta^{(n-1)}_{i_1,\ldots,i_{n-1};l_1,\ldots,l_{p-1},l_p,\ldots,l_n}\,\delta_{i_nl_p}$$

$$= \frac{1}{n}\sum_{p=1,\ldots,n} \eta^{(n-1)}_{i_1,\ldots,i_{p-1},i_p,\ldots,i_n;l_1,\ldots,l_{n-1}}\,\delta_{i_pl_n} = \frac{1}{n}\sum_{p=1,\ldots,n} \eta^{(n-1)}_{i_1,\ldots,i_{q-1},i_q,\ldots,i_n;l_1,\ldots,l_{p-1},l_p,\ldots,l_n}\,\delta_{i_ql_p}.$$

On démontre par récurrence que $[\eta^{(n)}]^2 = \eta^{(n)}$. L'équation d'ondes irréductibles des corpuscules de spin $n\hbar/2$ s'écrit

$$[p_\mu\beta^\mu + im_0c\,\eta^{(n)}]_{i_1,\ldots,i_n;l_1,\ldots,l_n}\psi_{l_1,\ldots,l_n} = 0,$$

avec $\beta^\mu = \Gamma^\mu\eta^{(n)}$ et la trace de $\eta^{(n)}$ (dont les valeurs propres sont 0 et 1) donne le rang N de la représentation. On trouve par récurrence

$$N = \mathrm{Tr.}\,[\eta^{(n)}] = \frac{(n+1)(n+2)(n+3)}{6},$$

ce qui donne pour $n = 2$, $N = 10$, pour $n = 3$, $N = 20$, pour $n = 4$, $N = 35$, ...

Les matrices Γ^μ définissent un système général de matrices symétriques construit sur n systèmes indépendants de 16 matrices de Dirac, γ^{a_1}, γ^{a_n}, soit

$$[\Gamma^{(n)}_{a_1,a_2,\ldots,a_n}]_{i_1,i_2,\ldots,i_n;m_1,\ldots,m_n} = \frac{1}{n!}\sum \mathrm{P}(a_1, a_2, \ldots, a_n)[(\gamma^{a_1})_{i_1m_1}(\gamma^{a_2})_{i_2m_2}, \ldots, \gamma^{(a_n)}_{i_nm_n}]$$

$$= \frac{1}{n}\sum_{p=1,\ldots,n} [\Gamma^{(n-1)}_{a_1,\ldots,a_{p-1},a_{p+1},\ldots,a_n}]_{i_1,\ldots,i_{n-1};m_1,\ldots,m_{n-1}}(\gamma^{a_p})_{i_nm_n}$$

$$= \frac{1}{n}\sum_{p=1,\ldots,n} [\Gamma^{(n-1)}_{a_1,\ldots,a_{p-1},a_{p+1},\ldots,a_n}]_{i_1,\ldots,i_{q-1},i_{q+1},\ldots,i_n;m_1,\ldots,m_{q-1},m_{q+1},\ldots,m_n}(\gamma^{a_p})_{i_qm_q}.$$

On montre que $\Gamma^{(n)}_{a_1,a_2,\ldots,a_n}$ commute avec $\eta^{(n)}$ et l'on définit la matrice irréductible correspondante par $\beta^{(n)}_{a_1,a_2,\ldots,a_n} = \Gamma^{(n)}_{a_1,a_2,\ldots,a_n}\eta^{(n)}$.

Le calcul des sections efficaces des processus d'interaction entre particules conduit à l'évaluation des traces de matrices de la forme $\beta^{(n)}_{a_1,\ldots,a_n}$.

On démontre la relation de récurrence.

$$\mathrm{Tr.}(\beta^{(n)}_{a_1,\ldots,a_n}) = \frac{1}{n^2}\sum_{p=1,\ldots,a} (\mathrm{Tr.}\,\beta^{(n-1)}_{a_1,\ldots,a_{p-1},a_p,\ldots,a_n})(\mathrm{Tr.}\,\gamma^{a_p})$$

$$+ \frac{2}{n^2}\sum_{(r,p),\,r\neq n} (\mathrm{Tr.}\,\beta^{(n-1)}_{a_1,\ldots,(a_r a_p),\ldots,a_{p-1},a_{p+1},\ldots,a_n})$$

qui donne en particulier

$$2(\mathrm{Tr.}\,\beta^{(2)}_{a_1,a_2}) = (\mathrm{Tr.}\,\gamma^{a_1})(\mathrm{Tr.}\,\gamma^{a_2}) + (\mathrm{Tr.}\,\gamma^{a_1}\gamma^{a_2}),$$

$$3!\,(\mathrm{Tr.}\,\beta^{(3)}_{a_1,a_2,a_3}) = (\mathrm{Tr.}\,\gamma^{a_1})(\mathrm{Tr.}\,\gamma^{a_2})(\mathrm{Tr.}\,\gamma^{a_3}) + (\mathrm{Tr.}\,\gamma^{a_1}\gamma^{a_2})(\mathrm{Tr.}\,\gamma^{a_3}) + (\mathrm{Tr.}\,\gamma^{a_3}\gamma^{a_1})(\mathrm{Tr.}\,\gamma^{a_2})$$
$$+ (\mathrm{Tr.}\,\gamma^{a_2}\gamma^{a_3})(\mathrm{Tr.}\,\gamma^{a_1}) + 2(\mathrm{Tr.}\,\gamma^{a_1}\gamma^{a_2}\gamma^{a_3}).$$

Ces formules permettent sans difficultés l'évaluation des sections efficaces de diffusion entre corpuscules de spins $n\hbar/2$ et $m\hbar/2$. Par exemple, dans le cas du choc entre deux corpuscules A et B restant discernables dans l'interaction et liés par un champ mésique scalaire ou pseudoscalaire, on a avec les notations de nos Notes précédentes ([3]) $H'^{(1)} = g_A g_B (u^*_{A_0}\omega^A u_{A_1} u^*_{B_0}\omega^B u_{B_1})/(2q_{A_0A_1} - \mu_0^2)$, ω^A désignant les matrices des systèmes des corpuscules A et B correspondant à des invariants $(\beta^{(n)}_{\alpha_4^{(1)},\dots,\alpha_4^{(n)}}, \beta^{(n)}_{\alpha_5^{(1)},\alpha_5^{(2)},\alpha_4^{(3)},\dots,\alpha_4^{(n)}}, \beta^{(n)}_{\alpha_5^{(1)},\dots,\alpha_5^{(2p)},\alpha_4^{(2p+1)},\dots,\alpha^{(n)}})$ ou a des pseudo-invariants $(\beta^{(n)}_{\alpha_5^{(1)}\alpha_4^{(2)},\dots,\alpha_4^{(n)}}, \beta^{(n)}_{\alpha_5^{(1)},\dots,\alpha_5^{(2p+1)},\alpha_4^{(2p+2)},\dots,\alpha_4^{(n)}})$.

La section efficace de diffusion se déduit de

$$\overline{|H'^{(1)}|^2} = \frac{g_A^2 g_B^2 S_{A_0A_1} S_{B_0B_1}}{(2q_{A_0A_1} - \mu_0^2)^2}, \qquad \text{avec} \quad S_{A_0A_1} = \mathrm{Tr.}(\Pi_{A_0}\omega^A \Pi_{A_1}\omega^A),$$

Π_{A_0}, Π_{A_1} désignant des projecteurs sur les états à énergie positive.

Dans le cas du spin $3\hbar/2$, les matrices invariantes ω^A sont $\beta^{(3)}_{\alpha_4,\alpha_4,\alpha_4}$ et $\beta^{(3)}_{\alpha_5,\alpha_5,\alpha_4}$, les matrices pseudo-invariantes $\beta^{(3)}_{\alpha_5,\alpha_4,\alpha_4}$ et $\beta^{(3)}_{\alpha_5,\alpha_5,\alpha_5}$ auxquelles correspondent $S^{(1)}_{A_0A_1}$, $S^{(2)}_{A_0A_1}$, $S^{(3)}_{A_0A_1}$, $S^{(4)}_{A_0A_1}$. On obtient alors

$$(4K_{A_0}K_{A_1})^3 S^{(1)}_{A_0A_1} = -32(q_{\bar{A}_0A_1})^3 \qquad (4K_{A_0}K_{A_1})^3 S^{(4)}_{A_0A_1} = -32(q_{A_0A_1})^3,$$

$$(4K_{A_0}K_{A_1})^3 S^{(2)}_{A_0A_1} = -32 \times \frac{5}{9}(q_{\bar{A}_0A_1})^2 q_{A_0A_1}; \qquad (4K_{A_0}K_{A_1})^3 S^{(3)}_{A_0A_1} = -32 \times \frac{5}{9}(q_{A_0A_1})^2 q_{\bar{A}_0A_1}.$$

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'étincelles sous très haute tension dans l'air et températures de couleur.* Note de Mme **Arlette Vassy**, MM. **Harald Nörinder** et **Étienne Vassy**, présentée par M. Eugène Darmois.

Nous avons étudié à l'Institut des Hautes Tensions d'Upsala les spectres produits par la décharge électrique dans l'air à la pression atmosphérique entre électrodes dont les distances variaient de 17 cm à 1,55 m, correspondant à un potentiel disruptif de 500 000 à 1 million de volts.

Le générateur à haute tension déjà décrit ([1]) peut donner une tension maximum de 2 300 kV. L'étincelle était produite entre une sphère de cuivre et une pointe de cuivre de distances variables.

La lumière produite par la décharge était photographiée avec un spectrographe à prisme-objectif en quartz, placé à une distance de 15,85 m; l'intensité était suffisante pour qu'une seule décharge donne un spectre de noircissement correct et photométrable pour l'ultraviolet comme pour le visible; quelques spectres infrarouges ont été pris jusqu'à 9 600 Å. Notons que l'emploi du prisme-objectif ne permet pas de superposer deux étincelles successives.

([3]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1601 et 1749.

([1]) H. Nörinder, *Institutet för högspänningsforskning vid, Upsala Universitet*, Upsala, 1939.

L'étalonnage de la plaque en vue de la mesure des intensités était fait soit avec un tube luminescent pour le visible, soit avec un tube à hydrogène pour l'ultraviolet, placés à la même distance du spectrographe que l'étincelle.

Le spectrographe à prisme-objectif, décrit précédemment ([2]), n'était pas utilisé en montage astigmatique, mais stigmatique; sa dispersion est 175 Å /mm pour le rouge (6 200 Å) et 11 Å/mm pour l'ultraviolet (2 500 Å).

Nous avons utilisé principalement les distances explosives suivantes : 17, 30, 50, 71 et 155 cm. La mesure de la tension de décharge a été faite par comparaison avec la distance explosive de deux sphères de 1,50 m de diamètre. Ces tensions sont approximativement : sphère positive, 17 cm, 400 kV; 30 cm, 545 kV; 50 cm, 707 kV; 71 cm, 865 kV; sphère négative, 155 cm, 957 kV.

Le spectre obtenu se compose d'un nombre important de raies et bandes et d'un spectre continu dus à l'étincelle. Nous en avons fait l'étude sur des spectres correspondant aux plus grandes distances explosives utilisées : 1,55 m. En effet, ce sont les plus grandes distances qui donnent les canaux les plus fins. Nous avons relevé 156 raies et bandes dont les attributions ont été faites et dont la liste sera donnée dans une autre publication.

On y remarque la présence de quelques raies de O III, O IV, N III et N IV, ainsi que celles, un peu plus nombreuses, d'atomes neutres; mais la majorité des raies est due aux atomes d'azote et d'oxygène une fois ionisés. En outre nous avons trouvé H_α, H_β et peut-être H_γ. Une raie faible à 8 521 Å a été attribuée à l'argon.

Les bandes sont toutes *très faibles*, exceptées les bandes 2 883 et 2 896 dues à CO_2; on sait que ces bandes s'observent très aisément toutes les fois que l'excitation est énergique et que le CO_2 est présent, même comme impureté.

Les bandes relevées sont dues à O_2^+ (dit 2e système négatif de l'oxygène), à N_2 (2e système positif de l'azote et 1er système positif dans l'infrarouge) et à N_2^+, système bien développé. On a relevé aussi, outre la bande due à CO_2, une bande due à OH (3 063, 3 067, 3 078, 3 089 Å). Nous avons pensé pouvoir attribuer à NO (système β) une bande située à 3 055 Å.

Enfin, l'étude quantitative nous a montré l'existence de NO_2 par son absorption. Bien que les données quantitatives sur les coefficients soient rares, nous avons retenu celles données par Dixon ([3]) et obtenu ainsi une épaisseur réduite de NO_2 de 0,4 mm, tout à fait raisonnable.

Nous avons recherché spécialement la présence d'ozone par son absorp-

---

([2]) D. Chalonge et E. Vassy, *Rev. Opt.*, 13, 1934, p. 113.

([3]) *J. Chem. Phys.*, 8, 1940, p. 157.

tion ultraviolette. Un spectre après 15 étincelles a montré la présence d'une faible absorption ultraviolette à 2 500 Å, correspondant à une formation d'ozone sous une épaisseur réduite de 2 μ.

Nous avons fait l'étude du spectre continu. La répartition spectrale énergétique est déterminée par comparaison avec les sources utilisées; elle est connue à un facteur constant près, qui n'est pas le même pour l'ultraviolet et le visible; mais la région commune s'étendant de 3 800 à 4 200 Å a permis dans tous les cas de raccorder les deux parties sans ambiguité.

Les courbes, sans être exactement parallèles, ont même allure. Une région régulièrement descendante de 2 500 à 3 700 Å; un renforcement de l'émission avec maximum à 4 050 Å; un profond minimum à 4 600 Å; une remontée à 4 900-5 000 Å, un deuxième minimum et une deuxième remontée.

Le renforcement autour de 4 000 Å s'explique immédiatement par le grand nombre de raies et bandes; comme il était à prévoir, le tracé de l'enveloppe est approximatif, car on n'atteint pas le fond; le minimum à 4 600 Å est la bande d'absorption de NO_2; le deuxième minimum pourrait être dû à NO_3, mais les données de laboratoire sur NO_3 sont insuffisantes pour conclure avec certitude.

Ceci étant établi, nous avons cherché la température de couleur correspondant à nos courbes. Pour 155 cm, on voit que la courbe 16 000° K représente correctement cette émission; dans la région 2 600-3 700 Å, elle suit exactement la courbe de la répartition spectrale, et vient la rejoindre vers 4 900 Å entre les deux bandes d'absorption. C'est donc sur un intervalle spectral de 2 300 Å que porte l'accord entre les courbes théorique et expérimentale, ce qui rend raisonnable l'attribution du fond continu à un spectre d'émission thermique. Nous avons retrouvé la même valeur 16 000° K pour 155, 17 et 30 cm. La courbe pour 71 cm donne 15 000° K. Enfin la distance 50 cm correspond à 21 000° K.

SPECTROSCOPIE. — *Sur les spectres infrarouges des aminoacides en solution dans l'eau lourde*. Note (*) de M. **Henri Lenormant**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Contrairement à l'eau ordinaire, l'eau lourde présente entre 4 et 8 μ une zone de bonne transparente aux rayons infrarouges qui permet d'obtenir d'excellents spectres en solution avec les substances qui donnent des bandes dans cette région.

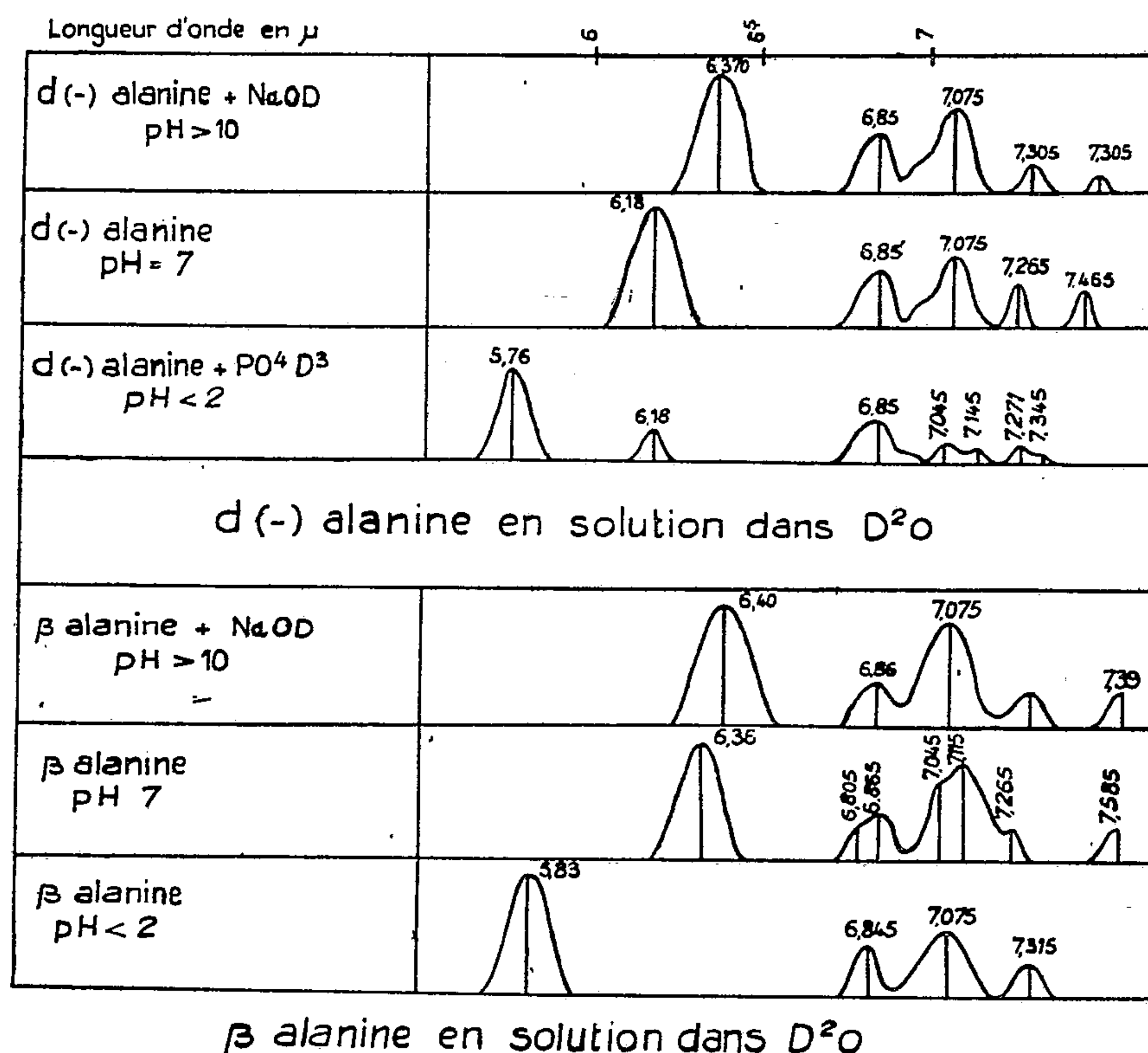
Gore, Barnes et Petersen ([1]) ont publié quelques courbes d'aminoacides

(*) Séance du 28 avril 1952.

([1]) *Analit. Chemist.*, **21**, 1949, p. 382.

réalisées dans ces conditions, mais sans en donner une étude systématique. Nous avons pensé qu'il était intéressant de reprendre et de développer leur travail, en raison de l'importance biologique de ces substances et la possibilité que l'on a, par cette méthode, d'étudier leur structure dans l'état physiologique.

Les α-aminoacides (glycine, sarcosine, alanine, proline) ont, dans l'eau lourde des courbes d'absorption remarquables par leur relative simplicité et leur similitude très grande entre 5 et 8 μ (*fig.* 1).



β alanine en solution dans D^2O

Ceci les oppose à celles que l'on obtient à l'état sec et qui sont fort complexes et variées.

Au point isoélectrique, on trouve seulement deux fortes bandes vers 6,18 μ (T. F.) et vers 7,06 μ (T. F.) et deux bandes d'intensité très modérée, l'une vers 6,86 μ (M), l'autre entre 7,30 et 7,60 μ (*m*).

En milieu acide les bandes 6,18-7,09 μ et 7,30-7,60 μ (*m*) s'effacent, tandis que se développe un nouveau maximum d'absorption vers 5,76 μ. Il convient donc de penser qu'elles sont toutes trois liées plus ou moins directement à l'ionisation de la fonction carboxyle. L'une d'elles, la bande 6,18 μ peut être

identifiée avec quasi certitude à la vibration anti-symétrique de valence du groupement $-C\begin{matrix}\nearrow O \\ \searrow O\end{matrix}\Big]^-$

En milieu alcalin les deux bandes 7,09 et 7,30 μ se renforcent, surtout celle de plus grande longueur d'onde, mais la bande 6,18 μ se déplace à 6,35 μ. Il apparaît donc que la structure du carboxyle ionisé est un peu différente dans l'anion et dans l'ion double.

Si l'on prend comme référence la position que cette bande occupe dans les sels que donnent les acides gras saturés avec les métaux et les amines (6,40 μ), on doit admettre que c'est l'ion amphotère qui est perturbé.

La perturbation est certainement liée au voisinage des deux charges de signes opposés COO^- et NH_3^+, qui ne sont séparées que par un CH_2. En milieu alcalin la fonction amine étant déchargée, la perturbation disparaît. Ceci est confirmé par le fait que dans la β-alanine, où les deux charges sont plus distantes, la bande du carboxyle ionisé de l'ion double est peu déplacée (6,34 μ).

Il n'est pas possible actuellement de préciser en quoi consistent les particularités structurales que supposent les caractéristiques spectrales du zwitterion, mais du point de vue biologique il est probable qu'elles ne sont pas sans influencer les phénomènes métaboliques auxquels participent les aminoacides.

EFFET RAMAN. — *Anomalies dans le spectre de diffusion des cristaux piézoélectriques. II. Étude du quartz.* Note de M. **Jean-Paul Mathieu** et Mme **Lucienne Couture-Mathieu**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les variations de fréquence et d'intensité que présentent certaines raies Raman du quartz s'expliquent par la séparation des ondes élastiques longitudinales et transversales.

Dans une Note précédente [1], nous avons montré théoriquement et expérimentalement que les vibrations fondamentales qui produisent un moment électrique de dipôle dans les cristaux cubiques piézoélectriques, donnent des ondes élastiques transversales et longitudinales de fréquences distinctes, que l'on peut mettre en évidence par l'étude de l'effet Raman.

Nous nous proposons d'étudier ici les phénomènes analogues présentés par le quartz. Dans l'étude de l'effet Raman transversal, le vecteur d'onde $\vec{k}$ qui définit la propagation des ondes élastiques responsables de la diffusion de la lumière est à 45° de la direction d'éclairement Ox et à 135° de la direction

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1761.

d'observation Oy. L'orientation de $\vec{k}$ dans le cristal est définie par l'angle θ qu'il fait avec l'axe principal OZ et par l'angle α que fait avec OX (axe binaire ou axe piézoélectrique) la projection de $\vec{k}$ sur le plan XOY normal à l'axe principal.

Dans le groupe D_3 du quartz, les vibrations doublement dégénérées de type E sont les seules actives en effet Raman qui possèdent un moment dipolaire. Désignons par $\vec{q}_1$ et $\vec{q}_2$ les vecteurs orthogonaux entre eux et situés dans le plan XOY, qui représentent les coordonnées normales d'une vibration E. Le premier peut être pris suivant l'un des axes binaires OX; T_1 et T_2 désignent les tenseurs de polarisabilité dérivés correspondant à $\vec{q}_1$ et $\vec{q}_2$, rapportés aux axes XYZ ([2]), compte tenu de l'orientation de $\vec{q}_1$ et de $\vec{q}_2$

$$T_1 = \begin{vmatrix} \varepsilon_1 & 0 & 0 \\ 0 & -\varepsilon_1 & \varepsilon_4 \\ 0 & \varepsilon_4 & 0 \end{vmatrix}, \qquad T_2 = \begin{vmatrix} 0 & -\varepsilon_1 & -\varepsilon_4 \\ -\varepsilon_1 & 0 & 0 \\ -\varepsilon_4 & 0 & 0 \end{vmatrix}.$$

Par une transformation linéaire dans le plan XOY, on passe de $\vec{q}_1$ et $\vec{q}_2$ à deux autres vecteurs représentant des coordonnées normales; l'un $\vec{q}_t$ est normal à $\vec{k}$, l'autre $\vec{q}_\lambda$ a la direction de la projection de $\vec{k}$ sur le plan XOY. On effectue la transformation correspondante sur T_1 et T_2. On remarque que $\vec{q}_t$ correspond à une vibration transversale, mais que $\vec{q}_\lambda$ correspond en général à une vibration intermédiaire entre une vibration longitudinale, à laquelle elle se ramène lorsque $\theta = \pi/2$, et une vibration transversale lorsque $\theta = 0$.

Les conditions de symétrie permettent de restreindre le domaine de variation de $\vec{k}$ à $0 \leqq \theta \leqq \pi/2$; $0 \leqq \alpha \leqq \pi/6$.

L'expérience montre que les raies $\nu = 393$, 403, 807, $1233\ \mathrm{cm}^{-1}$ du spectre Raman du quartz subissent des changements de la fréquence ν, de l'intensité I ou du facteur de dépolarisation ρ, inexplicables par la théorie de la polarisabilité ordinaire. Les raies 403 et 807 cm^{-1} changent de fréquence lorsque θ varie; les raies 393, 403, 1233 varient d'intensité lorsqu'on fait tourner le cristal autour de son axe principal OZ.

Le tableau suivant indique les valeurs expérimentales (m, moyenne; mf, moyenne faible ; f, faible) et les prévisions théoriques faites pour I et ρ d'après les coefficients des tenseurs T_t et T_λ obtenus à partir des tenseurs T_1 et T_2. On a posé $\beta = 2\varepsilon_1^2/\varepsilon_4^2$.

([2]) L. Couture et J. P. Mathieu, *J. Phys.*, 6, 1945, p. 314.

		Expérience.					Théorie.	
$\theta=\frac{\pi}{2}$, $\alpha=0$.	ν......	392,5	401,5	795,5	809	1231,5	ν_t	ν_λ
	I......	f	m	mf	m	m	ε_4^2	$\varepsilon_1^2+\varepsilon_4^2$
	ρ......	~ 1	>1	~ 1	~ 1	$\gg 1$	1	$1+\beta$
$\theta=\frac{\pi}{2}$, $\alpha=\frac{\pi}{6}$.	ν......	393	400,5	796	810	1233	–	–
	I......	mf	f	mf	m	f	$\varepsilon_1^2+\varepsilon_4^2$	ε_4^2
	ρ......	>1	~ 1	~ 1	~ 1	>1	$1+\beta$	1
$\theta=\frac{\pi}{4}$,	ν......	393	402	796	804,5	1235	–	–
	I......	m	m	mf	mf	mf	$\varepsilon_1^2+\varepsilon_4^2$	$\varepsilon_1^2+\varepsilon_4^2$
$\alpha=0$, $\frac{\pi}{12}$ ou $\frac{\pi}{6}$.	ρ......	<1	<1	$\geqslant 1$	$\geqslant 1$	$\leqslant 1$	$\frac{2}{\beta}$	$\frac{2}{\beta}$
$\theta=0$,	ν......	393,5	–	796,5	–	–	–	–
α indéterminé.	I......	m	–	mf	–		$\frac{9}{4}\varepsilon_1^2+\varepsilon_4^2$	–
	ρ......	~ 1	–	~ 1		–	$\frac{4+3\beta}{4+6\beta}$	–

Les doublets 393-400 cm^{-1} et 796-810 cm^{-1} comprennent chacun une composante ν_t et une composante ν_λ. La fréquence de cette dernière est toujours plus élevée ([3]); elle ne varie pas avec l'angle α, mais seulement avec l'angle θ dont dépend l'orientation du moment de la vibration ν_λ par rapport à $\vec{k}$. Pour $\theta=0$, on n'observe plus que la raie ν_t, la vibration ν_λ devenant transversale.

Les valeurs observées pour I et pour ρ s'interprètent qualitativement pour le doublet 796-810 cm^{-1} en admettant que $\varepsilon_4^2 \gg \varepsilon_1^2$, c'est-à-dire $\beta \simeq 0$; les deux raies ont alors la même polarisation, indépendante de la valeur de α. Pour les deux raies du doublet 393-400 cm^{-1}, on a $\varepsilon_1^2 > \varepsilon_4^2$, $\beta > 2$; on observe qualitativement la variation prévue des intensités avec α. Toutefois, il faut supposer que les coefficients ε ne gardent pas une valeur constante selon qu'ils se rapportent aux vibrations ν_t ou ν_λ, afin d'expliquer les variations d'intensité des raies de ces doublets. La raie située vers 1230 cm^{-1} est trop diffuse et dans certains cas trop peu intense pour qu'on puisse affirmer que sa fréquence varie : il se peut qu'elle soit composée de deux raies insuffisamment séparées ν_t et ν_λ pour lesquelles $\varepsilon_1^2 > \varepsilon_4^2$, les coefficients ε de ν_λ étant nettement plus grands que ceux de ν_t.

---

(3) R. H. LYDDANE et K. F. HERZFELD, *Phys. Rev.*, 54, 1938, p. 846.

EFFET RAMAN. — *Spectres de basses fréquences de l'acide oxalique dihydraté.* Note de M. **Roger Marignan** et M[lle] **Lucette Bardet**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une Note précédente [1], nous avons étudié les spectres de vibrations internes de l'acide oxalique cristallisé. Nous donnerons ici l'interprétation que l'on peut faire des spectres de basses fréquences de ce même cristal.

La maille cristalline contenant deux molécules, on pouvait prévoir 33 vibrations fondamentales, dans lesquelles nous avons dénombré 24 vibrations internes (12 actives en Raman et 12 en infrarouge). Il restait donc 9 vibrations externes dont 6 seulement seront actives dans les spectres de diffusion. Ces 6 vibrations externes, 3 de type A_g, 3 de type B_g, sont certainement dues aux pivotements des molécules autour des axes de leur ellipsoïde des réfractivités, car les mouvements de translation des centres de gravité sont antisymétriques par rapport au centre et les vibrations correspondantes sont, par conséquent, inactives en Raman. En considérant, en première approximation, la molécule oxalique plane, nous avons désigné par Ou l'axe longitudinal, Ov l'axe perpendiculaire à Ou dans le plan et Ow la normale au plan moléculaire. La méthode simplifiée de Kastler et Rousset [2] nous a permis d'obtenir pour ces raies de pivotement, les tenseurs théoriques d'intensité correspondants. Expérimentalement, nous avons mis en évidence les fréquences suivantes : 51, 83, 116, 123, 151, 161 et 176 cm.$^{-1}$.

Les valeurs des facteurs de dépolarisation, pour les six cas d'étude en lumière naturelle et en lumière polarisée, sont données dans les tableaux ci-contre.

Nous avons pu donner, pour chaque fréquence, un tenseur expérimental d'intensité. Connaissant ainsi la valeur des fréquences des raies externes, leur type de symétrie, leur tenseur d'intensité expérimental d'une part, les tenseurs d'intensité théoriques d'autre part pour les trois pivots Ou, Ov, Ow, nous avons attribué à chacune de ces fréquences un type de mouvement.

L'accord entre les résultats théoriques et expérimentaux est satisfaisant quand on adopte l'attribution suivante pour les six raies voisines de la raie excitatrice du spectre de diffusion du monocristal d'acide oxalique dihydraté :

51 cm^{-1}	83 cm^{-1}	116 cm^{-1}	123 cm^{-1}	151 cm^{-1}	176 cm^{-1}
V_S	V_A	U_A	U_S	W_A	W_S

(1) R. Marignan et L. Bardet, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 714.

(2) *J. Phys. Rad.*, 2, 1941, p. 49.

Lumière naturelle.

Direction du faisceau.		Facteurs de dépolarisation.						
Incident.	Diffusé.	51.	83.	116.	123.	151.	161.	176.
// OZ	// OX	o	∞	∞	o	∞	o	o
// OZ	// OY	o	∞	∞	o	∞	inv.	o
// OX	// OZ	2,8	∼ o	—	—	∞	o	< 1
// OY	// OZ	0,6	∞	—	—	o	inv.	∞
// OX	// OY	—	∼ o	—	—	∞	inv.	∞
// OY	// OX	—	∞	—	—	o	inv.	∞
Types des vibrations...		A_g	B_g	B_g	A_g	B_g	A_g	A_g

Lumière polarisée (vibration dans le plan de diffusion).

Direction du faisceau.		Facteurs de dépolorisation.						
Incident.	Diffusé.	51.	83.	116.	123.	151.	161.	176.
// OZ	// OX	o	inv.	∞	o	∞	inv.	o
// OZ	// OY	o	∞	∞	o	inv.	inv.	o
// OX	// OZ	inv.	o	< 1	inv.	∞	inv.	inv.
// OX	// OY	∞	o	o	∞	inv.	inv.	∞
Types des vibrations...		A_g	B_g	B_g	A_g	B_g	A_g	A_g

Le doublet 51-83 cm^{-1} correspond aux pivotements cohérents des molécules autour de l'axe Ov, le doublet étroit 116-123 cm^{-1}, aux pivotements autour de l'axe longitudinal Ou des molécules et enfin le doublet 151-176 cm^{-1} aux pivotements autour de la normale Ow au plan moléculaire.

La fréquence supplémentaire 161 cm^{-1} trouvée dans nos clichés, correspond vraisemblablement, étant donné la valeur de sa fréquence, son type de symétrie (A_g) et son intensité relativement très faible, à l'harmonique de la fréquence antisymétrique 83 cm^{-1}.

PIÉZOÉLECTRICITÉ. — *Sur la mesure des caractéristiques d'un cristal de quartz. Utilisation de l'abaque bi-circulaire.* Note (*) de M. **Jean Coulon**, présentée par M. Camille Gutton.

L'auteur montre, dans la présente Note, que l'utilisation industrielle de méthodes précédemment exposées implique de s'imposer des conditions préalables de mesure.

Dans une précédente Note [1] nous avions montré que la mesure du coefficient de surtension d'un cristal de quartz se ramenait à une mesure de surtension, qui permettait de déterminer un point du diagramme circulaire [2].

(*) Séance du 5 mai 1952.

(1) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1271.

(2) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1139.

D'autre part, rappelons les équations paramétriques [2] :

$$R = \frac{rQ}{r^2 + Q^2\sigma_0^4} = \frac{\lambda}{1 + \lambda^2\sigma_0^4},$$

$$S = \frac{Q^2\sigma_0^2(1 - \sigma_0^2) - r^2}{r^2 + Q^2\sigma_0^4} = \frac{\lambda^2\sigma_0^2(1 - \sigma_0^2) - 1}{1 + \lambda^2\sigma_0^4},$$

en posant

$$\frac{Q}{r} = \lambda.$$

L'élimination de σ_0^2 nous avait déjà donné la famille

$$(S + 1)^2 + \left(R - \frac{\lambda}{2}\right)^2 = \frac{\lambda^2}{4}, \quad \text{de paramètre } \lambda,$$

celle de λ donnerait une deuxième famille :

$$R^2 + \left(S + 1 - \frac{1}{2\sigma_0^2}\right)^2 = \frac{1}{4\sigma_0^4}, \quad \text{de paramètre } \sigma_0^2.$$

Ces deux familles représentent, un faisceau orthogonal (*fig.* 1).

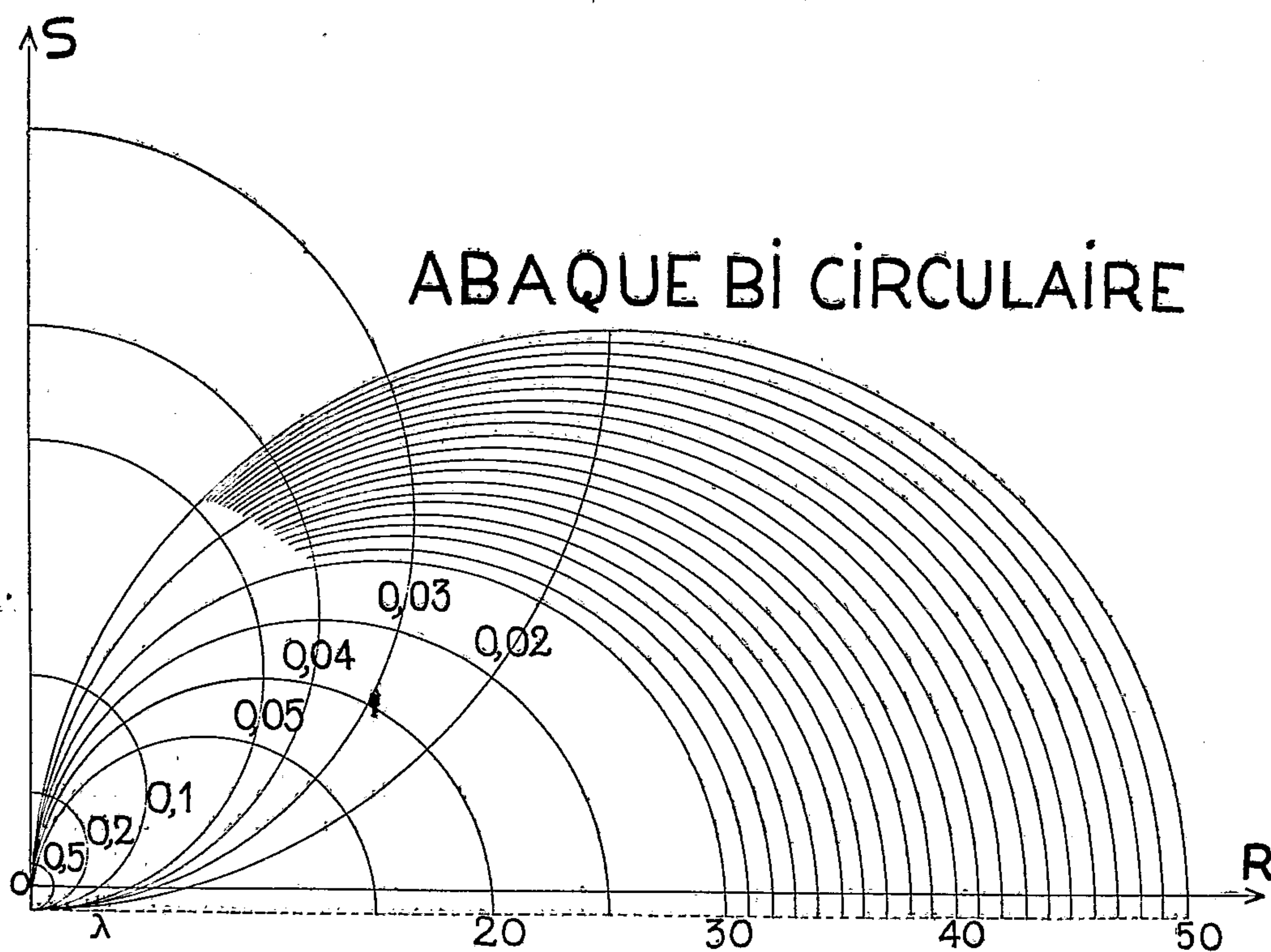


Fig. 1.

A priori, une mesure d'impédance donne un point quelconque dans le plan R, S, puisqu'elle obéit aux lois du hasard. A ce point correspondent deux valeurs bien déterminées de λ et de τ_0^2.

En considérant l'abaque bi-circulaire, on note d'autre part que la précision dans la détermination de λ croît lorsque $Z = \sqrt{R^2 + S^2}$ est le plus grand possible. Intuitivement, il apparaît donc que la mesure de surtension doit se faire dans le cas des grandes impédances. Ce résultat peut se montrer aisément.

En effet, considérons (*fig.* 2), deux cercles particuliers du faisceau orthogonal, M leur point d'intersection. On sait que $OM = Z$. Soit ω le point d'intersection de la médiatrice de OM et de OR.

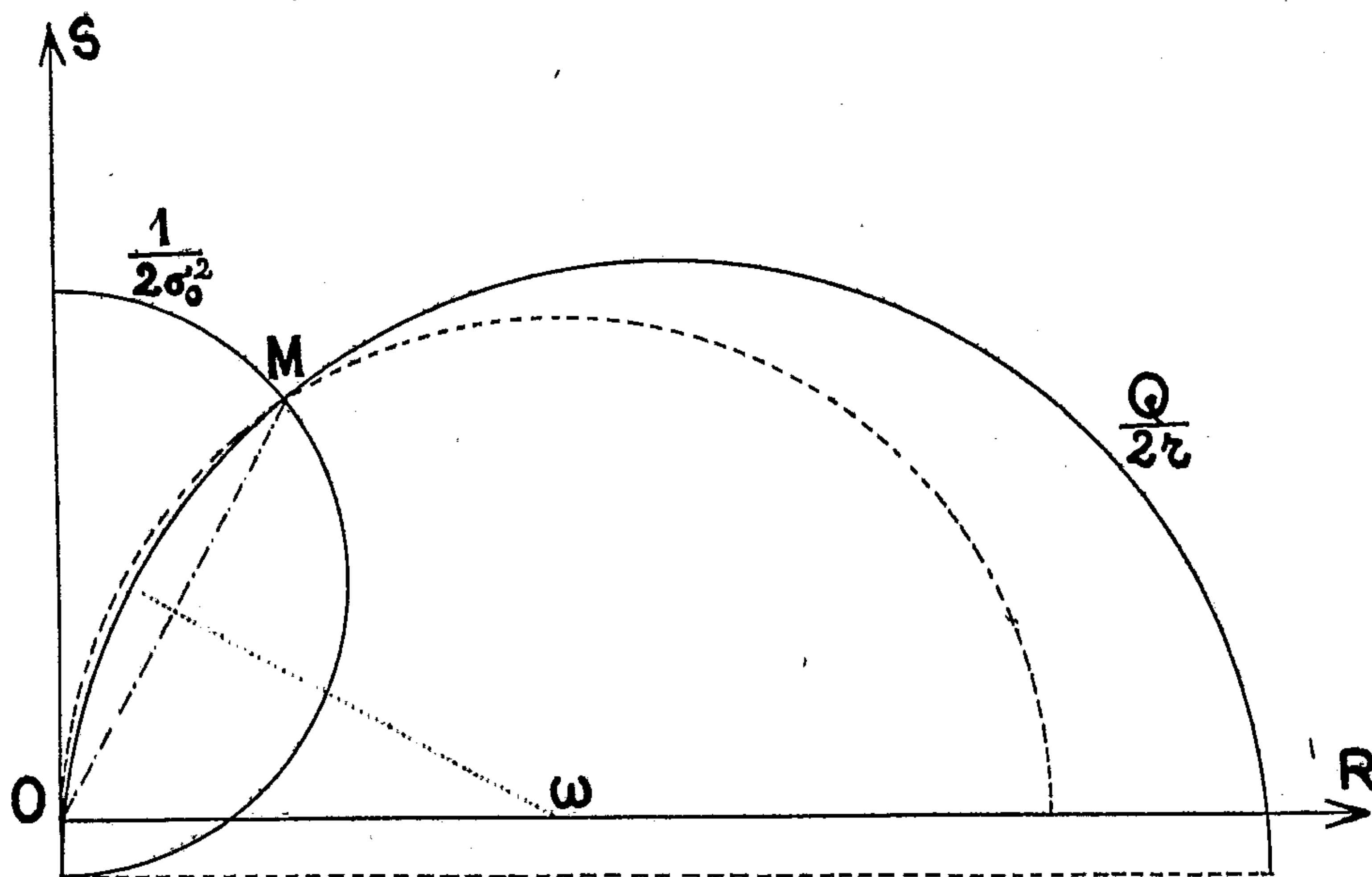


Fig. 2.

Le cercle passant par O et M, de centre ω a pour rayon

$$O\omega = \frac{Q}{r}\left[(\sigma_0^2 - 1)^2 + \frac{r^2}{Q^2}\right].$$

OM est une corde particulière de ce cercle, et un résultat classique du calcul des probabilités continues donne pour valeur la plus probable de OM

$$OM = \frac{\pi Q}{2r}\left[(\sigma_0^2 - 1)^2 + \frac{r^2}{Q^2}\right].$$

Si l'on ne fixe aucune condition *a priori* (sauf évidemment $OM < Q/r$), on trouve, en négligeant r^2/Q^2 devant $2/\pi$, que la valeur la plus probable pour σ_0^2 est comprise entre 0, 2 et 1, c'est-à-dire que la mesure offre peu de garanties de précision.

Par contre si l'on se fixe une valeur minimum pour Z soit $k(Q/r)$ (avec $0 < k < 1$), on voit que nécessairement σ_0^2 est plus petit qu'un nombre donné à l'avance.

La précision de la mesure sera donc augmentée, en choisissant une mesure de surtension dans le cas des grandes impédances ([3]).

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Influence de divers facteurs physiques sur la régression de l'image latente due aux particules ionisantes.* Note de MM. **Jacques Thouvenin** et **Pierre Demers**, présentée par M. Jean Cabannes.

Des émulsions spéciales préparées aux laboratoires ([1]) ont servi à des expériences où on a varié les conditions d'irradiation et celles de conservation. La nature de l'émulsion ne semble exercer aucune action sur la régression, mesurée par la diminution de la densité linéaire des grains sur les traces de rayons α et de protons, sauf par la taille des grains, les grains les plus fins perdant leurs impressions deux ou trois fois plus vite que les plus gros. Les conditions extrêmes vont de 0,08 à 0,3 μ pour le diamètre des grains, de 0 à 3 % pour le rapport I/(I+Br), la composition est 85 % AgBr, 15 % gélatine, et ordinairement 2 % triéthanolamine ajoutée.

Un résultat important est que l'oxygène de l'air est à peu près sans effet sur la vitesse de la régression à une humidité relative de 70-90 % (atmosphère en équilibre avec une solution de potasse avec ou sans pyrogallol). Le phénomène est beaucoup accéléré par l'humidité si celle-ci passe de 40 % à 70 ou 90 %, beaucoup plus que par l'élévation de la température de 25 à 48° C. Le pyrogallol absorbant l'eau oxygénée et l'oxygène, la théorie de Yagoda ([2]) et celle de Faraggi ([3]) ne paraissant pas acceptables dans leur forme originale, on peut soutenir une théorie d'une évaporation thermique des atomes Ag dans le cristal Ag Br, favorisée par l'humidité qui l'entoure.

L'inscription continue des étoiles radioactives du thorium inclus dans l'émulsion, a donné lieu à deux séries d'observations. L'intervalle de temps moyen entre l'inscription des rayons de Th, Tn, Th A d'une part, et Th C' d'autre part, est environ 10,6 h; on peut les distinguer par leur longueur et chercher une petite différence de la densité des traces associées dans une même étoile, par exemple un léger accroissement initial qui précéderait la régression. L'observation dans des conditions où la régression était faible n'a montré aucun tel accroissement.

La désintégration s'opérant à un taux uniforme, des nombres égaux de

---

([3]) E. Fromy, *Mesures en Radioélectricité*, 1948, p. 344.

([1]) P. Demers, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 616; *Sc. Ind. Phot.*, **23**, 1952, p. 1-4.

([2]) *Phys. Rev.*, **71**, 1947, p. 910-911; *Rad. Meas. Nucl. Em.* Wiley, New-York, 1949.

([3]) G. Albouy et H. Faraggi, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 68.

traces de Th C′ apparaissent dans des temps égaux. On a pu tirer ainsi par l'analyse des traces contenues dans une seule plaque, la relation entre D et t.

Nous avons cherché la relation entre D et le pouvoir ionisant I, pour des âges variés, le long de protons de 20 à 40 MeV. Aux densités moyennes, on vérifie une loi du genre $D_0 - D_t = a + b\, D_0$, a et b étant des fonctions du temps et non de D_0. Il y a trois périodes :

1° Aux faibles régressions, b est nul, de sorte que dans des temps égaux il disparaît des *nombres* égaux de grains dans un segment quelconque d'une trace, quel que soit I : les courbes D—I subissent une simple translation vers le bas ([4]); a ensuite varie peu.

2° Pour trois jours à 25°C et 90 % d'humidité, un grain de 0,1 μ de diamètre, $b = 0{,}32$, $a = 0{,}45$ grain par micron. Dans des temps égaux il disparaît alors une *fraction* égale des grains dans tous les segments des traces.

3° Aux régressions les plus fortes, la densité des traces encore discernables ne montre plus de variation avec t, ni beaucoup de variation avec I, rayons α, protons lents et protons rapides sont difficiles à distinguer. Dans cette période, les traces deviennent invisibles.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Mesure des densités de neutrons par autoradiographie de détecteurs.* Note (*) de MM. **André Ertaud** et **Pierre Zaleski**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

On présente une méthode de mesure de densité de neutrons. Elle consiste à faire l'autoradiographie, par rayons β, du détecteur mince, irradié dans le flux de neutrons à étudier. On donne un exemple d'application.

La méthode est, en principe, particulièrement simple : on place, dans la région à étudier un détecteur mince, convenablement choisi (or, argent, manganèse, etc.). Après irradiation, le détecteur est placé contre l'émulsion d'un film à grain fin. La densité du noircissement obtenu par les rayons β ([1])

([4]) J. Lapalme et P. Demers, *Phys. Rev.*, 72, 1947, p. 535; *Ann. Acfas*, 14, 1948, p. 64; J. Lapalme, *Thèse de maîtrise*, Université de Montréal, 1948.

(*) Séance du 28 avril 1951.

([1]) Il est évident que l'action photographique du détecteur est due non seulement aux rayons β, mais aussi aux rayons γ (qui sont émis simultanément pour la plupart des détecteurs). On peut pourtant négliger l'action de ces derniers, étant donné que la sensibilité des plaques photographiques aux rayons γ est très nettement inférieure à la sensibilité aux rayons β et que la distribution des rayons γ dans le détecteur mince est analogue à celle des rayons β.

([2]), est alors mesurée au microdensitomètre. Si l'on opère dans la région pour laquelle la réponse du film est très sensiblement linéaire, cette densité de noircissement est proportionnelle en chaque point au flux de neutrons (*fig.* 1).

L'intérêt principal de la méthode réside dans le fait que l'on peut obtenir un pouvoir de résolution nettement supérieur à celui que l'on obtient avec d'autres méthodes (détecteur-compteur G. M., chambre d'ionisation au bore, etc.).

Blau, Ruderman et Czechowski ([3]) ont étudié l'application des plaques photographiques aux mesures des intensités des neutrons lents. La technique d'autoradiographie des détecteurs présente, par rapport aux techniques proposées par ces auteurs, l'avantage de ne pas introduire la plaque photographique dans le flux de neutrons. Elle permet donc des mesures correctes dans le cas, très fréquent, où le flux de neutrons est accompagné d'autres radiations (γ, β, α).

Pour obtenir un bon pouvoir de résolution dans le cadre de cette méthode, il faut réaliser un certain nombre de conditions : *a.* utiliser des détecteurs très minces; *b.* la couche d'émulsion ne doit pas être trop épaisse; *c.* le contact entre le détecteur et l'émulsion doit être le meilleur possible. Nous avons utilisé comme détecteur des dépôts métalliques sur des feuilles de nitrate de cellulose obtenus par évaporation sous vide. L'épaisseur des dépôts utilisés est de l'ordre de quelques microns. Les dépôts sont homogènes et leur épaisseur est uniforme avec une précision suffisante sur des surfaces suffisamment grandes (8×2 cm). Le contact a été assuré à l'aide d'un châssis-presse pneumatique signalé par Mlle Gaultier du Marache ([4]). L'épaisseur de la lame d'air varie dans la région utilisée entre 0,25 et 0,35 μ.

Nous avons utilisé des émulsions commerciales Kodak à grains fins qui ont une épaisseur de 10 μ. Pour préciser le pouvoir de résolution que l'on peut obtenir, on a mesuré la densité de noircissement à une distance de 0,2 mm de l'arête du détecteur. Elle est de 2 % de sa valeur sur l'arête (film Kodak 1357, détecteur d'or de 2 μ).

En vue de vérifier la méthode, nous l'avons appliquée à un problème calculable : répartition de la densité des neutrons dans un bloc de paraffine d'épaisseur grande, les neutrons arrivant perpendiculairement à la face d'entrée.

L'expérience a été faite à la pile de Châtillon avec un détecteur d'or de 2 μ d'épaisseur et un film Kodak 1357. Ce problème a déjà été

([2]) HERMAN YAGODA, *Radioactive measurements with nuclear emulsions*, John Wiley et Son, New-York, 1949.

([3]) *Rev. Sc. Instr. U. S. A.*, 21, 3e série, 1959, p. 232-236.

([4]) *Science et Industrie photographiques*, n° 5, 2e série, 22, 1951.

étudié théoriquement et expérimentalement ([5]). La figure 2 montre comment se place la courbe théorique. On constate que l'accord est très satisfaisant. L'erreur estimée est de l'ordre de ± 2 %. On peut comparer

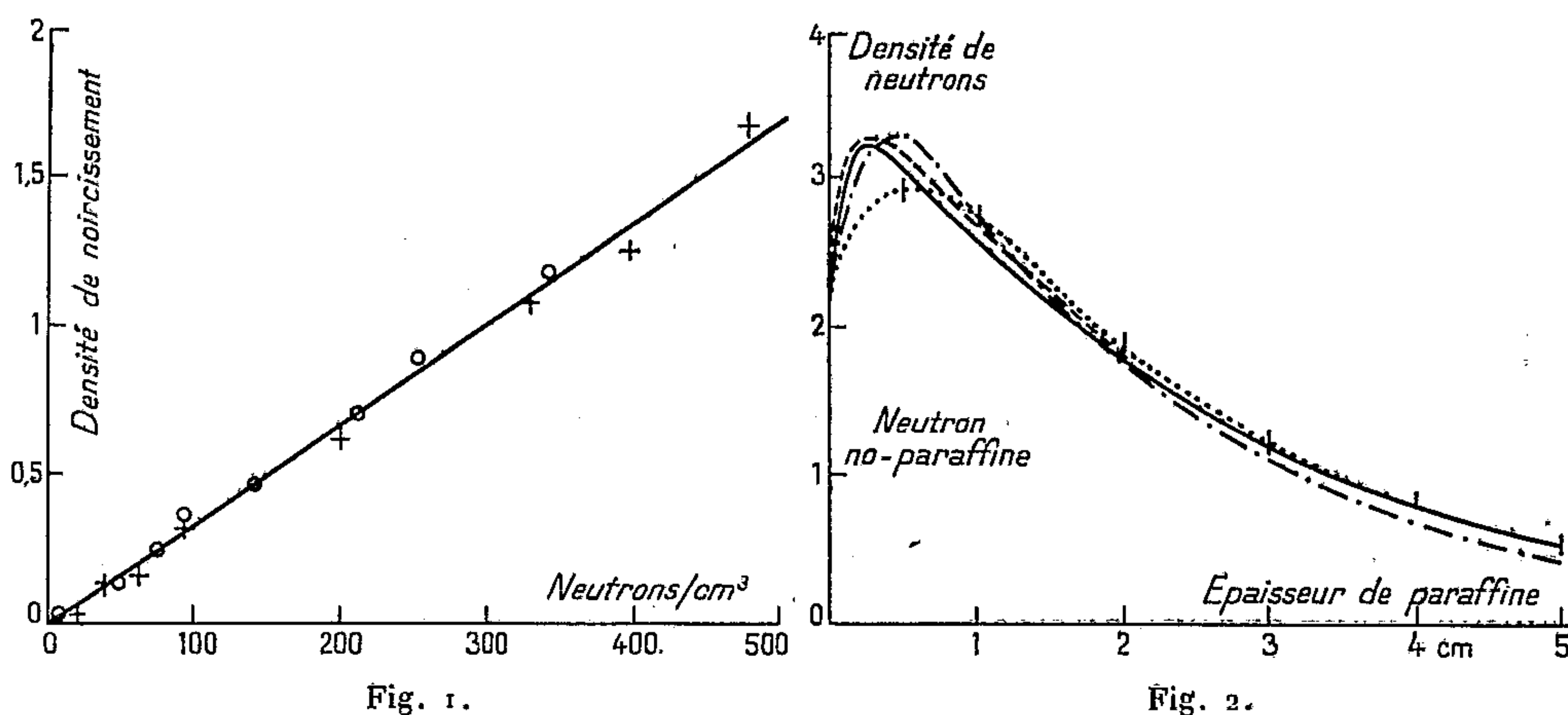


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Densité de noircissement en fonction de la densité de neutrons.
Détecteurs d'or. — Film Kodak 1357.
Temps d'irradiation : Ti = 60 m; Temps de décroissance : Td = 60 m; Temps d'exposition : Te = 8 h 30 m.
Épaisseur du détecteur 57 mg/cm².

Fig. 2. — Densité de neutrons dans la paraffine. (Expérience Châtillon).
------- Courbe théorique. ——— Courbe expérimentale.
(Expérience Tait et Smith.)
—.—.— Courbe théorique. — — — — Courbe expérimentale.

ces résultats avec les courbes publiées par Smith et Tait. Il faut noter que la longueur de diffusion prise par ces auteurs pour la construction de leur courbe théorique est 2,1 cm (valeur donnée par Amaldi et Fermi, 1936), tandis que leur expérience, aussi bien que la nôtre, prouve que cette valeur est de 2,42 ± 0,04 cm ([6]).

En conclusion, il semble que la méthode de radioautographie des détecteurs permette d'étudier, d'une façon précise et rapide, les variations brusques de densité de neutrons. Elle peut, par exemple, s'appliquer à l'étude expérimentale du comportement des neutrons au voisinage d'absorbeurs forts, ou dans une région où sont placés plusieurs matériaux de qualités différentes et d'assez faibles dimensions (cellules de piles par exemple).

([5]) B. S. Smith et J. H. Tait, *Nature*, 165, 1950.

([6]) C. W. Tittle, *Phys. Rev. U. S. A.*, 80, 4e série, 1950, p. 756.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Remarque sur la règle de Nordheim relative au moment angulaire des noyaux impairs-impairs.* Note (*) de M. **Roger Nataf**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Cette règle empirique a été énoncée par Nordheim (1) dans le cadre du modèle de M. G. Mayer. Nous montrons qu'elle résulte du couplage *j-j* entre le proton impair et le neutron impair, et du fait que l'état le plus stable du noyau comporte le maximum d'état triplet pour l'ensemble de ces deux nucléons. Un couplage L-S ne permet pas de l'expliquer; le couplage *j-j* serait donc bien une meilleure approximation pour le domaine étudié dans (1) : $A > \sim 30$.

1. Dans le modèle en couches de M. G. Mayer, une couche de neutrons ou de protons est caractérisée, outre le nombre quantique principal, par les nombres quantiques l de moment orbital, j de moment angulaire total $j = l \pm 1/2$. puisque l'on admet un fort couplage spin-orbite $\left(\text{en } \vec{l}.\vec{s} \text{ par exemple}\right)$ pour chaque nucléon.

a. Pour les *noyaux impairs* (Z ou N impairs) dans l'état fondamental, on admet que l, j sont ceux du noyau : $L = l$, $J = j$, le dernier nucléon étant soumis au champ central moyen créé par le « cœur » saturé, de moment angulaire nul. L'expérience (2) montre que cette approximation, grossière il est vrai, permet d'obtenir correctement les parités et, presque toujours, les J des noyaux impairs.

b. Les *noyaux pairs-pairs* ne comportent que le cœur saturé. On prévoit $J = 0$ et une fonction d'onde *paire*, ce qui est conforme à l'expérience.

c. Pour les noyaux *impairs-impairs*, J et parité résultent des nombres quantiques approchés du proton impair : $l_1, j_1 = l_1 \pm 1/2$, et du neutron impair : $l_2, j_2 = l_2 \pm 1/2$. S'il y avait un fort couplage entre $\vec{l}_1$ et $\vec{l}_2$ (dû à une forte interaction centrale, par exemple) pour ce proton et ce neutron, les self-couplages $\vec{l}_1\vec{s}_1$, $\vec{l}_2\vec{s}_2$ seraient rompus, et le couplage $L - S\left(\vec{L} = \vec{l}_1 + \vec{l}_2,\ \vec{S} = \vec{s}_1 + \vec{s}_2\right)$ serait une meilleure approximation que $j - j$.

Nordheim fait l'hypothèse du couplage $j - j$ ce qui implique une interaction assez faible (3), et énonce la règle suivante :

1° Si $j_1 = l_1 \pm \frac{1}{2}$, $j_2 = l_2 \mp \frac{1}{2}$, $J = |j_1 - j_2|$ (exception pour ^{40}K);

2° Si $j_1 = l_1 \pm \frac{1}{2}$, $j_2 = l_2 \pm \frac{1}{2}$, $J > |j_1 - j_2|$ et, souvent, $J = j_1 + j_2$

lorsque $J = j_1 + j_2$ nous disons que la règle stricte est vérifiée.

(*) Séance du 5 mai 1952.

(1) *Rev. Mod. Phys.*, 23, 1951, p. 322.

(2) M. G. Mayer, S. A. Moszkowski et L. W. Nordhein, *ibid.* p. 315.

(3) D'après les données expérimentales l'énergie de liaison P — N est de 1 à 2 MeV

Le premier et le deuxième cas peuvent être discernés à l'aide des valeurs expérimentales des moments magnétiques des noyaux $(N \pm 1, Z)$ et $(N, Z \pm 1)$ qui se placent au voisinage des deux lignes de Schmidt respectivement dans le premier cas, de la même dans le deuxième.

2. G. Racah ([4]) calcule le poids de l'état singulet de spin pour deux nucléons de la même couche, avec un couplage $j-j$ assez faible, comme la valeur moyenne de

$$S_{12} = \frac{1}{4} - \vec{s}_1 \vec{s}_2 = \frac{1}{4}\left(1 - \vec{\sigma}^{(1)} \vec{\sigma}^{(2)}\right)$$

Une extension immédiate de son calcul nous conduit ici :

dans le premier cas à

$$\langle S_{12} \rangle = \frac{1}{4} + \frac{J(J+1) - j_1(j_1+1) - j_2(j_2+1)}{2(2l_1+1)(2l_2+1)}.$$

La valeur minima de $\langle S_{12} \rangle$, c'est-à-dire le *poids maximum de l'état triplet*, est réalisé par J minimum : $J = |j_1 - j_2|$;

dans le deuxième cas à

$$\langle S_{12} \rangle = \frac{1}{4} + \frac{j_1(j_1+1) + j_2(j_2+1) - J(J+1)}{2(2l_1+1)(2l_2+1)}.$$

La valeur minima de $\langle S_{12} \rangle$ est ici réalisée par J maximum : $J = j_1 + j_2$.

Nous obtenons ainsi la règle stricte en partant du fait connu que l'état triplet du système neutron-proton correspond à une énergie de liaison plus grande que l'état singulet : cas de ${}^2_1H$.

Ce fait a été expliqué par des interactions d'échange de Heisenberg en $P_\tau V(r)$ et de Majorana en $-P_x V(r)$.

$P_\tau = -1$ pour un état *antisymétrique de charge*, qui conduit donc à l'énergie de liaison la plus grande.

$P_\tau = +1$ pour un état symétrique de charge.

$P_x = +1$ pour un état *symétrique d'espace* conduit à la plus grande énergie de liaison.

Or $P_x P_\tau = -P_\sigma = 2S_{12} - 1$; si $P_\tau = -1$ est réalisé (cas de ${}^2_1H$), $P_x = 1 - 2S_{12}$: $\langle P_x \rangle$ maximum ou $\langle S_{12} \rangle$ minimum correspond bien à l'état le plus lié. Mais, en général, l'état du système P-N ne peut être un cas pur pour P_τ : l'action coulombienne du cœur sur le proton, notamment, s'y oppose. Ceci nous paraît expliquer le fait que la règle stricte ne soit pas toujours suivie.

3. D'autres schémas en couche ont été proposés (Feenberg et Hammack, etc.) où le couplage spin-orbite est faible.

---

alors que l'énergie de liaison d'un nucléon impair est de l'ordre de 8 MeV pour les noyaux moyens (H. A. Bethe et R. F. Bacher, *Rev. Mod. Phys.*, 8, 1936, p. 104-105).

([4]) *Phys. Rev.*, 78, 1950, p. 622 L.

Ces schémas, avec un ordre convenable des couches (n, l) conduisent, semble-t-il, à des valeurs correctes de J et de la parité pour les noyaux impairs. Le couplage L-S y serait, pour un neutron et un proton impairs, la meilleure approximation. L'état le plus stable y serait toujours l'état triplet $S = 1$. Un calcul analogue à celui de Slater [5] pour les électrons atomiques montre qu'il correspond aussi, avec un couplage assez faible, à $L = |l_1 - l_2|$.

On aurait donc

$$J = l_1 - l_2, \qquad l_1 - l_2 \pm 1 \qquad (l_1 > l_2),$$

sans distinction possible entre le premier et le deuxième cas (indiqués ici par les moments magnétiques).

Cependant dans le domaine des supermultiplets de Wigner $A < 30$ non étudié dans [1], [2], plusieurs arguments [6] indiquent que le couplage L-S est, au contraire, une meilleure approximation.

RADIOACTIVITÉ. — *Détermination expérimentale du coefficient d'absorption des rayons α d'un corps de composition chimique inconnue et recherche de la teneur en uranium et en thorium d'un corps radioactif par autoradiographie.* Note de MM. **René Coppens** et **Goulven Vernois**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

Le nombre N de rayons α inscrits par centimètre carré et par seconde par un corps radioactif sur une émulsion nucléaire dépend de la concentration C en U ou en Th et d'un coefficient d'absorption K′ qui a pu être calculé en fonction de la concentration c, du poids atomique A et du pouvoir d'arrêt s des éléments constituant l'émetteur. $K' = 0{,}85/\Sigma cs/A$ [1].

Les teneurs C_U en uranium et C_{Th} en thorium d'un corps dans lequel l'équilibre radioactif est réalisé sont données par

$$9{,}2\, C_U K' = N \qquad \text{et} \qquad 2{,}56\, C_{Th} K' = N.$$

S'il y a, à la fois U et Th, dans le rapport $C_{Th}/C_U = n$, on a $(9{,}2 + 2{,}56\, n)C_U = N$.

N déterminé expérimentalement, on a CK′, mais il est difficile d'évaluer C car K′ dépend de la composition chimique, donc de C. Des abaques donnant C en fonction de CK′ pour des valeurs moyennes ont permis de résoudre approximativement le problème [2].

---

(5) *Phys. Rev.*, 34, 1929, p. 1293. *Cf* aussi : R. Nataf et R. Bouchez, *J. Phys. Rad.*, 13, 1952, p. 81 (appendice p. 92-93).

(6) R. Bouchez, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 440 et 231, 1950, p. 139, 275; R. Nataf, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 532 et 737 et article R. Bouchez et R. Nataf à paraître au *Journ. Phys. et Rad.*

(1) I. Curie, *J. Phys. Rad.*, 7, 1946, p. 313.

(2) R. Coppens, *Bull. Soc. Min. et Crist.*, 73, 1950, p. 241.

La méthode indiquée ci-après permet l'évaluation expérimentale de K′ d'un corps de composition chimique inconnue et la détermination des teneurs en U et Th par autoradiographie.

Soit un corps A de composition chimique inconnue. Sa teneur C en U est à déterminer. Posons $\Sigma cs/A = \mu$, ce qui donne $K' = 0,85/\mu$.

Soit, d'autre part un corps inerte B de composition connue. $\Sigma cs/A = \mu_1$ et $0,85/\mu_1$ sont connus.

On fait un mélange de A et de B dans les proportions a de B et $(1-a)$ de $A (0 < a < 1)$. La teneur du mélange en U est $C(1-a)$ et son coefficient d'absorption

$$K'_1 = \frac{0,85}{(1-a)\mu + a\mu_1}.$$

On peut alors calculer le rapport

$$\frac{K}{K'_1} = \frac{(1-a)\mu + a\mu_1}{\mu}.$$

Le nombre de rayons α inscrits sur une émulsion par le corps A est $N = 9,2\,CK'$ et par le mélange $N' = 9,2(1-a)CK'_1$. On en tire

$$\frac{N}{N'} = \frac{K'}{(1-a)K'_1} = \frac{(1-a)\mu + a\mu_1}{(1-a)\mu},$$

d'où

$$\mu = \frac{N'a}{(N-N')(1-a)}\mu_1 \quad \text{et} \quad K' = \frac{0,85}{\mu} = \frac{0,85(N-N')(1-a)}{\mu_1 N'a},$$

soit

$$K' = K'_1\frac{(N-N')(1-a)}{N'a} \quad \text{et} \quad C = \frac{NN'a}{9,2\,K'_1(N-N')(1-a)}.$$

La silice $(K'_1 = 14,3)$ semble particulièrement indiquée pour de telles mesures. En faisant le mélange dans les proportions de 50 % de silice, on a $a = 1 - a$ d'où

$$K' = 14,3\frac{N-N'}{N'} \quad \text{et} \quad C = \frac{1}{9,2.14,3}\,\frac{NN'}{N-N'} = 0,0076\frac{NN'}{N-N'}.$$

Nous avons vérifié par deux séries d'expériences les possibilités de la méthode en déterminant les nombres N et N′ de rayons α inscrits sur une émulsion nucléaire par des minerais purs et ces minerais mélangés à 50 % de silice.

Nous avons d'abord déterminé K′ de minerais de composition connue en le calculant à partir de cette composition et en le mesurant par la méthode indiquée :

	K′ calculé.	K′ mesuré.	Écarts relatifs.
Monazite...............	23	24	4%
Allanite (3)............	16,8	17,3	3%

(3) R. Coppens, *Bull. Soc. Min. et Crist.*, 75, 1952, p. 59.

Nous avons ensuite évalué la teneur en U de corps dont la composition nous était inconnue mais soumis, au préalable, à une analyse chimique. Les résultats sont consignés ci-après :

N.	N'.	C par autoradiographie (%).	C par analyse chimique (%).	Écarts relatifs. (%).
4,72	1,7	2,02	2,1	− 4
23,6	12,2	19,2	18,9	+ 3,5
23,8	12,5	19,98	20,0	− 0,1
		11,15	11,2	− 0,45

Les calculs précédents s'appliquent naturellement à la recherche de la teneur en Th. Il suffit de remplacer 9,2 par 2,56. Lorsque le corps contient à la fois U et Th, il convient d'évaluer d'abord le rapport $C_{Th}/C_U = n$ et de remplacer 9,2 par $(9,2 + 2,56\, n)$.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur le polissage électrolytique dans les solutions d'acide sulfamique.* Note de MM. **Sakae Tajima** et **Takemi Mori**, présentée par M. Eugène Darmois.

L'acide sulfamique, H_2NSO_3H, a une force comparable à celle des acides sulfurique et nitrique. Étant donné que les sulfamates de plusieurs métaux sont aussi solubles que les perchlorates correspondants, il nous est apparu que cet acide pourrait constituer un nouvel électrolyte de polissage.

Il est intéressant de remarquer que la concentration de la solution ne peut pas être très grande, puisque la solubilité de l'acide sulfamique dans l'eau est 21,32 g/% à 20°.

Parmi les métaux essayés (Al, Mg, Fe, Ni, Sn, Pb, Cu, Zn, Cd, Mo, W, Ag), seuls le cadmium, le zinc et le molybdène ont pu être polis dans les solutions aqueuses d'acide sulfamique. Toutefois, le cuivre, l'étain et le plomb subissent localement un certain brillantage.

Ainsi qu'on l'a signalé dans de nombreux cas de polissage électrolytique, par exemple avec l'argent en milieu cyanuré [1], la courbe courant-voltage présente, dans la partie initiale ou la totalité de la région correspondant au polissage, des oscillations périodiques qui traduisent des alternances de passivation et d'activation [2]. Ce fait suggère, qu'en solution d'acide sulfamique, le mécanisme du phénomène est essentiellement le

---

(1) E. Darmois et S. Dolinsky, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 389; C. Chalin, *Ibid.*, **233**, 1951, p. 362.

(2) S. Tajima, *J. Electrochem. Soc. Japan*, **13**, 1945, p. 76.

même que dans les autres électrolytes, c'est-à-dire en relation avec la passivation anodique.

Les conditions de polissage sont résumées dans le tableau.

Polissage du zinc, du cadmium et du molybdène.

Métal.	Concentration de l'acide sulfamique.	Tension (V).	Densité de courant (A/dm^2).	Voltage correspondant aux oscillations.
Zinc................	Entre 5 % et la saturation	10–14	140–240	9,5
Cadmium............		8–12	140–220	6–9
Molybdène..........		17–20	100–140	6–20

En effectuant l'électrolyse dans la région de la courbe au delà du domaine de polissage, le zinc et le cadmium se recouvrent respectivement d'un produit blanc et d'un produit noir, en même temps que la surface subit une attaque. Pendant le polissage du molybdène, il se forme un film gélatineux de couleur bleu foncé.

Pour expliquer la valeur élevée du voltage nécessaire au polissage, nous admettons que, pour le zinc et le cadmium, le dégagement d'hydrogène qui accompagne la simple immersion doit être supprimé. Dans le cas du molybdène, il existe une très forte surtension de l'oxygène, que l'on observe d'ailleurs également avec les solutions des acides sulfurique et phosphorique ([3]).

Il est à noter que la solution d'acide sulfamique de concentration 1,1 N (densité 1,060 à 16°) permet un excellent polissage, bien qu'elle soit à la fois plus diluée, moins dense et moins visqueuse que les électrolytes sulfurique ou phosphorique. Si l'on utilise des solutions d'acide phosphorique de même normalité (1,1 N, densité = 1,031), ou de même densité (1,060), on n'observe pas un véritable polissage, mais seulement un brillantage local du zinc et du cadmium.

Ces résultats prouvent que du point de vue de l'effet de polissage, les propriétés de l'anolyte jouent un rôle plus important que celles de la masse du bain. Ceci est vérifié aussi avec l'aluminium dans la soude ([4]), le nickel dans les chlorures ([5]), l'argent ([6]) et le cadmium ([7]) dans les cyanures. Cependant, d'une manière générale, les solutions les plus concentrées ou les plus visqueuses doivent être choisies de préférence.

Divers agents d'addition non ioniques, tels que la glycérine (20 g/l), des

---

([3]) S. Tajima, *The Japan Science Rev.*, 1, 1950, n° 4, p. 58.

([4]) S. Tajima, *J. Electrochem. Soc. Japan*, 15, 1947, p. 17.

([5]) S. Tajima et T. Mori, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 161.

([6]) J. Liger, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 5e série, 11, 1944, p. 568.

([7]) D. Gray et S. E. Eaton, *Iron Age*, 10 avril 1947, p. 64.

corps tensioactifs (mouillants, 0,1 g/l) et l'acide acétique (5 cm^3/l) améliorent la qualité du poli du zinc et du cadmium, mais n'ont aucun effet sur celui du molybdène. Pour ce métal, l'addition d'acide chromique (20 à 50 g/l) ([8]) donne d'excellents résultats, mais le film bleu foncé signalé plus haut est remplacé par une pellicule colloïdale transparente, d'ailleurs facilement éliminée par lavage à l'eau.

En abaissant la température de l'électrolyte jusqu'à $-2°$, les oscillations périodiques sont toujours observées; le zinc et le cadmium subissent un poli aussi bon qu'à la température ordinaire, mais avec le molybdène les résultats sont moins satisfaisants. Il est vraisemblable qu'aux basses températures l'action dissolvante de l'acide sulfamique sur le zinc et le cadmium est diminuée, tandis que le molybdène subit une forte passivation.

CHIMIE MINÉRALE. — *L'hydratation de quelques oxydes des terres rares et son influence sur la corrosion à l'air des métaux correspondants.* Note de Mme **Suzanne Barbezat** et M. **Jean Loriers**, présentée par M. Paul Lebeau.

Quand on étudie à l'aide de la thermobalance de P. Chevenard, l'oxydation du cérium aux températures peu élevées, *à l'air*, on constate que les isothermes masse-*temps*, traduisent une corrosion beaucoup plus rapide que celle qui se produit dans l'oxygène pur et sec ([1]). Cette différence ne peut être attribuée qu'à l'action de l'humidité ou du CO_2 atmosphériques. Pourtant l'analyse aux rayons X par la méthode des poudres du produit d'attaque détaché du métal ne permet d'identifier que le bioxyde CeO_2. S'il y a formation d'autres composés, celle-ci ne peut être qu'intermédiaire, et pour la mettre en évidence, il faut avoir recours à une technique plus sensible.

Nous avons utilisé la chambre Debye-Scherrer à incidence variable de C. Legrand ([2]) adaptée à l'étude des couches sub-superficielles. L'examen d'une surface plane de cérium à 99,55 % (0,22 % Fe, 0,15 % Ca, 008 % Al) abandonnée à l'air après décapage mécanique a donné les résultats suivants :

On observe d'abord la structure cubique à faces centrées du métal ($a = 5{,}155$ Å $\pm 0{,}004$).

Au bout de quelques heures, il apparaît le diagramme de l'oxyde Ce_2O_3

([8]) Dans leur technique de polissage du molybdène en solution d'acide sulfurique (Brevet français n° 707 526, 1931), H. Figour et P. Jacquet, utilisent l'immersion dans l'acide chromique pour éliminer la couche bleuâtre formée sur la surface pendant l'électrolyse.

([1]) J. Loriers, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 522.

([2]) *Bull. Soc. Minéralogie*, 74, 1951, p. 20.

cubique, déjà mis en évidence par R. Courtel et J. Loriers ([3]). La mesure de la maille de ce composé donne $a = 11,16$ Å $\pm 0,02$.

Après une douzaine d'heures, on constate le développement de deux autres spectres :

1° celui d'un composé de structure hexagonale compacte, encore inconnu, que nous avons identifié comme étant l'hydroxyde $Ce(OH)_3$ par analogie avec les structures des hydroxydes de lanthane et de praséodyme, éléments encadrant le cérium dans la famille des terres rares. Sa maille a comme paramètres : $a = 6,48$ Å $\pm 0,01$; $c = 3,80$ Å $\pm 0,01$; $c/a = 0,587$;

2° celui du bioxyde CeO_2, cubique à faces centrées ($a = 5,419$ Å $\pm 0,004$) résultant de l'oxydation de Ce_2O_3, et qui apparaît peu de temps après l'hydroxyde.

A mesure que $Ce(OH)_3$ et CeO_2 se développent, le diagramme de Ce_2O_3 perd en intensité, et celui de CeO_2 reste finalement seul bien visible.

Par ailleurs, en exposant à l'humidité une surface de cérium déjà très oxydée à sec, on ne fait apparaître aucune raie supplémentaire qui pourrait traduire la formation d'un composé hydraté dérivant de CeO_2. *L'hydroxyde* $Ce(OH)_3$ *se forme donc à partir du sesquioxyde* Ce_2O_3 *mais non à partir de bioxyde.*

Pour étudier en détail cette influence de la valence sur l'hydratation des oxydes de terres rares, nous avons déterminé aux rayons X par la méthode des poudres, la structure des produits résultant de l'action de l'eau sur divers oxydes de lanthane et de praséodyme purs provenant du laboratoire de M. Trombe. Les diagrammes obtenus confirment nos observations sur les oxydes de cérium.

Le lanthane ne possède que la valence 3 et ne forme qu'un seul oxyde : La_2O_3 qui cristallise dans le système hexagonal ($a = 3,94$ Å $c = 6,15$ Å $c/a = 1,56$). Il fixe l'eau très rapidement, même par simple séjour à l'air atmosphérique. Le produit final de cette action est l'hydroxyde $La(OH)_3$ de structure hexagonale compacte. ($a = 6,50$, $c = 3,852$; $c/a = 0,592$)

Le praséodyme est susceptible de former des peroxydes de composition variable ([4]). Pour avoir des résultats comparables à ceux du cérium, nous avons étudié les oxydes Pr_2O_3 et PrO_2.

Pr_2O_3 a été obtenu par réduction de l'oxyde Pr_6O_{11} dans l'hydrogène à 900°C. Sa structure est hexagonale ($a = 3,85$ Å; $c = 6,00$ Å). Il s'hydrate dans l'air humide en donnant $Pr(OH)_3$, de structure hexagonale compacte. ($a = 6,48$ Å $c = 3,76$; $c/a = 0,580$) ([5]).

([3]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 735.

([4]) M. Foëx et J. Loriers, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 220.

([5]) Les paramètres des mailles cristallines de $La(OH)_3$ et $Pr(OH)_3$, calculés d'après nos diagrammes, sont très voisins de ceux trouvés par Zachariasen (*Acta Cryst.*, I, 1948,

L'oxyde PrO_2 a été préparé par refroidissement très lent jusqu'à 250°C du nitrate calciné à 650°C ([4]). Le produit obtenu est cubique type fluorine comme CeO_2, avec $a = 5,40$ Å. Son comportement est identique à celui de cet oxyde : même par séjour prolongé dans l'eau, il ne se modifie pratiquement pas. La tenue de l'oxyde Pr_6O_{11} (également cubique) est analogue.

Ainsi les oxydes La_2O_3, Ce_2O_3, Pr_2O_3 dérivant du métal à l'état *trivalent*, ont la propriété de fixer l'eau en donnant des hydroxydes de formule $Me(OH)_3$, cristallisant dans le même système hexagonal compact. Au contraire, les produits plus oxydés, dérivant d'une *valence* 4 du métal, ne semblent pas susceptibles de se transformer directement en hydroxydes.

L'hydratation des sesquioxydes se fait avec une augmentation de volume très importante. Ce fait explique l'action corrosive de l'air humide sur le cérium et le lanthane métalliques : il se forme de l'hydroxyde qui, en raison de son volume trop considérable, ne peut adhérer à la pellicule de sesquioxyde, et se détache en provoquant la désagrégation du film protecteur.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les morpholones-3*. Note (*) de MM. **Pierre Vièles** et **Jean Séguin**, présentée par M. Marcel Delépine.

Méthode générale de préparation des morpholones-3, description des produits obtenus, passage aux aminoacides.

La morpholone-3, $O\langle{}^{CH_2-CH_2}_{CH_2-CO}\rangle NH$, n'a été décrite que récemment ([1]). Aucun de ses dérivés de substitution au carbone ou à l'azote n'a, semble-t-il été encore signalé.

Cette lactame (F 105°) a été préparée par action de l'éthanolamine sodée sur le chloracétate d'éthyle, conformément à la réaction



$$H_2NCH_2-CH_2ONa + ClCH_2-CO_2C_2H_5 \rightarrow O\langle C_4H_6O\rangle NH + ClNa + C_2H_5OH.$$

En traitant de la même façon l'α-bromopropionate d'éthyle, on obtient la *méthyl-2 morpholone-3* (F 56°).

La morpholone-3 est soluble dans l'eau, moins dans l'alcool et le dioxane, très peu dans le benzène et l'éther froids. La méthyl-2 morpholone-3 est notablement plus soluble dans ces solvants.

---

p. 265) : $a = 6,523$, $c = 3,851$ pour $La(OH)_3$ et $a = 6,48$, $c = 3,77$ pour $Pr(OH)_3$. Par contre, ils diffèrent beaucoup des données de Fricke et Seitze (*Z. anorg. Chem.*, 254, 1947, p. 107) : $a = 6,29$, $c = 3,55$ et $a = 6,28$, $c = 3,55$.

(*) Séance du 5 mai 1952.

([1]) R. Leimu et J. I. Janson, *Suomen Kemistilehti*, 18 B n° 40, 1945, p. 3; Ref. in *Chem. Abstr.*, 41[1], 1947, p. 769.

Leurs solutions aqueuses précipitent par le réactif iodomercurique, mais non par l'acide picrique. Elles réagissent à chaud sur la soude ou la potasse alcooliques. La morpholone-3 fournit ainsi un précipité (incomplet) microcristallin $C_4H_6O_2NK$, qui donne avec le nitrate d'argent un dérivé argentique insoluble, lequel, traité par l'iodure de méthyle en tube scellé conduit, vraisemblablement, à la N-méthyl morpholone-3, que nous n'avons cependant pas pu identifier avec certitude en raison de sa difficile cristallisation.

Il est facile de passer de ces morpholones aux amino-acides par hydrolyse barytique : *l'acide aminoéthoxyacétique*, $H_2NCH_2-CH_2-O-CH_2-CO_2H$, provenant de la morpholone-3, est bien cristallisé (F 182°), et régénère la morpholone-3 par chauffage prolongé au voisinage de son point de fusion.

Partie expérimentale. — *Préparation de la morpholone*-3. — On dissout 35 g d'éthanolamine dans 100 cm³ de dioxane anhydre, et introduit par petites fractions 11,5 g de sodium, en agitant; on chauffe pour terminer. Quand le sodium a disparu, on introduit goutte à goutte 63 g de monochloracétate d'éthyle, en refroidissant. Cette addition terminée, on chauffe encore 2 h à l'ébullition. On essore le chlorure de sodium, chasse le dioxane, et extrait la morpholone-3 avec du benzène bouillant, d'où elle cristallise en aiguilles incolores que l'on purifie par recristallisation dans l'éther anhydre. Par lavage du chlorure de sodium à l'alcool bouillant, on retire encore une certaine quantité de produit. Rdt. 70 %.

Préparation de la méthyl-2 morpholone-3. — Mode opératoire identique.

Analyses.

	N % trouvé.	N % calculé.
Morpholone-3 ($C_4H_7O_2N$)	14,01	13,82
Méthyl-2 morpholone-3 ($C_5H_9O_2N$)	12,06	12,17
Acide aminoéthoxyacétique ($C_4H_9O_3N$)	11,47	11,75
	K % trouvé.	K % calculé.
Sel potassique de la morpholone-3	27,83	28,05

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des cétones thiofeniques.* Note de M. **Joseph Hoch**, présentée par M. Marcel Delépine.

On a déjà décrit un certain nombre de cétones thiofeniques dans lesquelles la fonction acidyl occupe la position 2 et très peu de celles dans lesquelles les positions 2 et 5 sont occupées par deux —CH_3 et la position 3 par une fonction acidyl. Aucune acidyl-3 thiofène, sans substituant sur le noyau thiofénique, n'avait encore été signalée à ma connaissance.

M'étant proposé, en collaboration avec Mme Ramart, d'étudier l'absorption dans l'ultraviolet de ces composés, ainsi que celle de leurs dérivés, j'ai tenté et réussi la synthèse d'un certain nombre d'entre eux, la plupart du temps avec d'excellents rendements.

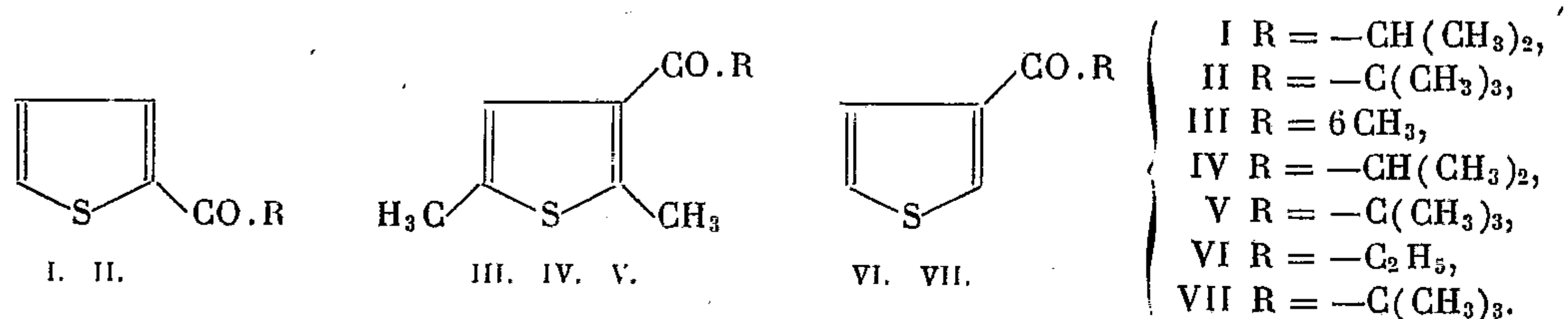
On sait depuis longtemps que le noyau thiofénique se prête à la réaction de Friedel et Crafts et que l'on obtient ainsi exclusivement des acidyl-2 thiofènes avec des résultats souvent médiocres. Ceci est dû au fait que sous l'action du Cl_3Al une partie du thiofène se polymérise. On évite cet inconvénient quand on remplace la Cl_3Al par Cl_4Sn.

En suivant exactement la méthode indiquée par *Synthèses Organiques* (t. 2, p. 10) pour la préparation de l'acéto-2 thiénone, j'ai fait agir sur le thiofène, en présence de Cl_4Sn, les chlorures des acides isobutyrique et triméthylacétique.

J'ai obtenu ainsi : l'isobutyro-2 thiénone (I) $É_{18}$ 115-117° (Rdt 77 %) Oxime F 99-100° S-carbazone F 150° Phénylhydrazone $É_{20}$ 210-213° et la triméthylacéto-2 thiénone (II) $É_{16}$ 115-116° (Rdt = 62 %) Oxime F 143° S-carbazone F 132-133° Phénylhydrazone $É_{15}$ 206-207°.

En faisant agir les chlorures d'acides, dans les mêmes conditions que plus haut, sur le diméthyl-2,5 thiofène, c'est-à-dire sur un carbure où les deux positions au voisinage du S sont occupées, j'ai constaté que la réaction se faisait quand même et que la fonction acidyl entrait en position 3 avec des rendements tout à fait comparables à ceux obtenus avec le thiofène non substitué.

J'ai obtenu ainsi : la diméthyl-2,5 acéto-3 thiénone (III) $É_{15}$ 114-115″ (Rdt 70 %) Oxime F 83° S-carbazone F 215° Phénylhydrazone F 70°, la diméthyl-2,5 isobutyro-3 thiénone (IV) $É_{15}$ 126-127° (Rdt 88 %) Oxime F 97° S-carbazone F 109°, et la diméthyl-2,5 triméthylacéto-3 thiénone (V) $É_{15}$ 129-130° (Rdt 56 %) Oxime F 146° S-carbazone F 177-178° Phénylhydrazone $É_{25}$ 219-220°.



Pour réaliser la synthèse des cétones VI et VII, je suis parti du bromo-3 thiofène obtenu d'après Steinkopf [1] à partir du tribromo-2, 3, 5 thiofène. Entraîné par 3 mol de bromure d'éthyle, ce bromure donne un organomagnésien. En faisant agir ce mélange de réactifs sur 4 mol de propionitrile et en décomposant les produits de cette réaction, après 4 h de chauffage au reflux, sur de la glace acidulée, j'ai pu isoler après le traitement habituel, une fraction neutre $É_{25}$ 110-120°. Celle-ci traitée par un excès de semicarbazide fournit la semi-carbazone F 195-196° de la cétone cherchée

(1) Steinkopf, Jakob et Penz, *Ann. Chem.*, 512, 1934, p. 136.

La propio-3 thiénone régénérée de sa semi-carbazone bout à $É_{25}$ 112-114° Oxime F 67-68°.

Pour obtenir la cétone VII, j'ai fait agir le même mélange d'organomagnésiens sur 4 mol de nitrile pivalique en milieu toluénique et chauffé le tout à 80-90° pendant 4 h. Après décomposition sur glace et chlorure d'ammonium, la couche toluénique a été extraite par ClH dilué et glacé. A la suite des traitements habituels, j'ai pu isoler la cétimine brute $É_{15}$ 118-125° (Rdt 20 % environ) qui, décomposée à chaud par ClH à 15 % environ fournit la triméthylacéto-3 thiénone pure $É_{23}$ 118-119° Oxime F 143° S-carbazone F 139-140°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la fluoration du thiophène.*

Note de M. **Jean Neudorffer**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons montré dans deux Notes précédentes (1) et (2) qu'en faisant agir le fluor, dilué dans l'azote, sur le thiophène à + 90°, les produits gazeux formés sont constitués par de l'hexafluorure de soufre et par un mélange des quatre fluorures de carbone saturés allant de CF_4 à C_4F_{10}.

Au cours de ces réactions apparaissent également de petites quantités de composés liquides. On les recueille, après élimination des gaz, par distillation sous basse pression. Ils se séparent spontanément en deux couches distinctes. La phase supérieure, de très faible volume, est constituée par du thiophène inattaqué.

La couche inférieure, plus abondante, a été privée du thiophène dissous après cristallisation et filtration à — 80°, puis soumise à la distillation dans un microappareil. Nous avons ainsi séparé trois fractions ne contenant pas de soufre.

La première est la plus abondante (2,3 cm^3). Tous les échantillons obtenus au cours d'essais de fractionnement sous diverses pressions ont des points de fusion et d'ébullition constants. Les caractères physiques sont les suivants : F — 93°; É + 18°,4; d_4^0 1,72.

Poids moléculaire : 232 à + 30°, 212 à + 90° (méthode de Dumas).

L'analyse, effectuée par la méthode que nous avons décrite (3) indique une teneur en fluor de 75,8 %. Ce produit est transparent dans l'infrarouge proche, ce qui montre l'absence du groupement C—H. D'autre part,

(1) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1070.

(2) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2102.

(3) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 750.

il ne fixe pas le brome, même à 100°. Ces divers résultats montrent qu'il s'agit d'un carbure fluoré de formule brute $(CF_2)_4$ et probablement cyclique. Ses constantes physiques sont différentes de celles des composés de même formule qui ont été décrits sous le nom de perfluorocyclobutane et de perfluorométhylcyclopropane ([4]).

Les mêmes déterminations analytiques et physiques, effectuées sur les deux autres fractions des produits liquides conduisent à admettre la présence d'un autre carbure fluoré que nous n'avons pas pu isoler à l'état de pureté, mais qui doit répondre à la formule $(CF_2)_8$.

Ces premiers résultats, joints à l'étude des produits gazeux, permettent d'élucider le mode d'attaque de la molécule de thiophène par le fluor.

Nous avons, en effet, effectué diverses expériences en faisant varier la concentration relative du fluor, dilué au demi dans l'azote, vis-à-vis de celle en thiophène. On constate que, dans tous les cas, la quantité d'hexafluorure de soufre obtenue est très voisine de la quantité théorique correspondant à la transformation totale du soufre du thiophène. Ceci montre que ce métalloïde est arraché de l'hétérocycle.

D'autre part, dans les produits de la réaction, nous n'avons pas pu mettre en évidence de dérivé fluoré du noyau, ni de composé possédant les chaînes C—S—C ou C—S. Par suite, la formation d'un perfluorure, ou la rupture du cycle au niveau des doubles liaisons, paraissent peu probables, dans les conditions opératoires utilisées.

Enfin, la quantité des composés liquides du type $(CF_2)_n$ est maximum pour la concentration de 9 molécules de fluor pour une de thiophène, qui est celle correspondant à la rupture théorique de l'hétérocycle au niveau de l'atome de soufre pour donner F_6S et 1 molécule de $(CF_2)_4$. Il se forme, à partir de la chaîne carbonée en C_4 libérée, environ 40 % de composés fluorés liquides et 60 % de fluorures de carbone gazeux.

En conclusion, on peut admettre que le mode d'attaque de la molécule de thiophène en phase gazeuse, par le fluor, est le suivant :

1° Arrachement de l'atome de soufre qui passe à l'état d'hexafluorure de soufre;

2° Fluoration de la chaîne carbonée restante, ce qui conduit, d'une part à des dérivés liquides, dont l'un est $(CF_2)_4$ et, d'autre part, à des fluorures de carbone saturés gazeux allant de CF_4 à C_4F_{10}.

([4]) Park et coll., *Ind. eng. Chem.*, 39, 1947, p. 354.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la fonction silane-thiol et la préparation des thiosilicones.* Note de MM. **Georges Champetier**, **Yves Étienne** et **Robert Kullmann**, présentée par M. Louis Hackspill.

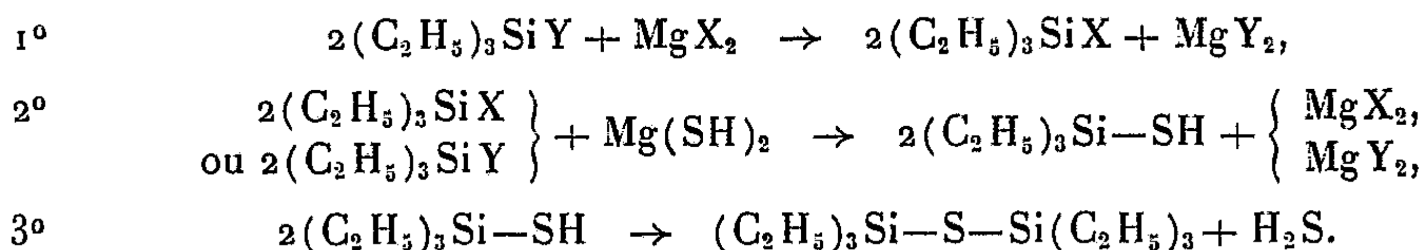
Préparation du triméthyl-silane-thiol $(CH_3)_3Si-SH$, de l'hexaéthyl-disilthiane $(C_2H_5)_3Si-S-Si(C_2H_5)_3$ et du tétra-éthyl-cyclo-disilthiane $(C_2H_5)_2Si\langle{}^{S}_{S}\rangle Si(C_2H_5)_2$ à partir des halogéno-alcoyl-silanes et des sulfhydrates métalliques ou de l'acide sulfhydrique.

C. Eaborn [1] a récemment obtenu des hexa-alcoyl-disilthianes $R_3Si-S-SiR_3$ en condensant les dérivées iodés R_3SiI avec le sulfure d'argent. E. Larsson et R. Marin [2] ont préparé des silane-thiols par action de l'hydrogène sulfuré sur les trialcoyl-amino-silanes.

Au cours de recherches sur la préparation des thiosilicones, nous avons été conduits également à étudier la formation de la fonction silane-thiol par des procédés différents de ceux employés par les auteurs précédents.

1° *Fonction silane-thiol.* — C. Friedel et A. Ladenburg [3] ont obtenu, pour la première fois, un composé minéral Cl_3Si-SH renfermant cette fonction en chauffant vers 600° un mélange de tétrachlorure de silicium et d'hydrogène sulfuré. Cette méthode n'étant pas applicable aux dérivés organohalogénés du silicium, nous avons eu recours à la réaction de divers sulfhydrates métalliques (Mg, K, Na, Li et NH_4) sur les halogéno-alcoyl-silanes pour lier des radicaux organiques à la fonction silane-thiol.

Les *halogénures de sulfhydryl-magnésium* $(SH)_2Mg.MgX_2$, obtenus par action de l'hydrogène sulfuré sur les organomagnésiens de Grignard, réagissent sur les triéthyl-halogéno-silanes $(C_2H_5)_3SiY$ en donnant le triéthyl-halogéno-silane $(C_2H_5)_3SiX$, lorsque l'halogène Y se classe avant l'halogène X dans la suite F, Cl, Br, I, et de l'hexaéthyl-disilthiane $(C_2H_5)_3Si-S-Si(C_2H_5)_3$ par les réactions suivantes :



1° $$2(C_2H_5)_3SiY + MgX_2 \rightarrow 2(C_2H_5)_3SiX + MgY_2,$$

2° $$\left.\begin{array}{r}2(C_2H_5)_3SiX\\ \text{ou } 2(C_2H_5)_3SiY\end{array}\right\} + Mg(SH)_2 \rightarrow 2(C_2H_5)_3Si-SH + \left\{\begin{array}{l}MgX_2,\\ MgY_2,\end{array}\right.$$

3° $$2(C_2H_5)_3Si-SH \rightarrow (C_2H_5)_3Si-S-Si(C_2H_5)_3 + H_2S.$$

La réaction 3 paraît être favorisée par la présence de sels de magnésium.

L'existence de la réaction 1 est confirmée par l'action du bromure de magnésium en solution dans l'éther sur le triéthylfluorosilane qui conduit au

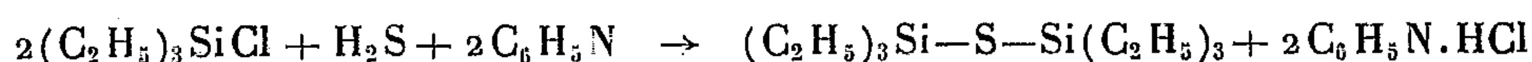
(1) *J. Chem. Soc.*, 1950, p. 3077.
(2) *Acta chem. Scand.*, 5, 1951, p. 964.
(3) *Ann. Chim. Phys.*, 27, 1872, p. 416.

triéthylbromosilane avec un rendement d'environ 50 % et par la réaction de cette même solution sur le chlorure de silicium qui donne des chlorobromures de silicium.

Parmi les *sulfhydrates alcalins*, c'est le sulfhydrate de lithium qui permet le plus aisément d'obtenir des alcoylsilane-thiols. Ce sulfhydrate a été préparé, par une méthode nouvelle, en saturant d'acide sulfhydrique une solution d'organolithien dans un hydrocarbure (éther de pétrole, benzène, toluène, xylène). Il nous a permis notamment d'obtenir avec un rendement de 48 %, le *triméthyl-silane-thiol* $(CH_3)_3Si-SH$.

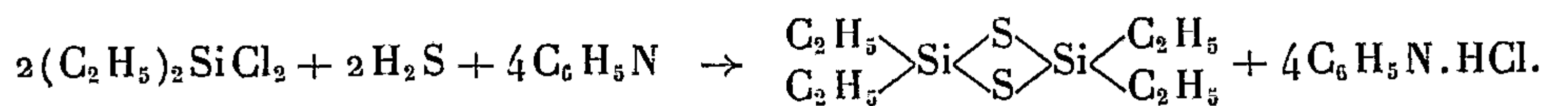
Une suspension de 0,75 mol de sulfhydrate de lithium dans 500 cm³ de toluène anhydre est agitée pendant 48 heures à la température ordinaire avec 0,5 mol de triméthyl-chlorosilane. La solution est siphonnée, sous atmosphère d'azote sec, au travers d'un filtre plongeur dans un appareil à distiller. Par fractionnement, on sépare le triméthylsilanethiol E_{760} 77-78° (corr.) et une petite quantité d'hexaméthyldisilthiane $(CH_3)_3Si-S-Si(CH_3)_3$, E_{760} 163-164° (corr.)

2° *Liaison sil-thiane.* — Un procédé commode pour réaliser ce type de liaison avec des radicaux organiques consiste à faire réagir l'acide sulfhydrique sur les alcoyl-halogéno-silanes en présence de pyridine. Ainsi, à partir du triéthylchlorosilane, on obtient l'hexaéthyldisilthiane E_{760} 277-279° avec un rendement de 89 %.



$$2(C_2H_5)_3SiCl + H_2S + 2C_6H_5N \rightarrow (C_2H_5)_3Si-S-Si(C_2H_5)_3 + 2C_6H_5N.HCl$$

Toutefois, la réaction n'a pas lieu avec le triéthylfluorosilane. Le diéthyl-dichlorosilane conduit au *tétraéthylcyclo-disilthiane*.

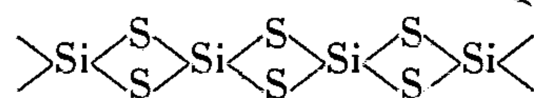


$$2(C_2H_5)_2SiCl_2 + 2H_2S + 4C_6H_5N \rightarrow \begin{matrix}C_2H_5\\C_2H_5\end{matrix}\!>\!Si\!<\!\begin{matrix}S\\S\end{matrix}\!>\!Si\!<\!\begin{matrix}C_2H_5\\C_2H_5\end{matrix} + 4C_6H_5N.HCl.$$

avec un rendement de 78 %.

0,1 mol de diéthyl-dichloro-silane et 0,22 mol de pyridine dissoutes dans 150 cm³ d'éther de pétrole sont soumises, à la température ordinaire, à l'action d'un courant d'hydrogène sulfuré sec. Le chlorhydrate de pyridine précipite; il est séparé par filtration, puis la solution est fractionnée par distillation sous pression réduite d'azote. On isole ainsi le tétraéthyl-cyclo-disilthiane E_{46} 160-162° (corr.); F 20°,1; soufre %, trouvé 26,8; calculé 27,1; masse moléculaire (cryométrie dans le benzène); trouvé 242, calculé 236.

Le tétraéthyl-cyclo-disilthiane est à notre connaissance le premier exemple d'une thiosilicone. On y retrouve le cycle disilthiane constituant le motif du sulfure de silicium, composé macromoléculaire.



$$>Si\!<\!\begin{matrix}S\\S\end{matrix}\!>\!Si\!<\!\begin{matrix}S\\S\end{matrix}\!>\!Si\!<\!\begin{matrix}S\\S\end{matrix}\!>\!Si<$$

MINÉRALOGIE. — *Formation de covelline et de digénite par compression de poudres et diffusion du cuivre*. Note de M. **Roger Mole**, présentée par M. Charles Mauguin.

Par compression d'une pastille de cuivre avec du soufre on obtient de la covelline; par compression d'une pastille de cuivre avec de la covelline on obtient de la digénite.

On part du cuivre électrolytique que l'on a réduit dans l'hydrogène à 300° et l'on en fait une pastille. Dans une première série d'expériences, l'on comprime la pastille de cuivre avec du soufre finement pulvérisé. On a donc au contact, initialement, une pastille de cuivre et une pastille de soufre, que l'on soumet aux conditions de pression statique et de température données ci-dessous :

Température.	Pression kg/cm².	Durée.	Produit obtenu.	Épaisseur de la couche.
150°............	14.000	4 jours	covelline	0,3 mm
140°............	14.000	24 heures	»	0,2 mm

Au contact de la pastille de cuivre se forme une couche de sulfure qui se sépare très aisément du cuivre en laissant une surface lisse, tandis que du côté soufre le contact est irrégulier.

Le cuivre a diffusé dans le soufre pour former de la covelline CuS identifiée au moyen des rayons X.

Dans une seconde série d'expériences la pastille de cuivre est comprimée avec de la poudre de covelline naturelle. On opère la compression à des températures allant de 150 à 250°. Il se forme, au contact des pastilles, de la digénite Cu_9S_5 de paramètre $a_0 = 5,60$ Å, aux dépens de la covelline CuS.

Température.	Pression.	Durée.	Produit obtenu.	Épaisseur.
Température ordinaire....	14 000	48 h	–	n'a pas réagi
150°....................	10 000	24 h	Cu_9S_5	0,1 mm
190°....................	14 000	24 h	Cu_9S_5	0,3 mm
250°....................	10 000	24 h + 24 h à froid	Cu_9S_5	0,3 mm

Ces résultats manifestent la diffussion du cuivre et soulignent son aptitude à former des phases sulfurées par migration de ses atomes.

GÉOLOGIE. — *Différenciations longitudinales dans le géosynclinal alpin*. Note de M. **André Amstutz**, présentée par M. Paul Fourmarier.

Les Alpes comprises entre le Mont-Rose et les Grisons sont considérées depuis longtemps comme une grande culmination longitudinale des six nappes penniques que l'on a invoquées pour l'explication tectonique des

Alpes occidentales; cette culmination étant attribuée à un môle-obstacle Aar-Gothard, et l'épaisseur des nappes enlevée là par l'érosion étant estimée par ce genre d'explication à 20 ou 25 km.

Des raisons connexes de celles que j'ai envisagées dans ma Note du 5 mai dernier me font cependant penser que la structure de cette zone est en réalité d'une tout autre nature. Elles m'amènent aussi à penser que si cette structure diffère considérablement de celles des zones penniques qui s'étendent plus à l'Ouest et plus à l'Est, c'est que des différences importantes ont dû se produire dans la sédimentation et consécutivement dans la maturation des segments correspondants du géosynclinal alpin, engendrant naturellement des décalages et de grandes variations dans leur tectogénèse et leur orogénèse s. str. Voyons donc ici, dans la mesure où un espace très limité permet de le faire, quelques traits essentiels de l'embryotectonique qui a vraisemblablement eu lieu dans cette zone dite de culmination longitudinale, ou plutôt dans le segment approximativement compris entre une ligne Borgosesia-Thoune et une ligne symétrique Chiavenna-Glaris.

1. Dans ce segment, les effets de la première phase tectogène ne paraissent pas avoir été très différents de ceux des segments valaisan-valdotain et grison. Il semble, en effet, qu'ici les éléments méridoniaux du géanticlinal briançonnais (zone Saint-Bernard + masses connexes simplo-tessinoises) se sont aussi déversés au Sud lors des premières subductions et contractions tangentielles du géosynclinal alpin; et il semble même que, par dessus la zone Mont-Rose qui paraît avoir été ici beaucoup plus étroite qu'à l'Ouest, ces éléments ont atteint le bord septentrional du géanticlinal sudpennique, recouvrant là les gneiss $g\gamma$ de la carte italienne.

Mais une seconde phase tectogène paraît avoir eu ici des effets tout différents de ceux des segments contigus. Tandis que là ce sont des subductions en sens inverse des premières, et consécutivement des déversements de masses sudpenniques vers le Nord, qui prédominent durant cette phase; ici, en plus des subductions et déversements de ce genre dont résultent les nappes simploniques, les mouvements de cette seconde phase ont vraisemblablement engendré un enfoncement (engloutissement, succion) et un serrage concomitant de la zone Mont-Rose, cœur du géosynclinal alpin. Partant, ceci a naturellement dû reprendre, ennoyer et coincer en profondeur une partie des éléments briançonnais qui recouvraient cette zone Mont-Rose. D'où, cette disposition en V qui ressort de certaines coupes transversales de cette zone, si l'on se permet de modifier quelque peu les vues classiques et si l'on se dit que dans l'Ossola la zone dite des racines est en réalité une zone de front de nappes.

2. Les sédiments mésozoïques de la zone Ossola-Tessin paraissent être,

compte tenu des superficies, notablement moins abondants que ceux des zones penniques contiguës. Faut-il donc, pour s'expliquer ceci, songer à l'érosion de 20 ou 25 km de nappes méthodiquement empilées les unes sur les autres, c'est-à-dire à une érosion extraordinairement intense, beaucoup plus forte que partout ailleurs dans les Alpes occidentales; ou n'est-il pas plus raisonnable de voir tout simplement là un remplissage moindre du géosynclinal alpin ? Et n'est-il pas également raisonnable d'attribuer les raisons initiales de ceci à des particularités morphologiques hercyniennes telles que, par exemple, une différence d'épaisseur (ou de variations d'épaisseur) du socle de ces divers segments, et de ce fait une différence d'intensité des courants subcrustaux dirigés vers l'avant-pays; ou par exemple des conditions topographiques de l'avant-pays créant de grandes différences en alimentation détritique fluviatile de ces divers segments, et de ce fait une différence importante de la subsidence ?

En tout cas, qu'il se soit agi de l'une ou de l'autre de ces causes possibles, ou de la coexistence de telles particularités morphologiques du socle hercynien (qui devait bien contenir en germe des variations latérales quant aux conditions et facteurs de développement du géosynclinal alpin), cette différence plus que probable dans les sédimentations implique évidemment des jeux différents de courants subcrustaux (dont les possibilités et les probabilités pour ce cas-ci feront l'objet d'une prochaine Note) et naturellement elle rend compréhensibles et normales les différences de tectogénèse envisagées dans le paragraphe précédent.

Elle fait aussi comprendre, par un enchaînement bien simple, que la maturation et la surrection du segment Ossola-Tessin ont dû se faire postérieurement à celles des segments contigus, et partant, que les grands plis transversaux d'Antronapiana, du Splugen et de S. Bernardino-Mesocco-Forcola [1] ne sont vraisemblablement que des conséquences du grand décalage de ces surrections. Beaucoup de choses, en effet, ne s'expliquent guère lorsqu'on imagine là des synclinaux séparateurs pour des nappes Mont-Rose, Adula et Tambo qui, c'est bien certain, ont toujours été beaucoup plus imaginaires que démontrées. Tandis que ces mêmes choses deviennent, au contraire, aisément compréhensibles si l'on envisage ces zones mésozoïques comme des accidents transversaux convergeant les uns vers les autres et s'éteignant au Nord et au Sud, et si l'on se dit que ceux-ci résultent tout simplement de débordements latéraux des segments valaisan et grison lors de leur soulèvement; un basculage de ces débordements ou déversements s'étant naturellement fait ensuite, lors de la surrection du « synclinorium transversal Ossola-Tessin » ainsi formé.

---

[1] *Op. cit.*, 1950, p. 232 et 1951, p. 323.

GÉOLOGIE. — *Observations géologiques aux confins algéro-fezzanais* (Tihemboka). Note de MM. **Charles Domergue** et **Roger Muller-Feuga**, transmise par M. Pierre Pruvost.

La région étudiée ici s'étend sur la limite occidentale du Fezzan entre Ghat et l'oued Amsralad. Du Sud au Nord, on peut décrire les terrains de la manière suivante :

1. Entre Ghat et l'oued Oubarracat, on reconnaît successivement : le Silurien inférieur (grès), le Gothlandien (schistes à Graptolites, puis grès à *Harlania*), le Dévonien (grès azoïques) et le Dinantien aux faciès marin et continental (grès et argiles à la base; calcaires, argiles et grès au sommet). L'ensemble forme une série faiblement inclinée à l'Est (1).

2. Plus au Nord, la série est de plus en plus incomplète. Vers l'oued Amsralad, les schistes gothlandiens sont recouverts en discordance par des couches de grès ferrugineux et d'argiles néritiques dont la faune, déterminée par Mgr Delépine, est identique à celle du Tournaisien de Tournai (mêmes espèces, mêmes tailles, mêmes détails d'ornementation). De plus, un accident d'allure monoclinale et de direction S-N, existe dans cette région. Il provoque un redoublement de la série gothlandienne, alors que la couverture dinantienne semble simplement plissée.

3. Plus à l'Ouest, vers Tarat et le Tihemboka, affleure le Gothlandien schisteux à Graptolites (*Monograptus* et *Diplograptus*). Les plateaux qui s'étendent vers l'Ouest sont formés de Gothlandien gréseux à *Harlania*. De même vers l'Est, et au Sud du Tihemboka, affleurent des grès que le faciès permet d'attribuer également aux grès gothlandiens. Au Nord du Tihemboka, la série est redoublée à cause d'un nouvel accident d'allure monoclinale, mais de direction WNW-ESE, souligné par une série de points d'eau à caractères artésiens prononcés.

On note donc la présence de deux fractures orthogonales qui intéressent les terrains gothlandiens. Nous admettons qu'elles ont été provoquées par le relèvement antédinantien des panneaux de l'Est et du Nord. La couverture dinantienne, qui est discordante, ne semble pas faillée, mais seulement plissée le long du tracé exact de la fracture S-N. On pense à un rejeu posthume de la fracture antédinantienne dans des temps post-carbonifères, mais le mouvement, cette fois-ci, abaissa le panneau oriental. Le plissement des couches tournaisiennes est à rapprocher des structures anticlinales observées par A. F. de Lapparent (2) à Tan Hieddan et, plus

(1) R. Muller-Feuga, *Contribution à l'étude de la géologie, de la pétrographie et des ressources hydrauliques et minérales du Fezzan* (*Thèse*, Nancy, 1952).

(2) A. F. de Lapparent, *Ann. Soc. géol. Nord*, 69, 1949, p. 86 à 94.

particulièrement, dans l'Edjelé Tan In Azaoua. Les couches affectées y sont moins anciennes; elles ont livré une faune moscovienne.

En résumé, il faut retenir les trois points suivants :

1° Sur les confins algéro-fezzanais, l'enceinte tassilienne se présente sous la forme de deux panneaux faiblement inclinés; le plus septentrional vers le Nord, le plus oriental vers l'Est;

2° Ces deux panneaux sont séparés par une zone de fractures qui sont post-gothlandiennes et antédinantiennes;

3° Au Nord du Tihemboka, il y a lacune stratigraphique des grès gothlandiens à *Harlania* et du Dévonien;

4° La faune tournaisienne présente une identité frappante avec celle de Tournai. Ceci évoque des liaisons paléogéographiques, à cette époque, entre les mers épicontinentales du Fezzan et celles du Nord-Ouest de l'Europe.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Confirmation expérimentale d'un mécanisme d'inversion de l'aimantation thermorémanente.* Note de M. **Louis Néel**, présentée par M. Charles Maurain.

L'auteur avait prédit que, sous certaines conditions, des substances ferromagnétiques complexes pouvaient acquérir une aimantation permanente dirigée en sens inverse du champ. Nagata vient de découvrir au Japon des laves possédant cette propriété dont l'interprétation paraît bien celle de la théorie proposée. L'inversion de l'aimantation des laves n'est donc pas forcément due à une inversion du champ terrestre.

Nous avons montré théoriquement, au début de 1951 (1), qu'un échantillon ferromagnétique de composition convenable était susceptible d'acquérir, au cours du refroidissement à partir du point de Curie, une aimantation thermorémanente (en abrégé A. T. R.) dirigée en sens inverse du champ appliqué H (2). Il faut pour cela que l'échantillon soit composé de petits amas ferromagnétiques, répartis dans une matrice non magnétique et contenant chacun deux constituants ferromagnétiques à points de Curie assez différents. Dans les amas, chacun des constituants doit être dispersé en grains fins dont la forme extérieure doit s'écarter de la symétrie sphérique. De cette manière, le constituant B, à point de Curie le plus bas, s'aimante en sens inverse de H, sous l'influence du champ démagnétisant créé par l'autre constituant A : si cette aimantation est assez intense, l'aimantation résultante peut elle-même se diriger en sens inverse de H.

---

(1) *J. Phys. Rad.*, **12**, 1951, p. 11 S; *Ann. Géophys.*, **7**, 1951, p. 90.

(2) En ce qui concerne l'aimantation thermorémanente, *cf.* E. Thellier, *Ann. Inst. Phys. Globe*, **16**, 1938, p. 157 et aussi T. Nagata [réf. (5)].

Or, tout récemment, T. Nagata a découvert [3], dans les laves du Mont Haruna, au Japon, des échantillons qui prenaient au laboratoire une telle A. T. R. inverse. Les caractères du phénomène qu'il a observé cadrent bien avec les prédictions de la théorie. En ce qui concerne d'abord la composition, les échantillons contiennent effectivement deux phases ferromagnétiques A et B dont les points de Curie sont [4] au voisinage de 550° C et 350° C. D'autre part, Nagata a observé que, pour obtenir une A. T. R. inverse, il était nécessaire de faire agir le champ au cours du refroidissement entre 450° C et 250° C. Si le champ n'agit que jusqu'à 450° C, puis est supprimé, l'A. T. R. est normale. Cela s'explique aisément : l'intervalle de température au cours duquel H a agi n'est pas suffisant pour que le constituant prenne une A. T. R. assez grande pour créer un champ démagnétisant dépassant H en valeur absolue. Le constituant B s'aimante alors dans le sens de H. De même, si le champ, d'abord nul, n'est appliqué qu'à un moment où la température est descendue au-dessous de 250° C, seul alors le constituant B est susceptible d'acquérir une A. T. R. qui possède nécessairement le sens normal. Enfin, Nagata a observé que, pour obtenir une A. T. R. inverse, il fallait que le champ excitateur H ne dépasse pas 7 Oe environ. L'existence de cette limite résulte de la théorie précitée : on y montre en effet que pour obtenir une A. T. R. inverse, il faut que la susceptibilité thermorémanente de A (A. T. R. prise à la température ordinaire divisée par le champ excitateur) soit supérieure à une certaine valeur critique dépendant de la forme des grains ferromagnétiques et de leur concentration dans l'amas. En utilisant des données numériques relatives à des laves étudiées autrefois par Nagata [5], nous avons montré [1] qu'en mettant les choses au mieux cette susceptibilité ne pouvait guère dépasser deux fois la valeur critique. Or, il résulte du même travail [réf. [5], p. 90 et 91] que la susceptibilité thermorémanente des laves est divisée par deux ou trois quand le champ passe de 0 à 10 Oe : la valeur critique est ainsi franchie aux environs de 10 Oe, d'où disparition de l'A. T. R. inverse, conformément à l'expérience.

D'après ces résultats, il est possible que, tout au moins dans certains cas, les grands changements de direction du champ terrestre dans le passé, déduits de l'étude de l'aimantation permanente des laves et des roches, soient attribuables à des propriétés intrinsèques de ces substances et non pas à de réelles variations du champ terrestre. Si cette hypothèse est exacte et si le champ terrestre a conservé en gros sa direction actuelle, les « champs inverses » devraient correspondre à un changement de signe de l'inclinaison

---

(3) *Nature* (London), 169, 1952, p. 704.

(4) T. NAGATA, Communication personnelle.

(5) *Bull. Earthquake Res. Inst.*, 21, 1943, p. 1.

et à une variation de 180° de la déclinaison. Or, nous avons toujours été frappés, en dépouillant les données publiées, de trouver tant d'inclinaisons très voisines des valeurs actuelles, mais changées de signe. Un bel exemple de cette particularité ressort des mesures de J. Hospers ([6]) sur des échantillons de laves de l'Akureyri, en Islande, prélevés sur des coulées superposées sur plusieurs centaines de mètres d'épaisseur dans le canyon de Merkjárgil et datant de la fin du tertiaire à l'époque moderne. Ces laves indiquent des directions du champ terrestre qui sont en gros celle du champ actuel, à l'exception d'une série de couches intermédiaires, d'âge probable compris entre −30 000 et −5 000 ans, pour lesquelles il y a presque exactement inversion. On trouve en effet pour ces dernières couches S 1° W pour la déclinaison et −70° pour l'inclinaison, tandis que les couches situées au-dessous ou au-dessus donnent respectivement N 27° W ou N 15° E pour la déclinaison et + 72° ou 78° pour l'inclinaison. Les valeurs actuelles sont N 24° W et + 77°. A l'amplitude près des variations séculaires, il y a eu inversion. Cette inversion doit être liée à des modifications dans le temps de la structure physique ou chimique de ces laves.

Si l'on admet que le champ terrestre a subi de réelles et profondes modifications, ces inversions sont difficiles à interpréter : on s'attendrait plutôt à un changement graduel de direction qu'à une inversion. Ces inversions apportent donc un puissant argument en faveur de la stabilité moyenne du champ terrestre au voisinage de la direction actuelle, au cours des âges géologiques, en accord avec les résultats de l'étude magnétique des roches sédimentaires ([7]).

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur le mode d'action des épis utilisés pour la protection des côtes contre l'érosion marine*. Note de M. **André Rivière**, transmise par M. Pierre Pruvost.

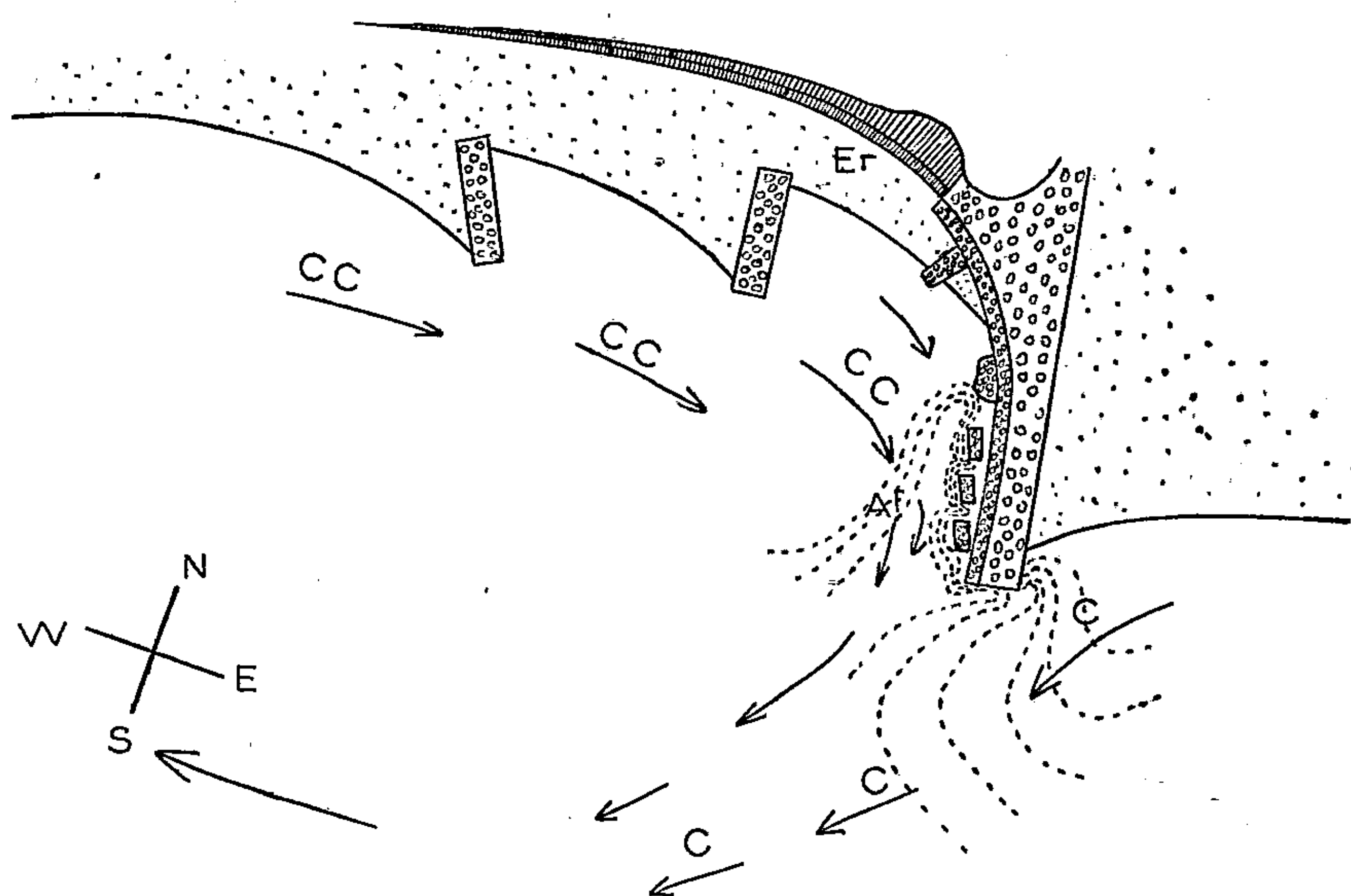
Des observations en nature montrent que l'absence de dépôts et les phénomènes d'érosion dans la zone aval de l'épi (pourtant relativement protégée de l'agitation des vagues) peuvent s'expliquer, au moins dans certain cas, par la présence d'un contre-courant peut-être dû pour une part à l'obliquité des lames réfractées au musoir de l'ouvrage. Conséquences pratiques.

L'action des épis perpendiculaires au rivage fréquemment utilisés pour la protection des côtes, est généralement caractérisée par un engraissement marqué de la zone opposée au sens des transits littoraux dominants (lesquels résultent généralement de l'action des courants de vagues) et par l'absence de dépôt du côté opposé (côté *sous le vent*). L'engraisse-

([6]) *Nature* (London), 168, 1951, p. 1111.

([7]) O. W. Torreson, T. Murphy et J. W. Graham, *J. Geophys. Res.*, 54, 1949, p. 111.

ment de la face *au vent* s'explique classiquement par un effet d'arrêt de la propagation des sédiments. L'absence de dépôts sur le côté opposé de l'épi ne semble guère avoir attiré l'attention bien que contraire au fait, très général, du remblaiement des zones partiellement abritées. L'évolution de la côte Nord du Golfe de Saint-Tropez, dans la zone protégée par les épis construits en 1951, à l'Ouest de Sabi Pass, permet de dégager le mécanisme du phénomène dans un cas particulier. Les observations ont été faites après plusieurs jours de tempête du Sud-Est (figure). Les épis



Côte Nord du Golfe de Saint-Tropez près de Subi-Pass, par mer basse (beau temps).

C, courant littoral par vent de S-E; cc, contre-courant; Af, zone d'affouillement; Er, talus d'érosion (par tempête).

principaux sont fortement remblayés sur leur face orientale, tandis que le côté Ouest, non seulement ne présente aucun apport, mais est même, pour certains d'entre eux, marqué par des affouillements accentués et par un recul de la côte particulièrement sensible au voisinage immédiat de l'enracinement des ouvrages. L'examen des fonds révèle que les sédiments entraînés par la dérive Est-Ouest ont débordé l'épi en direction Sud-Ouest-Sud-Sud-Ouest sous forme d'une large flèche aplatie, séparée du musoir par une zone d'affouillement étroite rejoignant celle du bord ouest de l'épi. De plus, les épis secondaires de dimensions réduites construits entre les épis principaux, sont remblayés sur leur face ouest, c'est-à-dire à contre-sens des épis principaux. Ces observations entraînent les conclusions suivantes :

1° La déformation des isobathes consécutive au remblayage des faces

Est des épis principaux tend à écarter du rivage le courant littoral résultant de l'obliquité des vagues ainsi que les sédiments qu'il entraîne, favorisant leur dispersion et privant la région sous le vent d'une part importante des apports qu'elle devrait normalement recevoir.

2° L'existence de ce courant paraît induire, à l'Ouest de l'épi, un contre-courant (peut-être accru de celui qui peut résulter de l'obliquité des vagues réfractées au musoir de l'ouvrage) dont la réalité et le sens sont prouvés par les affouillements au pied du flanc Ouest de l'épi et plus encore par le remblayage des épis secondaires à contre-sens des épis principaux. En retenant le sable entraîné par le contre-courant, les épis secondaires semblent d'ailleurs favoriser les affouillements au pied de l'ouvrage principal et l'attaque de la côte à son enracinement.

Les phénomènes ne sont pas toujours aussi schématiques, mais l'existence de contre-courants de tracé variable avec le plan d'implantation des ouvrages est probablement générale. Elle donne une explication cohérente de l'action parfois néfaste des épis de protection lorsque l'alimentation sédimentaire de la côte est faible ou lorsque des phénomènes d'affouillement naturels (résultant, par exemple, de tempêtes exceptionnelles) ou artificiels (dragages) ont abaissé les fonds au-dessous des profils d'équilibre correspondant aux conditions océanographiques moyennes (ce qui est le cas sur la côte Nord du Golfe de Saint-Tropez). En pareil cas, les épis hollandais surbaissés ou les épis perméables à massif frontal que l'on pourrait appeler « épis Jullien » du nom de l'ingénieur qui les a réalisés à Faraman et dont j'ai précédemment étudié l'action en collaboration avec d'autres auteurs (¹) auraient des chances d'être plus efficaces, non seulement parce qu'ils limitent la dispersion (¹), mais aussi parce qu'ils ne permettent pas l'établissement de contre-courants défavorables.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur quelques Vertébrés fossiles de la cuvette congolaise.* Note de M. **Pierre de Saint-Seine**, présentée par M. Charles Jacob.

Dans le Congo Belge central, les argilites bitumineuses, qui couvrent de vastes espaces dans la région de Stanleyville-Ponthierville, font partie de l'étage inférieur, dit de Stanleyville, de la Série du Lualaba (¹), (²). Caractérisé jusqu'à ce jour par de rares poissons de détermination dou-

---

(¹) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 319.

(¹) G. Passau, *Ann. soc. géol. Belgique Publ. Congo belge*, 1923, p. c 91-c 243.

(²) L. Cahen, A. Jamotte, J. Lepersonne et G. Mortelmans, *Bull. serv. géol. du Congo belge et du Ruanda Urundi*, n° 2, 1946, fasc. II, p. 237-289; L. Cahen, *Bull. Soc. belge de géol.*, 57, 1948, p. 321-329.

teuse ([3]) et des Entomostracés ([4]), cet étage était considéré comme Triasique supérieur ou Rhétien par M. Leriche, tandis que Haughton ([5]), Veatch ([6]), Cahen, Jamotte, Lepersonne et Mortelmans ([2]), en font l'équivalent de la fin du Beaufort moyen et du début du Beaufort supérieur d'Afrique du Sud (fin du Trias inférieur et Trias moyen). Dans une première Note ([7]), fondée d'une part sur les quelques spécimens déjà étudiés par Leriche et, de l'autre, sur de rares échantillons nouveaux récoltés jusqu'en 1949, j'avais émis des doutes sur l'âge triasique moyen de l'étage de Stanleyville et suggéré la possibilité d'un âge plus récent.

Depuis cette date, une Mission du Musée du Congo belge de Tervuren m'a permis de prospecter quatre gisements de Vertébrés fossiles échelonnés le long du cours du Lualaba (Congo) entre Stanleyville et Ponthierville. Les trois premiers se situent dans les argilites bitumineuses de l'étage de Stanleyville, tandis que le dernier est constitué par un calcaire en plaquettes d'âge probablement plus récent.

Le premier gisement, situé sur la berge de la Mékombi, affluent de la rive gauche du Lualaba, à 840 m en amont du confluent du premier et du second, et à 50 km en amont de Stanleyville, a livré la faune suivante : *cinq ou six genres nouveaux de poissons Holostéens, un genre nouveau de poisson Halécostome, un crâne de Tétrapode.* A l'exception d'un seul genre, tous les Holostéens présentent la particularité d'avoir un squelette axial à un stade d'évolution très avancé qui en ferait, à en juger par ce seul caractère, de véritables Halécostomes. L'absence complète des Paléoniscoïdés (qui dominent jusqu'au Permien) et des Subholostéens (qui dominent jusqu'au Trias supérieur) d'une part, la dominance d'Holostéens passablement évolués et la présence d'un Halécostome (dont le plus ancien représentant certain est *toarcien*), d'autre part, semblent permettre de conclure à *un âge liasique, peut-être supérieur.* Cette conclusion paraît, en outre, étayée par les faits suivants :

1° Il s'agit vraisemblablement d'une faune d'eau douce. Or, on sait que les faunes de ce biotope présentent habituellement, et particulièrement au Trias (cf. *Newark*), un « cachet » archaïque et « démodé » par rapport aux faunes marines contemporaines. Considérée par contre, suivant, les idées actuelles comme triasique, cette faune offrirait un aspect sensiblement plus évolué que toutes les faunes marines contemporaines, ce qui paraît peu probable.

([3]) M. Leriche, *Rev. zool. afric.*, 1, 1911, p. 190-197; *Ibid.*, 8, 1920, p. 69-77.

([4]) R. Marlière, *Ann. Mus. Congo belge*, sér. in-8°, Sciences géol., 2, 1948, p. 60; *Ibid.*, 6, 1950, p. 43.

([5]) *South Afric. Mus. Ann.*, 12, pt. 8, 1924, p. 464.

([6]) *Mem. géog. Soc. America*, n° 3, 1935, p. 184.

([7]) *Ann. Mus. Congo belge*, sér. in-8, Sciences géol., 5, 1950, p. 7-52.

2° Plusieurs gisements, notamment celui de Saint-Gabriel près de Stanleyville, considérés comme appartenant au même étage de Stanleyville, ont livré des fragments d'un grand *Lepidotes* nullement archaïque, et l'extension géologique connue de ce genre est Rhétien-Crétacé inférieur.

3° Le gisement d'eau douce de Bekker's Kraal dans le Beaufort supérieur du Karroo de l'État d'Orange a fourni, d'après Brough ([8]), les Actinoptérygiens suivants : *Paléoniscoïdés, deux genres*; *Subholostéens, cinq genres*; *Holostéens O*; *Halécostomes O.* Le « cachet » de la faune est donc beaucoup plus primitif que celui de l'étage de Stanleyville qui était considéré comme contemporain.

4° Le gisement d'eau douce de Lutôe, dans le Karroo de l'Angola portugais, dont la belle faune n'a encore fait l'objet d'aucune monographie complète, possède au moins un Paléoniscoïdé et un Subholostéen, tandis qu'aucun genre, jusqu'à présent décrit, n'est commun avec l'étage de Stanleyville.

Il faut cependant attendre le dépouillement de la faune, plus abondante encore, des deux autres gisements situés dans les mêmes argilites, pour énoncer une opinion ferme touchant l'âge des couches dites de Stanleyville.

PALÉONTOLOGIE. — *Présence d'un rostre eugereonien chez le paloédictyoptère* Stenodictya lobata *Brongniart. Affinités des protohémiptères.* Note de M. **Daniel Laurentiaux**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Les Paléodictyoptères figurent un complexe de Paléoptères permo-carbonifères considéré comme le plus généralement archaïque des ptérygotes.

On les a fréquemment comparés au « protentomum » hypothétique, et Handlirsch (1908) les tenait même pour des « Ur-Insekten » dérivés directement des trilobites. La plupart de leurs caractères nervuraires et morphologiques sont très archaïques, et leur confèrent un habitus très primitif [persistance d'ailerons prothoraciques, souvenir d'un stade alaire inarticulé initial, expansions paranotales abdominales, homonomie alaire, paléoptérie, nervation complète illustrant la loi d'alternance de Lameere (1922), etc.]. Il était donc logique de leur supposer une morphologie buccale primitive, broyeuse, en accord avec l'archaïsme des autres caractères. Ce pas a été franchi, bien qu'une telle organisation buccale n'ait pu être observée sur les empreintes fossiles.

L'examen d'un spécimen inédit de *Stenodictya lobata* Brongniart 1890 (*Stenodictyidæ* Brongniart 1893), du Stéphanien supérieur de Commentry

([8]) *Proc. Zool. Soc. London,* 1931, p. 235-296.

(Allier), forme qui est classiquement tenue pour type des Paléodictyoptères, vient de révéler la présence inattendue d'un rostre suceur labial qui détermine une condition nutricielle de suceur de sève.

La nervation de ce remarquable échantillon est très comparable à celle des type et cotype de l'espèce ([1]), et on y note l'existence de l'aileron prothoracique. La tête arrondie (5 mm), pourvue latéralement de deux proéminences paraissant correspondre à des yeux globuleux saillants, se prolonge par un complexe rostral robuste (9 mm) tronqué probablement aux 2/3 sur l'empreinte). La région centrale de ce rostre permet d'y reconnaître la juxtaposition de quatre longues pièces insegmentées, chitineuses, assimilables aux stylets mandibulaires et maxillaires. De chaque côté de ces éléments centraux s'observe une pièce articulée (incomplète) correspondant aux palpes labiaux droit et gauche.

Un tel rostre répond à un type suceur-labial à palpes labiaux indépendants, analogue à celui précédemment décrit chez *Eugereon böckingi* Dohrn 1866, du Permien inférieur de Birkenfeld ([2]). L'allongement céphalique et la gracilité du rostre de *E. böckingi* Dohrn peuvent être déduits orthogénétiquement de la morphologie céphalo-rostrale de *S. lobata* Brongniart. Handlirsch voyait en *Eugereon* une forme isolée (ordre *Protohemiptera* Handlirsch 1908) des Paléodictyoptères et spécialisée par l'acquisition d'un rostre ([3]).

Il a déjà été démontré que les Protohémiptères étaient sans rapports phylétiques avec les Hémiptères, et que certaines des analogies rostrales étaient des faits de convergence.

Un réexamen de la nervation de *Eugereon* semble devoir conduire à un étroit rapprochement avec *Dictyoptilus* Brongniart du Stéphanien supérieur de Commentry (genre connu par les seules ailes mésothoraciques) : pc, accolement sans vraie fusion R+M, CuA approchant M jusqu'au contact en un point, CuP bifide, AI long avec six nervules au bord interne, nervation transversale de mêmes type et densité. La famille des *Dictyoptilidæ* peut être, d'après sa nervation, déduite phylétiquement des *Sténodictyidæ.*

Les affinités nervuraires de *Eugereon* et de *Dictyoptilus*, et l'existence d'un rostre eugéréonien chez *Stenodictya lobata* ne permettent pas de considérer *Eugereon* comme une forme isolée, ni son rostre comme une acquisition nouvelle. Le bec eugéréonien apparaît une disposition typique du complexe paléodictyoptéroïde déjà présent dans la série axiale Litho-

---

([1]) Ch. Brongniart, *Insectes Fossiles des Temps primaires. Thèse*, Saint-Etienne, 1893, pl. XXXVIII, *fig.* 1 et 2.

([2]) A. Dohrn, *Palæontographica*, 13, 1866, p. 333, pl. XLI.

([3]) A. Handlirsch, *Die Fossilen Insekten*, Leipzig, 1908, p. 387.

mantide-Sténodictyide, et héritée par leurs descendants dictyoptiloïdes parmi lesquels se range *Eugereon*.

Il paraît extrêmement suggestif de remarquer que chaque fois qu'une région céphalique de Paléodictyoptère s'est conservée *in fossile*, on y note la présence d'un rostre suceur, dans des séries nervuraires diverses (*Lycocercus* Brongniart, *Mecynostoma* Brongniart, *Lithomantis* Woodward, *Eugereon* Dohrn, *Stenodictya* Brongniart, etc.). ce qui incline à conclure à la grande généralité de cette structure dans le complexe paléodictyoptéroïde. La présence d'un rostre chez *Lithomantis carbonarius* (Woodward) du Westphalien inférieur d'Écosse, contestée par Bolton ([4]) qui n'y voulait voir qu'un procès prothoracique, souligne l'antiquité de cette disposition.

La découverte de cette singulière spécialisation chez les Paléodictyoptères les plus typiques éclaire d'un jour nouveau la signification phylétique de ces formes, et modifie de façon déconcertante les actuelles hypothèses. Ainsi, le double jeu d'affinités nervuraires, d'une part, avec les *Stenodictyidæ*, de l'autre avec *Eugereon*, conduit à admettre chez les *Dictyoptilidæ* un rostre de même type, spécialisation qui les écarte naturellement de la souche des Odonatoptères, de laquelle on les rapproche fréquemment ([5]).

Malgré la primitivité de nombre de leurs caractères, les Paléodictyoptères ne figurent pas un groupe archétypique de Ptérygotes, mais une lignée dérivant de l'archétype, phylétiquement divergente des autres Insectes ailés, spécialisée par un rostre suceur de type labial, éteinte au Permien sans descendance.

On peut se demander si cette spécialisation morphologique des Paléodictyoptères ne se doublait pas chez la plupart d'entre eux, d'une spécialisation physiologique, association avec des espèces végétales définies. En ce cas, le bouleversement floristique de la fin du Carbonifère aurait pu accélérer, par la raréfaction ou la disparition de nombre de ces espèces végétales *nécessaires*, le déclin corrélatif de ces Paléoptères.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la croissance du squelette des* Clypeaster *fossiles.* Note de Mlle **Marga Elsbieta Zoeke**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Augmentation du nombre des plaques au cours de la croissance. Mise en évidence de lignes de croissance sur les plaques. Développement ontogénique des piliers.

Une précédente étude ([1]) a démontré que, non seulement la forme

([4]) *Palæontographical Society*, 73, 1921, p. 42, pl. II, *fig.* 4.
([5]) F. M. Carpenter, *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 54, 1943, p. 551.

([1]) *Bull. Mus. nation. Hist. nat.*, 23, n° 6, 1951; *Bull. Soc. géol. Fr.*, 2, n° 1, 1952 (sous presse).

générale, mais aussi celle des plaques individuelles des Oursins fossiles d'un même genre subissent des modifications suivant les conditions du milieu géographique. Les recherches résumées ici constatent les changements de forme des plaques chez des individus d'une même espèce, de tailles croissantes, provenant de gisements très voisins d'une même région. Le matériel examiné consiste en quelques 3 000 exemplaires, récoltés par M. Dubertret, dans l'Helvétien de la région d'Antioche. Parmi eux une soixantaine d'individus permet, grâce à l'érosion, de suivre les limites des plaques et d'observer des lignes de croissance. Ils appartiennent aux espèces suivantes :

Clypeaster altus Klein s. l;

Clypeaster pentadactylus Péron et Gauthier;

Clypeaster campanulatus Schlotheim.

Clypeaster altus Klein m'a fourni 20 individus se rangeant en une série continue dont la taille croît de 5 à 18 cm.

L'examen de ces Oursins indique :

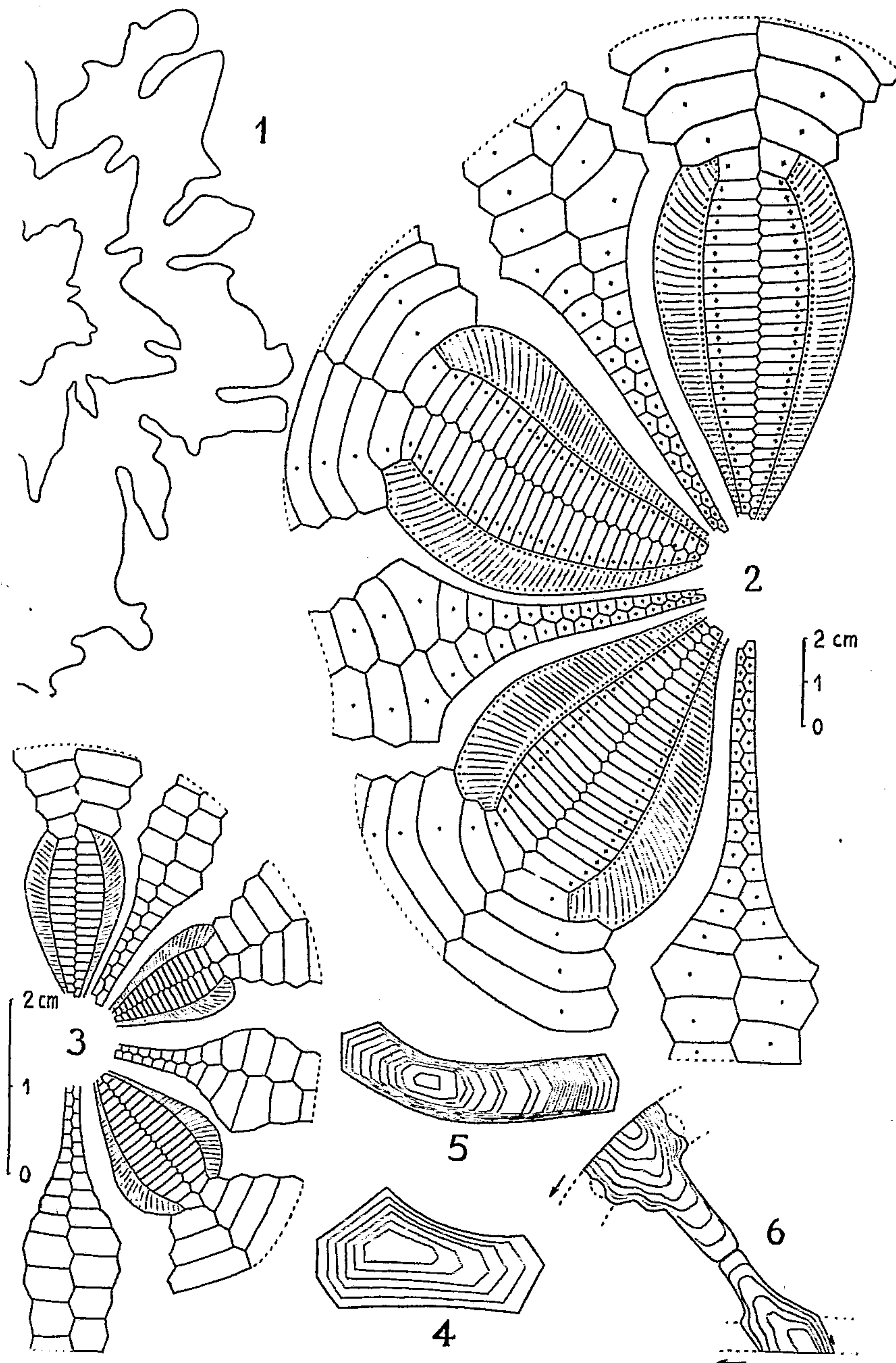
1° Le jeune de 5 cm de diamètre a moins de plaques que l'adulte, la différence étant de neuf plaques pour l'ambulacre et quatre plaques pour l'interambulacre (*fig.* 2 et 3).

2° Des plaques ayant perdu leurs tubercules par érosion montrent les lignes de croissance (par utilisation d'un abrasif ce fait a été vérifié aussi chez *Cl. rosaceus* L. actuel). Chez un exemplaire jeune de 5 cm on compte trois lignes et chez l'adulte environ 26 lignes qui, vraisemblablement, correspondent à un nombre égal de phases de reproduction. Ces lignes de croissance visibles autour d'un centre ou nucléus sont inégalement espacées. On constate qu'au cours du développement la croissance dans la direction horizontale a été relativement plus considérable que dans la direction verticale. En outre, dans la première direction, la croissance relative dans le sens proximal a été plus intense que dans le sens distal. En épaisseur la croissance se fait inégalement, elle atteint son maximum généralement au-dessous du centre de croissance et, au contraire, est minimum vers la suture avec la plaque symétrique (*fig.* 4 et 5).

3° Les nucléus se comportent comme ayant une position déterminée et fixe pour chaque plaque (voir *fig.* 3, où le nucléus est représenté par une croix). Il semble ainsi que chez un adulte les positions des nucléus et la forme de ceux-ci reproduisent les caractères du très jeune. Cela pourra être prouvé à l'aide d'individus fossiles de diamètre allant de 1 à 5 cm, qui me manquent, ou avec des actuels de même taille relative.

4° Parmi les structures internes, le développement des piliers commence chez le jeune par l'apparition dans chaque interambulacre d'une paire de piliers situés assez bas. Par la suite, d'autres plaques interambulacraires donneront des piliers et leur nombre augmentant avec l'âge on en trouvera

jusqu'à la moitié de la hauteur. Dans la zone ambulacraire, les piliers apparaissent plus tard, prennent un développement moins important et n'atteindront que le tiers de la hauteur totale. Sur la figure 1, sont représentées trois sections parallèles à la base, passant par l'extrémité des pétales et correspondant à trois individus de tailles croissantes. Elle montre clai-



rement la complication progressive du dessin donné par les piliers. Les piliers s'implantent directement sur la plaque, ou bien celle-ci donne une série de minuscules pointes dont les sommets se soudent en une doublure parallèle aux plaques et sur laquelle naissent les piliers. Les lignes de croissance, observables en section chez les piliers, montrent que leur développement se fait de façon inéquilatérale (*fig.* 6).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la modification des taux de saccharose et d'inuline sous l'influence de l'hydrazide maléique dans les tissus de Topinambour cultivés* in vitro. Note (*) de MM. **Chryssanthos Phouphas** et **André Goris**, présentée par M. René Souèges.

A concentration convenable, l'hydrazide maléique provoque une augmentation du taux du saccharose et parallèlement une diminution de la teneur en inuline. On peut supposer que cette substance modifie le mécanisme enzymatique de mise en réserve des glucides.

Il semble résulter des travaux de A. W. Naylor [1] sur le Maïs et de ceux de Wittwer et Hansen sur la Betterave [2], que l'hydrazide maléique provoque l'accumulation et la conservation du saccharose dans les végétaux. Nous avons pensé que la méthode des cultures des tissus végétaux permettrait d'analyser ce phénomène avec précision. Dans la série d'essais que nous avons entrepris en vue de cette étude nous nous sommes d'abord adressés au tissu de Topinambour. Des prismes découpés aseptiquement dans des tubercules de la race dite « Blanc commun » (n° 1 de la collection de Vilmorin) furent placés sur divers milieux. L'un, destiné à réaliser les cultures témoins, était constitué par une solution de Knop diluée de moitié, additionnée de gélose (1,3 %) de glucose (5 %), de chlorhydrate de cystéine (10^{-5}), d'aneurine (10^{-6}) et d'acide indole-acétique (10^{-7}). Les autres de composition identique étaient en outre additionnés d'hydrazide maléique aux doses de 10^{-8}, 10^{-7}, 10^{-6} et 10^{-5}. Les cultures furent laissées à l'obscurité à une température de 20° pendant 45 jours, temps après lequel fut prélevé dans chaque fragment un lambeau de tissu pour la détermination du poids sec, le reste étant stabilisé par l'alcool à 90° bouillant et traité pour l'analyse des sucres.

Les résultats exprimés par rapport à 100 g de tissu sec sont rassemblés dans le tableau I et dans le graphique ci-joint.

(*) Séance du 5 mai 1952.

(1) *Arch. Biochem. Biophys.*, **33** (2), 1951, p. 340.

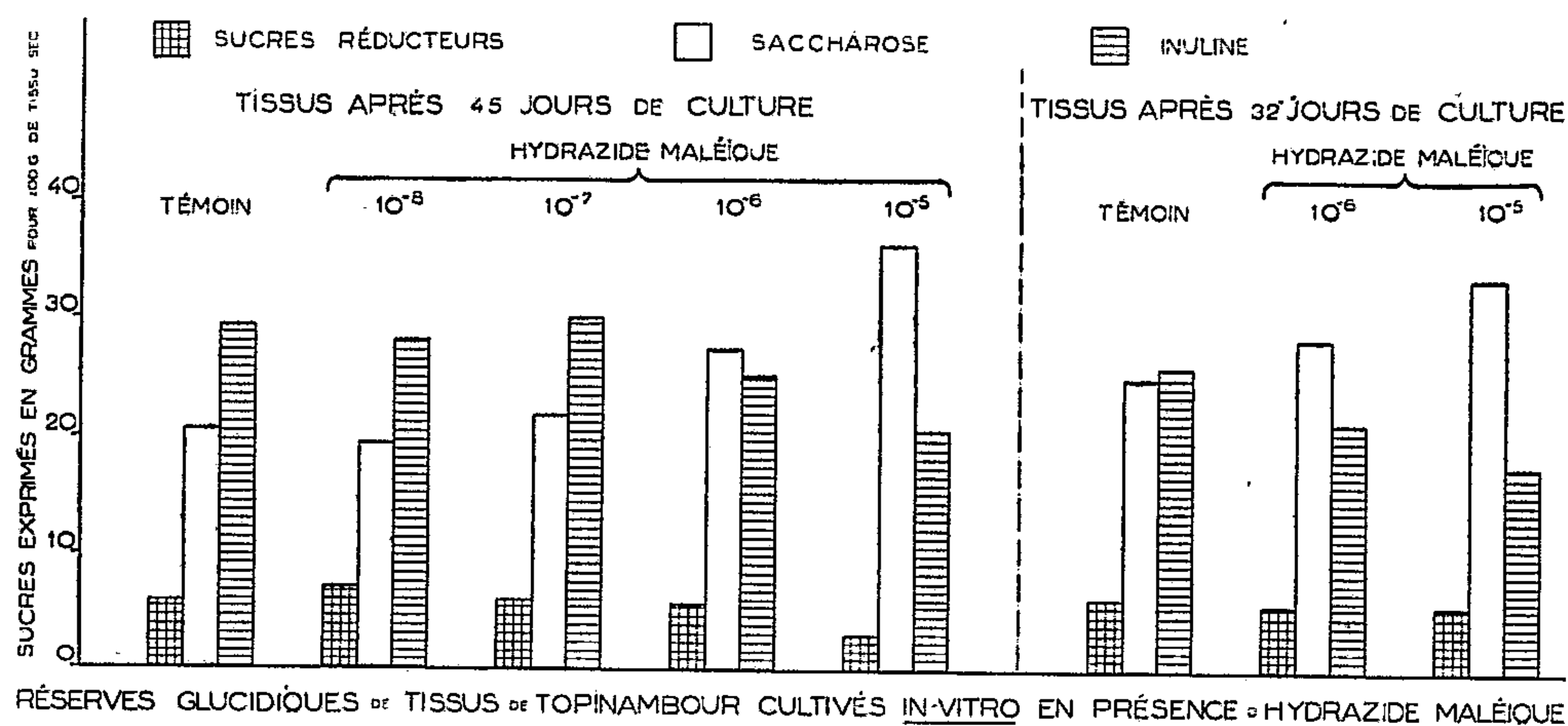
(2) *Agron. J.*, **43** (7), 1951, p. 340.

TABLEAU I.

Composition glucidique de tissus de Topinambour « Blanc commun » au bout de 45 jours de culture (valeurs exprimées par rapport à 100 g de tissu sec).

Milieux.	Sucres réducteurs (g).	Saccharose (g).	Inuline (g).	Sucres totaux (g).
Témoin (sans hydrazide)......	5,85	20,5	29,3	55,65
Hydrazide maléique 10^{-8}......	7,1	19,35	28,05	54,5
» » 10^{-7}......	6,05	21,65	29,95	57,65
» » 10^{-6}......	5,6	27,3	25,15	58,05
» » 10^{-5}......	2,95	36,1	20,4	59,45

Leur examen montre que l'hydrazide maléique aux doses de 10^{-8} et 10^{-7} n'exerce aucune influence sur la composition glucidique des tissus de Topinambour. Aux taux plus élevés de 10^{-6} et 10^{-5}, on constate une accumulation du saccharose et une baisse de l'inuline, en fonction de la concentration en hydrazide.



RÉSERVES GLUCIDIQUES DE TISSUS DE TOPINAMBOUR CULTIVÉS IN-VITRO EN PRÉSENCE D'HYDRAZIDE MALÉIQUE

Ces derniers résultats ont été confirmés sur une autre race de Topinambour, une variété grise commune, que nous avons cultivée dans les mêmes conditions que précédemment sur des milieux contenant 10^{-6} et 10^{-5} d'hydrazide maléique et sur un milieu témoin dépourvu de cette substance.

TABLEAU II.

Composition glucidique de tissus de Topinambour de race grise commune au bout de 32 jours de culture (valeurs exprimées par rapport à 100 g de tissu sec).

Milieux.	Sucres réducteurs (g).	Saccharose (g).	Inuline (g).	Sucres totaux (g).
Témoin (sans hydrazide)......	6,2	24,85	25,8	56,85
Hydrazide maléique 10^{-6}......	5,6	28,25	21,1	54,95
» » 10^{-5}......	5,5	33,35	17,45	56,3

L'expérience a duré 32 jours; ses résultats sont consignés dans le graphique et le tableau II ci-avant.

Conclusion. — L'hydrazide maléique aux concentrations de 10^{-6} et 10^{-5} provoque dans les tissus de Topinambour cultivés *in vitro* une augmentation du taux de saccharose et parallèlement une diminution de la teneur en inuline, la totalité des glucides restant cependant sensiblement constante. Cette action peut être expliquée en admettant soit une activation du processus naturel de dégradation de l'inuline qui conduit d'abord, comme l'ont montré les travaux de H. Colin, au saccharose, soit au contraire une inhibition du mécanisme enzymatique de transformation du saccharose en inuline. Des recherches sont en cours pour essayer de vérifier l'une ou l'autre de ces hypothèses.

BIOCHIMIE VÉGÉTALE. — *Évolution des différentes formes de phosphore au cours de la germination des graines*. Note de MM. **Robert Bonnet** et **René Weiss**, présentée par M. Roger Heim.

Nous avons déterminé dans les graines de plusieurs Céréales le taux de quatre formes de phosphore : le P minéral orthophosphorique, le P organique acido-soluble, le P lipidique, le P nucléique total. Le fractionnement des différentes formes de P a été réalisé par la technique de Schneider (¹); nous avons dosé le P à l'aide de la microméthode colorimétrique de Machebœuf (²).

Dans la suite, les mêmes graines ont été étudiées à divers stades de développement, la germination étant opérée à température constante dans l'étuve obscure, sur coton et eau distillée. En outre, nous avons dosé séparément les fractions phosphorées dans les albumens et les embryons au cours du développement.

Nous exposons les résultats obtenus avec les graines de Blé (hiver Vilmorin) et de Riz (Bentoubala Soudan). Les chiffres expriment les taux de P en pour cent de P total.

Blé.

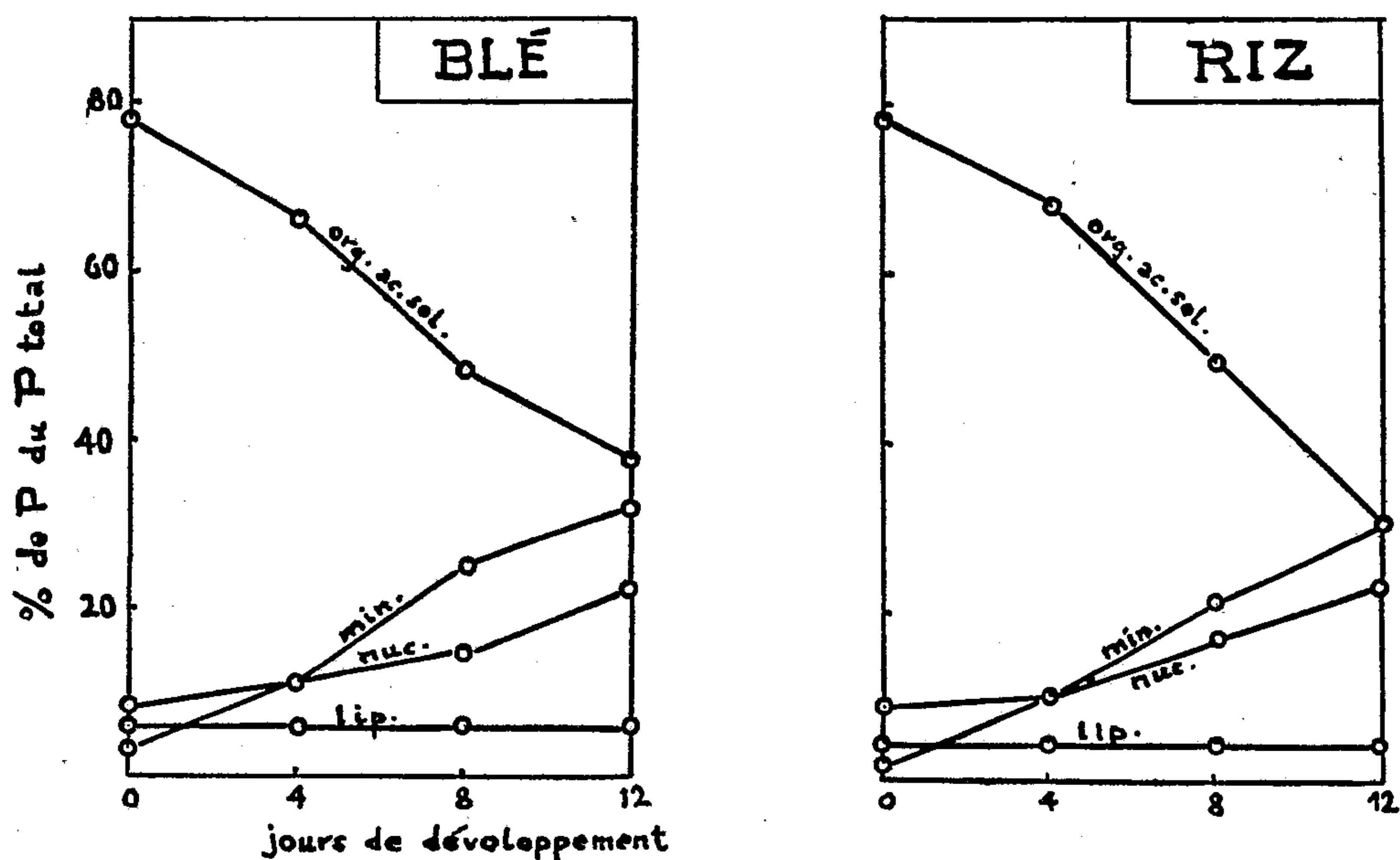
	P minéral.	P organique acido-soluble.	P lipidique.	P nucléique.
Graines initiales	3,7	79,0	5,9	8,5
4 jours	12,1	67,0	5,8	12,1
8 »	25,6	49,1	5,6	16,4
12 »	29,3	38,6	6,1	21,2
Id. { Albumens	8,1	28,8	2,2	5,2
Id. { Embryons	21,7	9,4	4,1	16,6

(¹) *J. Biol. Chem.*, 161, 1945, p. 293.
(²) M. Machebœuf et J. Delsal, *Bull. S. C. B.*, 25, 1943, p. 116.

Riz.

	P minéral.	P organique acido-soluble.	P lipidique.	P nucléique.
Graines initiales.........	2,4	77,8	4,6	9,2
4 jours................	10,4	68,6	4,4	11,6
8 »	20,7	50,9	4,5	18,2
12 »	30,1	33,8	4,9	23,3
Id. { Albumens..........	10,0	29,6	1,6	7,8
Id. { Embryons..........	21,4	4,6	3,5	14,3

Les diagrammes ci-contre illustrent les variations observées.



Nous pouvons dégager les conclusions suivantes :

Le P minéral, résultant de l'hydrolyse de tous les composés phosphorés complexes, apparaît comme la forme de transport des principes phosphorés.

La liquidation rapide de la fraction organique acido-soluble, dont le constituant essentiel est la phytine, confirme cette substance dans son rôle de composé de réserve phosphorée très concentrée.

La quasi-constance du P lipidique dans l'ensemble de la plantule au cours de développement semble suggérer que les phosphatides représentent un facteur intégrant des constituants cellulaires sans caractère de substance de réserve.

L'abondance des fractions lipidique et nucléique dans les tissus embryonnaires devient plausible par le rapport nucléo-plasmatique élevé, ainsi que l'absence des vacuoles.

De plus, l'accroissement prononcé du P nucléique est en accord avec le rôle attribué à cette fraction phosphorée dans la synthèse des nucléoprotéides.

PHYSIOLOGIE. — *Étude du foie gras au cholestérol chez le Rat blanc, au niveau des structures cellulaires.* Note (*) de M. **Guy Clément**, Mlles **Jacqueline Clément** et **Éliane Le Breton**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

La surcharge en graisses dans le foie gras au cholesterol est entièrement à l'état de lipides libres, non liés aux différentes structures cellulaires. Dans ce type d'infiltration non accompagné de mitoses on constate que l'accroissement en protéines de l'organe porte sur la fraction microsomes.

Aux fins de connaître les modifications du chimisme cellulaire caractéristique des types de foies gras conduisant à la cirrhose et à l'hépatome. nous avons dans une publication antérieure ([1]) exposé la répartition des lipides dans la cellule hépatique du Rat normal et établi la composition de ces lipides au niveau de chaque structure cellulaire isolée à l'état pur. Dans ce travail, nous donnerons les principaux résultats concernant le foie gras au cholestérol, obtenu chez le Rat par l'ingestion d'un régime contenant 3 à 5 % de cholestérol, mais normal par ailleurs. Le foie gras s'établit très vite mais l'on observe jamais, même après deux ans de ce régime, additionné ou non de jaune de beurre (paradiméthylaminoazobenzène), la présence soit de cirrhose, soit d'hépatome ([2]). Chaque série d'expériences porte sur quatre foies, les résultats sont la moyenne de quatre séries, Rats mâles, souche Wistar, soumis au régime un an et au jeûne 24 h avant le sacrifice. Nous considérerons d'abord le tissu global, puis les diverses structures cellulaires.

1. Foie total. — Il pèse en moyenne 15 g, au lieu de 10 g chez les témoins au régime sans cholestérol; les protéines ont augmenté d'environ 15 %. Par gramme frais, les lipides totaux passent de 70 dans le foie normal à 250 mg, ils sont multipliés par 3,5; les graisses neutres et l'insaponifiable X par 3, les esters du cholestérol par 170 environ (120 mg au lieu de 0,7). Par contre, les phosphatides totaux accusent une chute de 25%, mais la teneur en protéines par gramme frais ayant baissé dans les mêmes proportions, le rapport phosphatides totaux × 100/protéines totales reste normal et égal à 15,5.

(*) Séance du 5 mai 1952.

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2261.

([2]) Dans un Mémoire détaillé publié en collaboration avec le Docteur Vermes, nous donnerons les examens anatomopathologiques des foies.

Le degré de désaturation des diverses catégories d'acides gras exprimé par l'indice d'iode est toujours plus faible que dans le foie normal.

2. ANALYSE AU NIVEAU CELLULAIRE. — Pratiquée à l'aide de la méthode de J. Chauveau et G. Clément (3), cette analyse met en évidence des faits intéressants que l'examen du tissu total ne peut atteindre.

1° *Lipides libres.* — Les lipides non liés aux protéines ou nucléoprotéines font ici *les 3/4 des lipides totaux* au lieu du 1/5. Leurs acides gras appartiennent pour 54 % aux glycérides, 43 % aux esters du cholestérol et 3 % aux phosphatides. Ce faible pourcentage représente 15 % des phosphatides totaux si bien que le rapport phosphatides liés × 100/protéines totales est seulement de 13,2 au lieu de 15 dans le foie normal. Histologiquement, cette phase « lipides libres » se présente sous forme de gouttelettes plus ou moins fusionnées au sein des cellules parenchymateuses (2).

2° *Lipides des structures et du cytoplasme homogène.*

A. *Répartition des lipides liés.* — En raison de l'importance des lipides libres dans ce type de foie gras nous établirons le pourcentage de chaque type de lipides « liés » qui se trouve localisé au niveau de chaque structure cellulaire, en prenant pour terme de comparaison les données homologues du foie normal. Dans l'ensemble, la répartition est analogue à celle constatée pour le foie normal; cependant le pourcentage des phosphatides appartenant aux microsomes a augmenté aux dépens de celui revenant au cytoplasme; si la majorité des glycérides est toujours dans la phase cytoplasmique dispersée, la proportion trouvée dans les microsomes est augmentée, celle des mitochondries l'est aussi mais à un degré moindre. Notons encore l'augmentation de la part de l'insaponifiable X qui se trouve dans les noyaux, cependant que la proportion de cholestérol de cette structure a diminué.

B. *Concentration des lipides sur les structures.* — Si maintenant on examine la concentration des divers lipides sur chaque structure par rapport à l'azote total, on constate une chute de la teneur en phosphatides dans le cytoplasme, les microsomes et les mitochondries, importante surtout dans le cas du cytoplasme. La concentration en glycérides a partout légèrement augmenté, sauf dans cette dernière phase. Quant au cholestérol et à l'insaponifiable X nous ne retiendrons ici que l'enrichissement du noyau en ces substances par rapport à l'azote total de cette structure.

L'examen du rapport A. G. phosphatidique/A. G. totaux montre une chute très nette de ce rapport pour toutes les structures sauf pour les noyaux, chute surtout importante dans le cas du cytoplasme homogène.

---

(3) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2144.

C. *Degré de désaturation des A. G. des diverses structures.* — Qu'il s'agisse de l'indice d'iode des A. G. phosphatidiques ou de celui des A. G. de la somme glycérides + esters du cholestérol, cet indice croît du cytoplasme aux microsomes et de ceux-ci aux mitochondries; dans le foie normal, le phénomène était de sens inverse pour les acides gras phosphatidiques. Les valeurs absolues des indices d'iode sont en général plus faibles que dans le foie normal. Pour la phase « lipides libres » l'indice d'iode des phosphatides a subi une grosse chute, de 115 à 84, par contre l'indice d'iode de la fraction acétonosoluble est légèrement augmenté.

D. *Remarque concernant la répartition de l'azote.* — L'augmentation de l'azote total de l'organe est de 15 % environ par rapport à un foie normal. Cette augmentation concerne principalement les microsomes dont l'azote représente ici 27 % du total au lieu de 20 %; par contre, le pourcentage de l'azote revenant au noyau est nettement diminué. Ces constatations sont évidemment d'un haut intérêt étant donné l'absence de mitoses signalée plus haut dans ce type de foie gras.

PHYSIOLOGIE. — *Sur une syncinésie-sursaut déclenchée par le bruit.*

Note de MM. **Théophile Alajouanine** et **Jean Scherrer**, présentée par M. Léon Binet.

A l'occasion d'une observation privilégiée, étudiée à l'aide d'une technique électromyographique, un type spécial de syncinésie pathologique est individualisé : la syncinésie au bruit. Il s'agit là, selon toute vraisemblance, d'une forme anormale de sursaut.

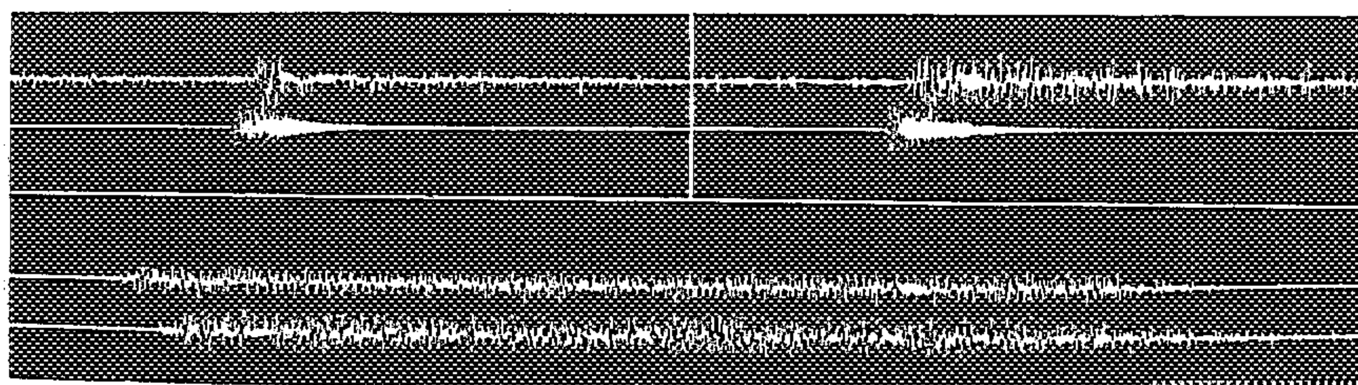
L'existence de syncinésies pathologiques dans diverses affections du système nerveux, atteignant avant tout les voies pyramidales est un fait bien connu depuis les recherches classiques de P. Marie et Ch. Foix (1). Nous en avons donné nous-mêmes une analyse clinique détaillée dans un Mémoire publié en 1936 (2). Nous rappelions, dans ce Mémoire, la définition des syncinésies due à Vulpian : « mouvements qui s'effectuent dans une partie du corps, de façon involontaire, au moment où ont lieu des mouvements volontaires ou réflexes dans une autre partie du corps ». Cette définition est peut-être quelque peu restrictive et il y aurait intérêt à remplacer la notion de mouvement par celle de contraction musculaire.

Une observation récente nous conduit à élargir plus encore le domaine des contractions musculaires de la série syncinétique. L'apparition, ou le renforcement, involontaire d'une contraction musculaire peut ne pas être

(1) *Revue Neurologique*, 1, 1916, p. 3-27.
(2) Th. Alajouanine et R. Thurel, *L'encéphale*, 1, 1936, p. 97-114.

en rapport avec une autre contraction musculaire volontaire ou réflexe, mais se trouver liée à la survenue d'un bruit d'une certaine intensité.

L'observation a trait à un homme de 24 ans, atteint d'hémiplégie cérébrale infantile gauche. Cette hémiplégie ne s'accompagne pas de mouvements athétosiques spontanés, bien que les mouvements volontaires de la main et du pied gauches prennent le plus souvent un aspect athétoïde.



Électromyogramme des syncinésies.

Figure du haut à gauche. — Syncinésie au bruit du muscle extenseur des doigts, côté gauche.

Figure du haut à droite. — Syncinésie au bruit du muscle jambier antérieur gauche. Le tracé du bas de ces deux figures est un enregistrement du bruit à l'aide d'un microphone.

Figure du bas. — Syncinésie controlatérale, tracé du haut, contraction volontaire des muscles extenseurs des doigts et radiaux du côté droit; en bas, réponse syncinétique des muscles extenseurs des doigts du côté gauche hémiplégique. Base de temps pour toutes les figures : 20 ms.

Des syncinésies gauches, homo et controlatérales peuvent aisément être mises en évidence. Le symptôme très particulier qu'accuse le malade est un renforcement considérable de la contracture de tout le côté hémiplégique, lors de la survenue inattendue d'un bruit assez intense (tel un bruit d'avertisseur d'automobile). Si ce renforcement se produit pendant la marche, il entraîne la chute. Chez le malade couché, un bruit violent provoque l'apparition brusque d'un état passager de contracture intense du côté hémiplégique.

Parmi les examens paracliniques pratiqués chez le malade, retenons que l'électroencéphalogramme est normal, éliminant une secousse myoclonique à laquelle on avait pensé tout d'abord. Un audiogramme révèle, fait intéressant, une hypoacousie bilatérale pour les sons aigus. L'étape cruciale des examens paracliniques a cependant été l'électromyographie.

La technique électromyographique a permis de préciser que le renforcement de la contracture, ou son apparition au bruit, a un temps de latence assez fixe : 50 à 70 m s'écoulent entre le moment où le bruit parvient à l'oreille du malade et l'apparition de l'activité électrique du muscle. Cette activité apparaît de façon sensiblement concomitante au niveau des membres supérieur et inférieur gauches (voir *figure*); elle ne se manifeste pas du côté droit. Sa durée est variable, pouvant aller, suivant les cas, de 0,1 s à plus d'une seconde. La répétition d'un bruit intense, à quelques

secondes d'intervalle, s'accompagne d'une atténuation puis d'une disparition de la réponse motrice syncinétique. Il faut souligner que des stimulations sensorielles visuelles soudaines et intenses pratiquées sous contrôle électromyographique, n'ont pas provoqué de réponse motrice de type syncinétique. De même, une émotion brusque ne la déclenche pas. Le déclenchement de la réponse motrice exige, par conséquent, une stimulation sensorielle auditive comportant dans sa survenue un élément de surprise.

Il était intéressant de comparer cette réponse motrice de type syncinétique aux syncinésies classiques que présente le malade. Ces dernières ont été déclenchées en faisant effectuer une contraction musculaire du côté sain. Dans ces syncinésies controlatérales classiques, comme pour la syncinésie au bruit, on note l'apparition ou le renforcement d'une activité électrique musculaire de tout le côté hémiplégique. C'est cette analogie qui nous fait parler de contraction de type syncinétique.

Mais des différences sont notées. La syncinésie controlatérale classique a une latence variable de 0,1 à 1 s. (voir *figure*), fonction de l'intensité de la contraction volontaire du côté sain, cependant que la latence de la syncinésie au bruit est fixe. De plus, la première ne montre pas l'épuisement par répétition de la stimulation que nous avons signalé pour la syncinésie au bruit. Ces différences entre les syncinésies classiques et le phénomène que nous décrivons incitent à rapprocher ce dernier d'une autre manifestation physiologique dont L. Binet déjà a souligné l'importance dans sa thèse inaugurale ([3]) : nous voulons parler du sursaut. La fixité du temps de latence, le caractère global de la réponse plaident dans ce sens. Nous nous proposons de poursuivre l'étude électromyographique du phénomène du sursaut, surtout chez le nourrisson chez lequel il est particulièrement intense et représente une réaction motrice globale.

Le comportement de notre syncinésie-sursaut s'apparente par bien des côtés à une telle réponse primitive non différenciée et constitue sans doute ainsi un type de régression pathologique.

PHYSIOLOGIE. — *Mesure de l'instant de l'immobilisation individuelle de 48 souris dans une cage enregistreuse; son interprétation en titrage biologique.* Note de M. René Devignat, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Nous proposons un appareil qui, dans des conditions de pratique courante, permet la mesure simultanée du moment de la mort ou de la paralysie totale de 48 souris. La précision de cette donnée de temps permet, par comparaison à un étalon, le titrage selon la méthode de Reed et Muench ([1]).

([3]) *Recherches sur le tremblement* (*Thèse médecine*, Paris, 1918).

([1]) *Amer. J. Hygiene*, 27, 1938, p. 493-497.

Nous avons construit, dès 1945, un appareil d'essai permettant l'enregistrement graphique de l'arrêt du mouvement avec une précision de l'ordre du centième de journée et une capacité d'observation de 48 souris simultanément.

Dans son ensemble, l'appareil que nous proposons comporte deux parties essentielles et distinctes :

1° un système enregistreur;

2° une cage facilement séparable de ce dernier.

Le système enregistreur comporte un tableau de verre, fumé à la flamme, présentant en 24 h un déplacement vertical de 100 mm, contrôlé par un mouvement d'horlogerie.

La cage comporte 48 logettes individuelles distribuées sur un plan vertical en six étages de 8 logettes. La cage est construite en bois, verre et métal inoxydable. Dans chaque logette, la souris se meut sur un plateau mobile à ressort. Ce plateau entraîne un index à charnières, situé derrière la paroi postérieure de la logette. Lorsque la cage est en place, devant le système enregistreur, cet index va hachurer horizontalement le tableau qui monte verticalement. Les hachures des logettes voisines vont se ranger en quinconce et pourront aisément être individualisées. La mort ou la paralysie totale amèneront l'arrêt des hachures dont on pourra, pour chaque logette séparément, mesurer la longueur en millimètres et connaître ainsi, en centièmes de journée, le moment de l'immobilisation léthale ou paralytique.

L'aération de chaque logette est assurée; l'alimentation est prévue pour 24 h. Une observation durant normalement plusieurs jours et le tableau fumé ayant une course maximum de 24 h, il va de soi que chaque jour, à heure fixe, le mécanisme doit être remonté, le tableau fumé doit être remplacé et la nourriture doit être renouvelée. Ces opérations sont aisées et rapides, car la cage est facilement séparable du système enregistreur et il n'y a pratiquement aucune solution de continuité dans l'observation des animaux.

La notion quantitative de temps précisant celle de mort ou de paralysie des souris permet une économie d'animaux et une observation raccourcie par adaptation de la méthode du « 50 % end-point » de Reed et Muench, selon un procédé qui ne diffère de l'original que par le moment où peut se faire la lecture de la mort ou de la survie.

Nous exposerons ultérieurement les détails de ce procédé. En résumé, selon Reed et Muench, le rapport des titres d'une substance connue et d'une substance inconnue est de même valeur que le rapport entre le « 50 % end-point » d'une série de groupes de souris, par exemple, inoculées de la substance connue en doses croissantes et le « 50 % end-point » d'une

série de groupes de souris inoculées de la substance inconnue dans les mêmes conditions d'expérience.

Reed et Muench supposent que, comme d'habitude, les résultats : décès ou survies, sont lus en fin d'expérience, soit à un *temps limite.* Notre appareil permet, dans certaines limites, la même mesure, *à un temps quelconque*, et sur des séries limitées de quatre groupes de six souris. La précision de cette nouvelle mesure sera d'autant plus grande que le temps « quelconque » se rapprochera plus du *temps moyen théorique* (50 %), car la répartition du pourcentage des décès dans le temps s'effectue selon une courbe de Laplace-Gauss. En pratique, nous avons choisi comme rapport entre substance connue et substance inconnue, le rapport des moyennes entre mesures effectuées à trois temps, proches du temps moyen théorique (50 %). Ce sont : le *temps médian* des quatre groupes inoculés de la substance *connue*; puis le *temps médian* des quatre groupes inoculés de la substance *inconnue*; enfin, le *temps médian moyen*, ou moyenne arithmétique des deux temps précédents.

Le procédé économise les souris, car quatre groupes de six souris, pourvu qu'elles meurent ou soient immobilisées, nous donneront quasi toujours une réponse; il permet de gagner du temps, car l'on peut, dans certaines limites, augmenter la virulence ou la toxicité de la dose afin de raccourcir le temps d'observation et l'on peut arrêter l'expérience après avoir relevé le temps médian des deux séries.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Sur les intensités extrêmes des échanges de l'organisme homéotherme.* Note de MM. **Jean Giaja** et **Vojin Popović**, présentée par M. Paul Portier.

L'intensité des échanges du Rat peut varier dans le rapport de 1 à 30 selon qu'il est en profonde hypothermie ou qu'il lutte contre le froid pour le maintien de sa température normale. Un hibernant, le Spermophile, lorsqu'il est tiré de la torpeur hibernale et qu'on lui impose, une fois réchauffé, une lutte extrême contre le refroidissement, voit ses échanges augmenter de plus de 500 fois.

Chez les homéothermes, les échanges peuvent varier par le mécanisme de la thermorégulation chimique entre le métabolisme de base et le métabolisme de sommet. Nous avons montré que chez divers Mammifères et Oiseaux les valeurs de ces deux termes extrêmes de l'accommodation réflexe de la thermogenèse sont, dans la plupart des cas, dans le rapport de 1 : 3 à 4. Nous désignons le rapport numérique entre le métabolisme de sommet et le métabolisme de base par « quotient métabolique de l'homéothermie ».

L'intensité des échanges peut tomber au-dessous de celle du métabolisme de base, lorsque l'homéothermie normale est abandonnée par refroi-

dissement de l'organisme. En prenant en considération, d'une part, l'intensité des échanges du métabolisme de sommet, d'autre part l'intensité des échanges de l'organisme refroidi jusqu'à la limite de sa résistance, on aura les limites extrêmes de l'intensité du fonctionnement de l'organisme qui n'est plus astreint à maintenir sa température à un niveau fixe. Nous désignons par « quotient métabolique de l'hétérothermie » la valeur numérique de ce rapport.

Nous avons déterminé chez le Rat l'intensité des échanges exprimée par la consommation d'oxygène, successivement dans les conditions d'obtention du métabolisme de sommet, du métabolisme de base et chez le sujet refroidi à 15°, limite d'hypothermie compatible avec le fonctionnement de l'organisme. Les valeurs suivantes ont été obtenues (cm^3 d'oxygène consommé par kg-h) :

Métabolisme de sommet	3750
Métabolisme de base	1150
Métabolisme du sujet refroidi à 15°	124

Ces valeurs donnent les quotients métaboliques (Q. M.) suivants :

Q. M. de l'homéotermie .... $\frac{3750}{1150} = 3,2$

Q. M. de l'hétérothermie .... $\frac{3750}{124} = 30,2$

On voit que l'intensité des échanges a varié de 30 fois environ selon que le Rat se trouvait à la limite de sa résistance dans la lutte contre le refroidissement ou à la limite de sa résistance à l'hypothermie (température corporelle de 15°).

Pour le Rat, ce sont des conditions expérimentales. Chez les hibernants, par contre, le passage de l'hypothermie profonde à l'homéothermie normale est un phénomène naturel et régulier. Le Spermophile (*Citellus citellus*) peut se refroidir à 5°, température à laquelle ses échanges tombent le plus bas. Nous avons obtenu, chez cet hibernant, les valeurs suivantes :

Métabolisme de sommet	6280
Métabolisme de base	982
Métabolisme du sujet refroidi à 5°	12

D'où l'on a pour

Q. M. de l'homéothermie .... $\frac{6280}{982} = 6,3$

Q. M. de l'hétérothermie .... $\frac{6280}{12} = 523$

Par conséquent, l'intensité du fonctionnement de l'organisme du Sper-

mophile, évaluée d'après l'intensité de ses oxydations, peut varier dans les conditions naturelles de son existence dans le rapport de 1 à 500, selon qu'il est refroidi à 5° dans le sommeil hibernal ou que, à l'état de veille, la lutte extrême contre le refroidissement lui est imposée. Notons que l'on peut réaliser ce passage dans l'espace de 1 à 2 h en réveillant l'hibernant et en l'obligeant, une fois réchauffé, à déployer dans la lutte contre le refroidissement, son métabolisme de sommet.

ZOOLOGIE. — *Nouveaux Isopodes (Crustacea) du sable des plages du Roussillon.* Note de MM. **Pierre A. Chappuis** et **Claude Delamare-Deboutteville**, présentée par M. Louis Fage.

Les premiers Isopodes phréatiques involués d'Europe furent décrits en 1933, par Karaman (1), des puits situés aux environs de Skoplje. D'autres espèces appartenant aux genres *Microparasellus* Kar. et *Microcharon* Kar. furent découvertes par la suite, peuplant toutes la nappe phréatique de cours d'eau douce. C'est Lévy qui, en 1950 (2), trouva pour la première fois un *Microcharon, M. Teissieri* (Lévy), en mer, au cours d'un dragage de sables, à Roscoff.

E. Angelier, puis nous-mêmes, avons récolté de très nombreux Isopodes au cours de nos investigations sur la faune interstitielle des plages du Roussillon. Une des formes les plus abondantes dans les sables relativement grossiers, appartient incontestablement à un genre nouveau de la famille des *Microparasellidæ* Kar., proche des *Janiridæ* à l'intérieur de l'ensemble de *Paraselloidea.*

Angeliera phreaticola n. g. n. sp. a été trouvé dans le sable des Plages du Racou, de Saint-Cyprien, de l'ancienne embouchure de la Têt, de l'étang du Canet, du Bracarès (Pyrénées-Orientales) et, plus à l'Est, pres de Cannes (Alpes-Maritimes). Dans les deux premières stations, nous avons pu le récolter par milliers d'individus.

Diagnose. Aspect d'un *Microcharon,* à uropodes moins gros et plus longs. Taille : 1,5 mm; largeur moyenne : 0,2 mm. Un seul segment pléonal visible. Antennes I courtes, à 7 articles. Antennes II plus longues avec une hampe de 6 articles et un fouet de 8 articles. Palpe de la mandibule de 3 articles (*fig.* 1) dont aucun ne porte une soie ou épine. L'article terminal bananiforme, plus étroit que le précédent. Pas de *pars molaris* Palpe du maxillipède à 4 articles (*fig.* 2). Le péréiopode I sans grande différence avec les suivants, non préhensile. Péréiopode V avec dimorphisme sexuel mâle au carpos. Ce dernier s'élargit à son bord tergal en une crête chitineuse qui se termine au dernier tiers de l'article par une forte épine.

Pléopode I mâle en lamelle large; sa partie distale recourbée vers le côté externe et recouvrant presque complétement le pléopode II. Chez ce dernier l'exopodite est plus développé que chez les autres *Microparasellidæ.* L'extrémité du sympode est rectangulaire.

---

(1) *Zool. Anz.*, Bd. 102, 1940; Glasnik, *Bull. Soc. Sc. de Skoplje*, 22.

(2) *Arch. Zool. exp. et gén., N. R.*, 37.

Aux mêmes stations qu'*Angeliera* nous avons pu trouver deux autres Isopodes qui appartiennent à la famille des *Microcerberidæ* de Karaman, famille qu'il laissa *incertæ sedis*, tout en pressentant ses liens avec les *Anthuridæ*.



Angeliera phreaticola. — 1, Mandibule gauche; 2, Maxillipède; 3, *Microcerberus remanei :* Pléopode II mâle; 4, *Microcerberus arenicola* d'Amalfi : Pléopode II mâle.

Nous sommes en mesure d'affirmer qu'il s'agit bien d'*Anthuridæ*. Mais en raison de la grande différence qui existe entre *Microcerberus* et les autres genres de cette famille, nous croyons préférable de le mettre dans une sous-famille à part, les *Microcerberinæ*, dont la diagnose serait jusqu'à nouvel ordre semblable à celle du genre. Tous les autres genres qui forment actuellement la famille des *Anthuridæ* se grouperaient dans la sous-famille des *Anthurinæ*. Les *Microcerberus* sont beaucoup plus rares que les Microparasellides.

Microcerberus Remanei n. sp. — Quelques exemplaires trouvés dans les sables des plages de Canet, lagune de Canet, de Saint-Cyprien et de Sète. C'est dans cette dernière localité que les trois premiers exemplaires furent trouvés par M. Remane qui nous les confia pour étude.

Aspect extérieur semblable aux *Microparasellidæ*. Longueur 1,2 mm, largeur 1,1 mm. Au péréion, 7 segments libres; le pléon compte 2 segments libres et le pléotelson. Antennes I courtes à 6 articles. Antennes II avec une hampe de 6 articles et un fouet de 7 à 8 articles. Mandibules courtes, redressées. La mandibule gauche avec une partie

incisive de 3 dents. En dessous de celle-ci s'insèrent 2 épines assez grosses qui représentent sans doute la *lacinia mobilis*. La *pars molaris* manque. Palpe rudimentaire formé par un seul article soudé à sa base. Maxille I composée de 3 endites, maxille II à 2 endites digitiformes portant chacun une épine apicale. Sympode du maxillipède faible. L'endite du basis peu développé. Palpe à 5 articles avec peu de phanères. Péréiopode I préhensile, les autres ambulatoires.

Le pléopode I manque dans les deux sexes. Pléopode II mâle (*fig.* 3) avec un grand sympode rectangulaire, deux fois plus long que large, portant à son angle externe et distal un mamelon court muni d'une petite soie apicale. C'est le vestige de l'exopodite. L'endopodite a l'air biramé, mais il nous semble plutôt que le premier article de l'endopodite a une apophyse du côté interne qui égale en longueur le second article. Le second pléopode de la femelle est une plaque quadrangulaire qui s'insère vers la fin du second pléonite. Les autres pléopodes sont respiratoires et peuvent être retirés chez les deux sexes dans une duplicature des rebords du pléotelson.

Microcerberus arenicola n. sp. — Quelques exemplaires provenant des sables des plages de Canet, Saint-Cyprien et de Majore près d'Amalfi (Italie). Les cinq individus de ce dernier endroit ont été récoltés par M. Remane junior, en été 1951.

Cette espèce ressemble beaucoup à la précédente, mais s'en distingue nettement par la conformation du pléopode II mâle, (*fig.* 4).

BIOLOGIE. — *Utilisation par les Copépodes pélagiques des Bactéries planctoniques comme nourriture.* Note de M. **Louis Devèze**, présentée par M. Louis Fage.

Le problème de la nutrition des organismes animaux planctoniques présente une importance écologique considérable. C'est en effet l'un des facteurs primordiaux permettant d'expliquer le déterminisme des développements successifs de différentes populations animales planctoniques. L'analyse du milieu marin, au moment de l'installation d'une population animale dense représentée essentiellement par des copépodes adultes, met souvent en évidence, simultanément, une déficience marquée en végétaux unicellulaires vivants et une abondance relative en bactéries, flagellés et ciliés. Il était donc permis de supposer une relation de nutrition entre Copépodes et microorganismes. L'hypothèse de l'utilisation par ces animaux de sources de nourriture particulaires figurées autrement que par un matériel algal et plus précisément par les Diatomées a été confirmée en partie par des recherches expérimentales. Et c'est en vue de mettre en évidence l'utilisation en tant que nourriture des Bactéries par les Copépodes planctoniques que cette expérimentation a été entreprise. Elle a porté, en premier lieu, sur des Copépodes adultes appartenant aux genres *Calanus*, *Euchaeta* et *Centropages* provenant d'un plancton de surface effectué dans le Golfe de Marseille en mars 1952, c'est-à-dire à une période où des populations denses de Copépodes font suite, apparemment immédiatement, à un plancton presque exclusivement végétal.

Afin d'éliminer le plus de Bactéries possible vivant plus ou moins étroitement associées à ces animaux, 20 Copépodes ont été maintenus pendant 8 h dans trois bains successifs d'eau de mer stérile ayant en solution de la pénicilline et de la sulfacétamide; ils furent ensuite lavés durant 24 h par plusieurs passages dans de l'eau de mer stérile, toutes les manipulations s'effectuant à l'aide d'un matériel stérilisé au préalable. Après ce jeûne de 32 h, ils furent placés dans un ballon en Pyrex, bouché au coton, qui contenait 750 cm³ d'eau de mer stérile.

Des numérations microbiennes ont révélé que, malgré un tel traitement, les Copépodes avaient apporté au milieu 1282 bactéries au centimètre cube soit 961 500 germes pour l'ensemble du flacon. La présence d'une quantité non négligeable de bactéries malgré l'emploi d'antibiotiques doit être soulignée; elle doit permettre vraisemblablement d'expliquer, tout au moins en partie, la survie de Copépodes, signalée par certains chercheurs, dans de l'eau de mer où aucune nourriture n'avait été ajoutée; l'apport bactérien dû aux Copépodes y provoque en fait un développement microbien permettant de nourrir ces animaux au cours de l'expérimentation.

Une quantité déterminée d'une émulsion bactérienne en eau de mer stérile était ensuite ajoutée au flacon d'élevage ainsi qu'à un flacon témoin contenant également 750 cm³ d'eau de mer stérile. Des prélèvements ont été effectués alors afin de préciser le contenu bactérien des deux flacons. Ces derniers furent soumis aux mêmes conditions d'expérimentation et placés à l'obscurité et sous une température ambiante moyenne de 14,7°, l'écart des températures extrêmes observées avec celle-ci n'ayant jamais dépassé ± 3°. Périodiquement, après homogénéisation des milieux, des numérations étaient effectuées afin d'évaluer les modifications de densité microbienne des deux flacons. La méthode des dilutions successives a été employée; les ensemencements ont été faits sur un milieu de culture solide de composition uniforme (milieu 2 216 de ZoBell : eau de mer « vieillie », 1 000 cm³; peptone, 5 g; phosphate ferrique, 0,1 g; gélose, 15 g).

Les résultats ont été notés après une incubation de 8 jours à l'étuve à 23°. Ils ont montré une diminution massive et rapide du contenu bactérien du flacon d'élevage :

	Flacon d'élevage.	Flacon témoin.
Contenu initial.......	1 870 500 000 germes	1 559 250 000 germes
» le 2e jour ...	1 084 600 000 »	1 761 540 000 »
» 5e » ...	123 090 000 »	3 674 050 000 »
» 7e » ...	81 840 000 »	4 549 560 000 »
» 10e » ...	75 880 000 »	3 428 000 000 »
» 14e » ...	63 640 000 »	259 000 000 »

Par ailleurs, une deuxième expérimentation portant sur 30 Copépodes planctoniques a montré une diminution comparable du contenu bactérien du milieu d'élevage qui en huit jours passa de 8 619 255 000 à 391 millions. de bactéries. Il est donc permis d'admettre que les Bactéries peuvent servir de nourriture aux Copépodes planctoniques.

Il convient toutefois de signaler le caractère limité fixé à cette expérimentation qui ne visait pas le maintien en vie des Copépodes pendant plusieurs semaines. L'utilisation des Bactéries comme nourriture, qui en était le seul but, n'est mise en lumière, d'une manière immédiate, que durant la période au cours de laquelle la densité de germes du flacon témoin suit une courbe ascendante. Or, celle-ci est relativement réduite, en l'occurence à huit jours approximativement, la faible teneur en matériel utilisable existant dans l'eau de mer constituant rapidement un facteur limitant le développement bactérien.

Des expériences en cours permettront d'établir si une telle source de nourriture est utilisable par toutes les espèces de Copépodes vivant dans les eaux du golfe de Marseille comme par les autres organismes du zooplancton. Elles préciseront également si une telle source de nourriture est suffisante pour permettre un développement normal de ces animaux planctoniques.

BIOLOGIE. — *L'Alose d'El Kansera, cas d'une adaptation totale d'une espèce anadrome aux eaux douces.* Note de M. **Jean Furnestin**, présentée par M. Louis Fage.

L'Alose (*Alosa alosa* Linné) se rencontre en abondance dans la zone atlantique du Maroc. A l'époque de la reproduction, c'est-à-dire de l'hiver au printemps, elle remonte les fleuves permanents de ce pays. Deux de ceux-ci, le Sebou et l'Oum er Rebia, étaient, naguère, les plus fréquentés. L'Oum er Rebia, fermé à peu de distance de la mer par un barrage hydroélectrique sur lequel n'ont pas été prévues d'échelles à poissons, est, depuis quelques dizaines d'années, interdit aux aloses. Le Sebou et ses affluents, notamment l'oued Beth, restent pratiquement les seules rivières où l'Alose pénètre en bandes très nombreuses. C'est l'oued Beth et le barrage construit dans la partie médiane de son cours, à El Kansera, qui retiendront ici notre attention. Ce barrage, d'une hauteur de 43 m au-dessus du lit de la rivière, contient au niveau du déversoir un volume d'eau de 225 millions de mètres cubes. A ce niveau, le lac de retenue, avec une profondeur maximum de 35 m, recouvre 1600 ha.

Le barrage d'El Kansera, depuis sa mise en eau pendant l'hiver de 1934, ne permet plus aux aloses de remonter le cours de l'oued Beth. Toutefois, de temps à autres, on a signalé, soit la présence d'aloses mortes au déversoir, soit la capture d'un de ces clupes dans le lac de retenue. Comme vers 1942-1944, des pêcheurs indigènes avaient essayé, sans grand succès d'ailleurs, de déverser, en amont du barrage, quelques poissons de « remontée », on pouvait attribuer ces captures anormales à de telles tentatives.

Or, dans le courant du mois de février 1952, M. Huré, Conservateur des Eaux et Forêts, procédant à une pêche à la senne dans le lac d'El Kansera, prenait un certain nombre d'aloses. Une nouvelle expérience, faite le 20 mars 1952, sur la plage de Sidi Slimane, à quelques kilomètres en amont du barrage, nous fournissait la preuve indiscutable de la présence, dans le lac, d'une population d'aloses dont la composition impliquait une adaptation complète de ces clupes anadromes au milieu potamique. En effet, une série de six coups de filets permettait de pêcher parmi de nombreux barbeaux, carpes et black basses, 218 aloses se répartissant entre les tailles de 18 et 52 cm.

Les fréquences enregistrées font apparaître trois groupes de tailles : un premier, le plus nombreux, de 18 à 27 cm, un second de 31 à 44 cm, un dernier, enfin, de 45 à 52 cm. Une telle répartition révèle déjà l'existence de plusieurs générations que confirme et précise l'examen des écailles. Celles-ci présentent, dans leur structure, des marques de croissance très nettes et nous renseignent ainsi exactement sur l'âge des aloses capturées. Ces aloses se groupent en cinq classes :

1 an (de 18 à 27 cm),
2 ans (de 31 à 36 cm),
3 ans (de 35 à 40 cm),
4 ans (de 40 à 45 cm),
5 ans (au-dessus de 45 cm).

Donc, en supposant que nos captures représentent, avec une bonne approximation, les différentes générations que comprend la population d'El Kansera, cette dernière semble constituée pour plus de 60 % par de jeunes poissons d'un an, le reste, 40 %, se partageant plus ou moins également entre les aloses de 2, 3 et 4 ans, celles de 5 ans et de plus de 5 ans étant rares.

En ce qui concerne l'état sexuel, les aloses d'un an, avec des glandes filiformes, sont immatures, celles de 2 et 3 ans en cours d'évolution, mais encore loin de leur maturité. Quant aux individus de plus de 3 ans (de 40 à 52 cm), leurs gonades, gonflées d'œufs transparents, ou déjà vides et flétries, indiquent qu'ils se trouvent en période de reproduction. Enfin, ces poissons, excepté les plus grands ayant accompli leur ponte, sont en excellente condition ainsi qu'en témoignent leurs viscères noyés dans des amas de graisse d'un blanc nacré.

Ajoutons qu'à l'occasion de la pêche du 20 mars, 171 aloses choisies parmi les plus vives, ont été marquées puis remises à l'eau; ce qui permettra, si les reprises sont assez nombreuses, de compléter l'étude de ce groupement.

Qu'une population comporte plusieurs générations, que ces générations se développent, se reproduisent et se maintiennent en bonne condition dans un barrage mis en eau depuis une vingtaine d'années, apporte la

preuve d'une adaptation totale de cette espèce potamotoque aux eaux douces. (Ceci compte tenu des tentatives, d'ailleurs insuffisantes, de déversement d'adultes en 1942-1944.) La température qui règne dans le lac d'El Kansera pendant toute l'année, de la surface au fond, est d'ailleurs favorable à l'Alose : variations extrêmes : de 11,8 à 26° pour la surface et de 10,5 à 14° pour le fond (P. Gayral). Une adaptation aussi parfaite ne laisse cependant pas de surprendre lorsque l'on sait, d'une part, que l'Alose passe la plus grande partie de sa vie dans des eaux de forte salinité (toujours plus de 35,50 ‰) de l'Atlantique marocain, où elle s'enfonce jusqu'au bord du plateau continental et, d'autre part, que les eaux de l'oued Beth sont douces (salinité inférieure à 0,18 ‰) et relativement très peu profondes.

Rappelons qu'un phénomène du même ordre a dû se produire à une époque plus ou moins reculée pour l'Alose du lac de Côme (*Paralosa lacustris*), proche parent d'*Alosa nilotica*, elle-même voisine de l'Alose atlantique. Mais le cas que nous signalons est le premier d'une adaptation complète se faisant pour ainsi dire sous nos yeux. Et ce que les hommes ont tenté maintes fois sans succès s'est fait, ici, naturellement et d'emblée.

RADIOBIOLOGIE. — *Cinétique de l'apparition des neutrocytes à caryoschizes après irradiation générale par une dose unique de rayons* X. Note (*) de M. **Jean-François Duplan**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

Le nombre des polynucléaires neutrophiles ayant des noyaux à caryoschizes augmente après irradiation. Cette augmentation est d'autant plus rapide et le maximum d'autant plus précoce que la dose de rayons X reçue a été plus forte.

Les modifications morphologiques des cellules sanguines provoquées par l'exposition chronique aux radiations ionisantes sont bien connues des hématologistes. En ce qui concerne les irradiations de tout l'organisme par une dose unique de rayonnement, des altérations identiques ont été décrites; Lacassagne et Lavedan (1) ont donné la chronologie de leur apparition, Jacobson, Marks et Lorenz (2) en ont décrit différents types. Nous avons particulièrement étudié, en fonction du temps écoulé après l'irradiation, les variations du nombre des polynucléaires neutrophiles ayant des noyaux à caryoschizes. Ces caryoschizes sont, dans leur forme typique (la seule dont nous ayions tenu compte), de petites expansions pédiculées du noyau. L'étude de cette anomalie nucléaire donne des indi-

(*) Séance du 5 mai 1952.
(1) *Paris Médical*, 51, 1924, p. 97.
(2) *Radiology*, 32, 1949, p. 371.

cations intéressantes sur la dose de rayonnement reçue et ceci dès les premiers jours après l'irradiation.

Nous avons utilisé des cobayes mâles, adultes, hybrides de race commune, pesant de 380 à 500 g. Ces animaux sont irradiés par paires avec un appareil à rayons X qui a pour caractéristiques : 180 kV, 10 mA, pas de filtre; la distance anticathode cobaye est 55 cm et le débit 65 ± 5 r/m.

Les doses de rayonnement sont les suivantes :

— Doses fortes, 1100 et 900 r, huit cobayes pour chaque dose (D. L. 100);

— Doses moyennes, 650, 475 et 350 r, quatre cobayes pour chaque dose,

— Dose faible, 25 r, douze cobayes (D. L. o.).

Nous avons étudié parallèlement le nombre relatif des polynucléaires ; caryoschizes, c'est-à-dire leur nombre pour 100 polynucléaires neutrophiles et le nombre absolu de ces cellules par millimètre cube.

Chez l'animal normal, ces deux nombres sont extrêmement fixes : quand le nombre des polynucléaires par millimètre cube varie, on constate que le nombre relatif des cellules à caryoschizes varie en sens inverse et leur nombre absolu reste donc fixe; le nombre relatif ne dépasse pratiquement jamais 20 % et une variation en plus ou en moins de 5 % est un maximum.

Après irradiation, on constate une augmentation précoce et passagère des polynucléaires à caryoschizes que nous avons schématisée dans les trois graphiques ci-dessous.

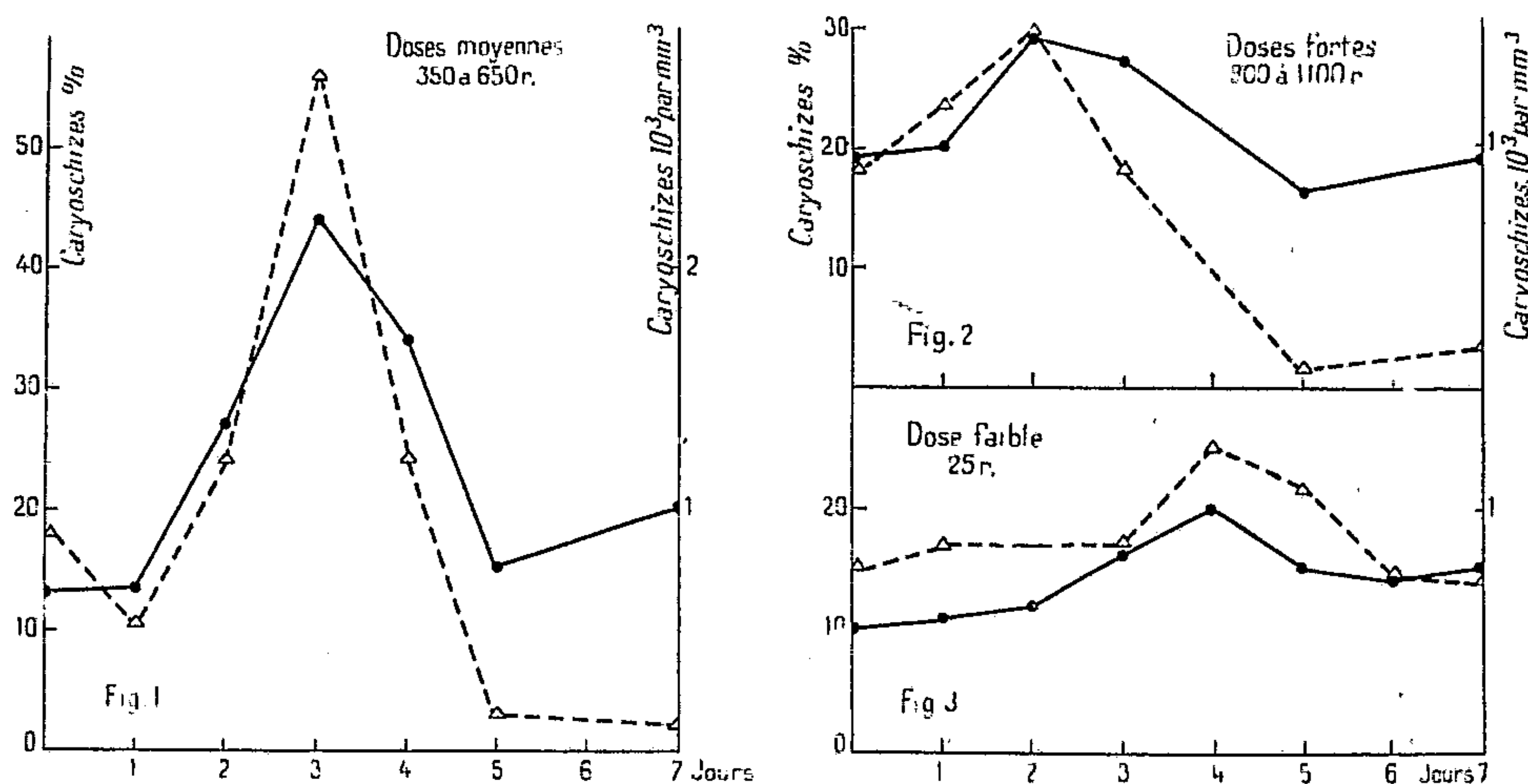


Fig. 1. — Doses moyennes; Fig. 2. — Doses fortes; Fig. 3. — Dose faible.
La date d'irradiation correspond au jour o.

——— nombre de caryoschizes %.
- - - - - - nombre de caryoschizes par millimètre cube.

Nous étudierons, en premier lieu, les variations du nombre relatif (%) des polynucléaires à caryoschizes.

Quelle que soit la dose, il existe un temps de latence de 24 h pendant lequel le pourcentage des cellules à caryoschizes n'est pas modifié.

Pour les doses fortes, le pourcentage augmente dès la fin du premier jour et le maximum est atteint le deuxième jour; au troisième jour, le taux reste élevé, puis il y a une chute brusque et le pourcentage normal est retrouvé au cinquième jour.

Pour les doses moyennes, le maximum n'est atteint que le troisième jour et le pourcentage revient à la normale le cinquième jour.

Pour les faibles doses, le maximum n'est atteint que le quatrième jour et la chute ne s'effectue que lentement.

Le nombre absolu (par mm^3) des polynucléaires à caryoschizes s'accroît parallèlement à leur nombre relatif (%) et les maxima des deux courbes coïncident dans le temps. Par contre, la décroissance du nombre absolu de ces cellules est surtout fonction de la neutropénie due à l'irradiation; pour les doses fortes et moyennes, celle-ci est très importante et le nombre absolu des polynucléaires à caryoschizes tombe très bas à partir du cinquième jour; pour les doses faibles, la neutropénie est inconstante et il y a simplement retour au même nombre qu'avant l'irradiation.

Nous avons cherché à définir la dose seuil qui provoque l'apparition de ces altérations. Pour cela, nous avons irradié deux séries supplémentaires à 25 et 10 r, la distance étant 95 cm et l'intensité 16 r/m. Les animaux qui ont reçu 25 r présentent les modifications propres à cette dose, alors que les cobayes qui ont reçu 10 r n'ont aucune modification du nombre de leurs polynucléaires à caryoschizes; la dose minimum nécessaire pour augmenter le nombre des cellules à caryoschizes est donc située entre 10 et 25 r chez le cobaye.

L'augmentation des neutrocytes à caryoschizes constitue donc un test sensible et précoce d'irradiation et il est susceptible de fournir une indication valable de la dose de rayonnement reçue.

RADIOBIOLOGIE. — *Action d'une irradiation générale par les rayons* X *sur la synthèse du glycogène musculaire chez le Cobaye.* Note de M[mes] **Marguerite Lourau** et **Odette Lartigue**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

Chez le Cobaye, une irradiation générale par des doses subléthales de rayons X ne modifie pas la glycogénèse musculaire tant que l'alimentation reste normale. Chez les animaux soumis au jeune, le glycogène musculaire est généralement abaissé. Mais cette diminution n'est ni aussi générale ni aussi importante que celle que l'on observe, dans les mêmes conditions, dans le foie.

Dans un travail précédent ([1]) nous avons montré que des cobayes

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1144.

soumis à une irradiation générale par les rayons X deviennent incapables de maintenir les réserves de leur foie en glycogène. Toutefois, nos résultats montrent que cette incapacité ne se manifeste qu'en période de post-absorption; tant que l'absorption dure, les animaux irradiés utilisent le glucose, et la glycogénèse est normale.

Dans cette Note, nous avons examiné si la glycogénèse subit dans le muscle la même perturbation que dans le foie.

Des cobayes irradiés avec des doses subléthales de rayons X dans les conditions déjà décrites ([1]) ont fait l'objet d'expériences de trois types. Ceux de la *première série* (25 témoins et 30 irradiés) ont été sacrifiés après un jeûne de 48 h et le glycogène a été titré sur des muscles isolés (gastrocnémien congelé au CO_2, disséqué après la section du nerf sciatique). Cette série est peu homogène. Chez les témoins, les teneurs en glycogène varient suivant la saison : hautes en janvier et en juin (425 mg de glycogène pour 100 g de muscle frais) elles sont irrégulières et faibles (255 mg % en moyenne) de mars à mai. Compte tenu de ces variations, les irradiés se répartissent en trois groupes : un tiers est tout à fait normal; un très petit nombre n'a plus que des traces de glycogène (20 à 40 mg %); le reste enfin, un peu plus de la moitié de nos effectifs, accuse une diminution de glycogène d'environ 40 à 50 %.

Ces résultats étant difficiles à interpréter, nous avons fait deux autres séries d'expériences en titrant le glycogène de la totalité du corps, sur l'animal congelé dans l'air liquide, et débité en fragments de petites dimensions que l'on attaque par KOH bouillante. Les teneurs en glycogène sont exprimées en milligramme de glycogène pour 100 g de poids corporel, les données brutes étant diminuées des substances réductrices non spécifiques déterminées par l'épreuve de la fermentation par la levure selon Reinecke ([2]).

Ces expériences se divisent en deux groupes : les unes faites pendant les mois de juin et juillet sur des animaux normalement nourris (15 témoins, 15 irradiés), les autres en septembre de la même année sur des animaux à jeun depuis 48 h (10 témoins et 10 irradiés). Tous ces animaux ont été sacrifiés 12 à 14 jours après l'irradiation. Le tableau donne les moyennes de nos résultats.

Glycogène du corps (en mg de glycogène pour 100 g de poids).

	Témoins.	Irradiés.
Animaux nourris	$348 \pm 38,8$	354 ± 44
Animaux à jeun	167 ± 16	123 ± 14

([2]) *Amer. J. Physiol.*, **140**, 1943, p. 276.

On voit que lorsqu'ils sont normalement nourris, les irradiés ne diffèrent pas des témoins. Lorsqu'ils sont soumis au jeûne, il n'en est plus ainsi. Les moyennes accusent une diminution légère (26 %) qui n'est pas absolument significative (p est voisin mais inférieur à 0,05). Mais lorsqu'on examine les données individuelles, on constate que, à l'exception d'un seul, tous les irradiés ont moins de glycogène que le témoin correspondant. Il est donc vraisemblable que la déficience de la glycogénèse en période de jeûne, qui est si évidente au niveau du foie, se retrouve dans le muscle, mais avec moins de régularité et d'ampleur.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les « glycérophosphatogènes »*. Note de M. **Paul Fleury** et Mme **Léa Le Dizet**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons montré ([1]) que l'action de la potasse en milieu méthylique sur la lécithine d'œuf conduit, dans des conditions soigneusement précisées, à des préparations qui, après élimination des acides gras et de la choline, ne renferment cependant pas de glycérophosphate libre, mais sont transformables en glycérophosphate par hydrolyse acide ou alcaline, d'où le nom de « glycérophosphatogène » (par abréviation GPG) que nous avons proposé, sans préjuger de la constitution de ces préparations.

Nous pensons avoir montré ([2]) que les esters phosphoriques contenus dans ces préparations peuvent être considérés comme résultant d'un enchaînement d'un nombre variable de molécules de glycérophosphate. Ces molécules seraient liées, non par des liaisons diesters (c'est-à-dire par estérification d'un OH glycérolique d'une molécule glycérophosphorique avec un OH phosphorique d'une autre molécule glycérophosphorique), mais par des ponts oxydiques interphosphoriques permettant de les considérer comme des dérivés d'acides polyphosphoriques, en quelque sorte des *acides polyglycérophosphoriques* ([3]).

Nous laissons de côté pour l'instant la question de savoir si ces liaisons polyphosphoriques préexistent dans la molécule même de la lécithine ou si elles constituent un artéfact représentant un produit intermédiaire au cours de l'hydrolyse alcaline.

Quelle que soit leur genèse, il nous a semblé intéressant de poursuivre notre étude, d'abord parce que, à notre connaissance, ces acides polyglycérophosphoriques n'ont encore été signalés, ni comme corps naturels,

---

([1]) P. Fleury, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 441 et *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **30**, 1948, p. 519 et 521.

([2]) P. Fleury, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **30**, 1948, p. 521.

([3]) P. Fleury et L. Le Dizet, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1321 et *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **32**, 1950, p. 503.

ni comme composés synthétiques, ensuite parce que les conditions de leur apparition et de leur rendement (représentant parfois près de 75 % du glycérophosphate prévu) permettent de ne pas exclure, dans le cas où il s'agirait d'un artéfact, la formation de tels enchaînements dans le catabolisme des lécithines.

En poursuivant le perfectionnement de notre technique d'obtention de ces composés, nous avons constaté, qu'après épuisement par l'alcool absolu qui dissout ce que nous avons appelé le glycérophosphatogène (GPG), le résidu insoluble contient encore une fraction relativement importante du phosphore. Traité par le méthanol, ce résidu cède très facilement la plus grande partie de son phosphore et la partie ainsi dissoute, *tout en gardant son insolubilité dans l'éthanol*, se comporte au premier abord comme le GPG soluble dans l'alcool éthylique. Il ne contient pas de glycérophosphate, mais il est susceptible de se transformer en glycérophosphate par traitement à 100° par la solution normale soit de soude, soit d'acide chlorhydrique. On obtient ainsi un mélange en proportions variables des isomères α et β. En les soumettant aux mêmes essais, concernant leur constitution, que nos préparations éthylosolubles, nous arrivons aux mêmes conclusions, qui permettent de les considérer, eux aussi, comme des acides polyglycérophosphoriques. C'est pourquoi nous les désignerons désormais sous le nom de *glycérophosphatogène méthylique* (GPG méthylique) par opposition aux premières préparations de glycérophosphatogène que nous nommerons maintenant « *GPG éthylique* ».

Le caractère différentiel principal des deux groupes de GPG nous paraît être la longueur moyenne des chaînes. Pour le GPG éthylique, cette longueur moyenne, qui peut atteindre 25 à 30, ne s'abaisse pas au-dessous de 4, tandis que pour les GPG méthyliques, elle serait seulement de 2 à 3.

Cette plus grande longueur des chaînes dans les préparations de GPG éthylique est en relation non seulement avec l'éthylo-solubilité, mais avec une solubilité bien plus marquée des sels de plomb dans l'eau; car, en milieu aqueux, l'acétate neutre de plomb ne donne pas de précipité dans les solutions de GPG éthylique, tandis qu'il s'en produit dans les solutions de GPG méthylique. Notons cependant que, même dans ce cas, la solubilité du sel de plomb (ordre de 100 γ en P par centimètre cube) reste bien plus marquée que celle du glycérophosphate α ou β (ordre de 25 γ en P par centimètre cube). On peut faire une remarque parallèle pour le cas des sels de calcium en milieu alcoolique à 50°.

En ce qui concerne le phosphore que, comparativement, nous pourrions appeler « neutrolabile » (acide phosphorique libérable à pH 4,1 après chauffage 24 h à 120°), nous avons montré [3] que, dans le GPG éthylique, la proportion en est relativement faible, tout en étant très variable selon les préparations et sans rapport avec les longueurs des chaînes. Il existerait

donc, dans le GPG éthylique une fraction importante résistant à l'hydrolyse en milieu neutre.

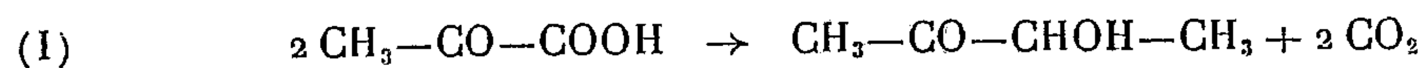
Le même examen sur les GPG méthyliques montre que ce P neutrolabile est beaucoup plus abondant, jusqu'à atteindre la totalité du P. Autrement dit, la fraction neutrostable serait très faible, et même nulle, dès que la chaîne est réduite à 2 P.

Enfin, il nous paraît intéressant de noter que ce mode d'action des alcalis sur la lécithine que, jusqu'à maintenant, nous n'avions étudié qu'en milieu méthylique en utilisant la potasse, se manifeste d'une façon qualitativement identique si l'on remplace, dans les mêmes conditions de température (37°) et de durée (50 à 60 h), l'alcool méthylique par l'éthanol, l'isopropanol et même l'eau, qu'il s'agisse comme alcali de la soude ou de la potasse. Seules les proportions des fractions éthylosolubles, méthylosolubles et hydrosolubles varient.

En résumé, au cours de l'hydrolyse alcaline ménagée de la lécithine d'œuf, on peut obtenir des préparations (glycérophosphatogène éthylique et glycérophosphatogène méthylique) qui se conduisent comme des mélanges d'acides polyglycérophosphoriques dont la longueur de chaînes paraît conditionner la variation de leur solubilité dans l'alcool éthylique et l'alcool méthylique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Synthèse de l'acétoïne par un extrait enzymatique de* Bacillus subtilis. Note de MM. **Gérard Milhaud**, **Jean-Paul Aubert** et **Raymond Gavard**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Lemoigne et coll. (1) ont montré, avec des bactéries non proliférantes, que la synthèse de l'acétoïne par *B. subtillis* se fait selon l'équation



$$(\mathrm{I}) \qquad 2\,CH_3-CO-COOH \rightarrow CH_3-CO-CHOH-CH_3 + 2\,CO_2$$

à l'exclusion d'une condensation de l'acétaldéhyde sur elle-même ou sur l'acide pyruvique. Selon Juni (2), le système enzymatique extrait d'*Aerobacter aerogenes* se compose d'un enzyme formant l'acide acétolactique $\left[\begin{array}{c} CH_3-\underset{\displaystyle COOH}{\underset{|}{C}}(OH)-CO-CH_3 \end{array}\right]$ à partir de l'acide pyruvique et d'un autre, décarboxylant l'acide acétolactique en acétoïne. Gunsalus (3) a observé avec un extrait de *Streptococcus faecalis* la formation de l'acétoïne aux dépens

(1) *Ann. Inst. Pasteur*, 76, 1949, p. 303.
(2) *Federation Proc.*, 6, 1950, p. 396.
(3) *Journ. of Bact.*, 62, 1951, p. 199.
(4) *Arch. Biochem.*, 17, 1948, p. 81.

de l'acide pyruvique selon l'équation I, et la décarboxylation de l'acide acétolactique qu'il considère comme un intermédiaire.

Techniques. — Nous avons utilisé la souche de *B. subtilis* BG 2FI du Service des Fermentations de l'Institut Pasteur. Les bactéries sont cultivées en milieu synthétique glucosé dans des boîtes de Roux. Les microbes sont lavés et séchés, l'extrait enzymatique est obtenu par ultrasonation. Les expériences sont faites à l'appareil de Warburg à 37°. L'acide pyruvique est ajouté sous forme de pyruvate de Na (« Roche »), le *d,l*-acétolactate est préparé selon Krampitz (90 % de pureté) ([4]).

Résultats. — *Microbes séchés.* — Les microbes séchés forment l'acétoïne à partir des acides pyruvique et acétolactique, mais le rapport de l'activité sur les deux substrats varie avec l'âge de la culture. Alors que les microbes provenant de cultures jeunes décarboxylent avec plus d'intensité l'acide acétolactique que l'acide pyruvique, des microbes provenant de cultures âgées présentent un rapport d'activité inversé.

Extrait enzymatique. — A. *Action sur l'acide pyruvique.* — La formation d'acétoïne se fait selon l'équation (1).

1° *Système complet.* — L'extrait brut est fractionné deux fois au sulfate d'ammonium entre 0,5 et 0,8 de saturation et dialysé contre eau distillée ou tampon citrate 0,IM à pH 6,2, puis eau distillée. La formation d'acétoïne ne s'effectue qu'après addition de cocarboxylase, dans l'azote ou dans l'aïr. Pour l'acide pyruvique $K_s = 0,2$, pour la cocarboxylase $K_s = 1,1 . 10^{-6}$ (en molarité).

2° *Influence du* pH. — Le maximum d'activité est situé vers pH 6,3-6,4.

3° *Rôle du phosphate.* — L'addition de phosphate en concentrations supérieures à $5 . 10^{-5}$ M n'augmente pas l'activité.

4° *Action des métaux.* — L'addition des cations bivalents Fe, Cu, Co, Zn, Ni, Mg, à la concentration $1 . 10^{-4}$ M est pratiquement sans influence; seul Mn détermine une inhibition très nette. Dans chaque cupule, pour 2 ml de solution : 60 µg de protéines, 10 µg de cocarboxylase, 20 mg de pyruvate de Na, tampon phosphate M/30 à pH 6,0. Le volume de CO_2 dégagé en 30 minutes est 200 µl sans addition de Mn, 70 µl après addition de Mn (inhibition de 65 %). La recherche du Mn indique que la quantité présente est inférieure à 1/15 µg par cupule. Or l'addition de 1/10 µg détermine une inhibition de 15 % qui croît avec la concentration en Mn. L'inhibition par le Mn $1 . 10^{-4}$ M est la même quelle que soit la quantité de cocarboxylase ajoutée de 1 à 1 000 µg par cupule. Avec un extrait moins purifié (230 µg de protéines par cupule) l'inhibition par le Mn $3 . 10^{-5}$ M est de 50 %; elle est de 90 % pour $1,5 . 10^{-3}$ M. Enfin la concentration en pyruvate n'influe pratiquement pas sur l'intensité de l'inhibition. Dans tous les cas, le dégagement de CO_2 observé correspond à l'acétoïne formée selon l'équation (1).

B. *Action sur l'actde acétolactique.* — La variation de l'intensité de la décarboxylation des acides acétolactique et pyruvique en fonction de l'âge de la culture, signalée plus haut pour les microbes séchés, se retrouve avec les extraits. D'autre part, le rapport de l'activité sur les deux substrats est conservé dans les différents échantillons obtenus par précipitation fractionnée au sulfate d'ammonium (0,4-0,6; 0,6-0,8; 0,8-1 sat.)

La décarboxylation de l'acide acétolactique n'est pas inhibée par le Mn. L'addition de Mn et de cocarboxylase est sans influence. La décarboxylation s'arrête lorsque la moitié de la quantité d'acétolactate présente est métabolisée, ce qui laisse à penser qu'un seul des deux isomères est attaqué.

C. *Influence de l'acétaldéhyde.* — L'extrait enzymatique est incapable de former l'acétoïne à partir de l'acétaldéhyde. L'addition d'acétaldéhyde au pyruvate (0,1 M) à des concentrations variant entre $5,10^{-5}$ et 0,1 M n'influe ni sur le cours ni sur l'intensité de la réaction. Enfin il n'a pas été possible de mettre en évidence une formation d'acétaldéhyde (captation par la semicarbazide) au cours de la décarboxylation de l'acide pyruvique.

Conclusion. — Le système formateur d'acétoïne chez *B. subtilis* se rapproche de celui décrit par Juni et Gunsalus chez d'autres bactéries. Toutefois le manganèse, qui pour Gunsalus est un activateur puissant, se révèle inhibiteur lorsque le substrat est l'acide pyruvique. L'action sur l'acide acétolactique inclinerait à considérer ce corps comme un intermédiaire possible, encore que le rapport des activités du système enzymatique sur les acides acétolactique et pyruvique varie avec l'âge de la culture.

MICROBIOLOGIE. — *Conditions thermiques différentes pour la production de l'antigène Vi par quelques entérobactériacées.* Note (*) de MM. **André Jude** et **Pierre Nicolle**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les modalités différentes dans la formation de l'antigène *Vi* par quelques Entérobactériacées permettent de répartir celles-ci en deux groupes. Le premier (*S. typhi*, *S. paratyphi* C, pathogènes pour l'Homme) produit l'antigène *Vi* en plus grande abondance vers 37°. Le second (*Ballerup*, *E. coli* Vi, dont le rôle pathogène pour les homéothermes est encore discuté) montre un optimum thermique pour l'élaboration du même facteur au voisinage de 18°.

La production de l'antigène *Vi*, révélée par l'étude des caractères *Vi* (irisation des cultures, agglutinabilité par un sérum anti-*Vi*, capacité d'absorber les agglutinines *Vi* d'un sérum spécifique, sensibilité aux bactériophages *Vi*) subit d'importantes variations suivant que *Salmonella typhi* et la souche *Ballerup* sont cultivées à 18°, à 37° ou à 41°,5. De plus,

(*) Séance du 5 mai 1952.

ces variations s'effectuent, chez ces deux espèces, en sens inverse : la production d'antigène *Vi* par le bacille typhique est nulle à 18°; au-dessus de cette température, elle commence à se manifester; elle passe par un maximum aux environs de 37°; puis elle diminue pour devenir très faible à 41°,5 (¹), (²). Pour la souche *Ballerup*, au contraire, à 18° l'antigène *Vi* est très abondant; il l'est déjà sensiblement moins à 37°; à 41°,5, il n'est plus décelable (³).

Le même antigène est donc élaboré suivant des modalités totalement différentes par ces deux germes mésophiles. Sa production la plus abondante se situe, pour l'un et pour l'autre, en des points thermométriques distants de près de vingt degrés.

Ces constatations nous ont incités à étudier les préférences thermiques pour l'élaboration de l'antigène *Vi* par d'autres Entérobactériacées, en particulier *Salmonella paratyphi* C et *Escherichia coli* Vi.

La souche *S. paratyphi* C « East Africa », de Kauffmann, se comporte exactement sous ce rapport comme *S. typhi* : les caractères *Vi* font défaut lorsque ses cultures se développent à 18°. Ils atteignent leur plus grande intensité à 37°. Ils disparaissent à 41°,5.

Les seules Entérobactériacées actuellement reconnues comme productrices de l'antigène *Vi*, auxquelles manque seulement *S. hormæchei*, se répartissent donc en deux groupes suivant leur modalité d'élaboration de ce facteur aux températures étudiées : le premier groupe est constitué par des germes (b. typhique, b. paratyphique C) qui élaborent leur antigène *Vi* en plus grande abondance au voisinage de 37°. Or, cette température est précisément celle de l'Homme, leur hôte exclusif. Il semble bien, si l'on admet avec Felix et Bhatnagar (⁴) que l'antigène *Vi* protège les bactéries contre les moyens de défense de l'organisme, que l'on soit en droit de voir une relation entre l'abondance de ce facteur à 37° chez les bactéries de ce groupe et leur pouvoir pathogène pour l'Homme dont la température normale se maintient aux alentours de ce point.

Le second groupe comprend des espèces (*Ballerup*, *E. coli* Vi) qui présentent un optimum thermique pour l'élaboration de l'antigène *Vi* aux environs de 18°. Ces germes n'ont été isolés qu'exceptionnellement chez l'Homme et leur pouvoir pathogène pour celui-ci est encore discuté.

La production d'antigène *Vi* à basse température par les bactéries du second groupe autorise à se demander si ces espèces ne sont pas des parasites habituels, pathogènes ou non pathogènes, de certains poïkilothermes :

(¹) A. Felix, S. S. Bhatnagar et M. R. Pitt, *Brit. J. exp. Path.*, 15, 1934, p. 346.
(²) A. Jude et P. Nicolle, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 346.
(³) P. Nicolle et A. Jude, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1718.
(⁴) *Brit. J. exp. Path.*, 16, 1935, p. 422.

la multiplication à la température ambiante, en leur permettant d'acquérir leur plus grande richesse en antigène *Vi*, les mettrait en mesure de mieux résister aux réactions de défense de leurs hôtes à sang froid.

En faveur de cette thèse viennent s'ajouter deux autres arguments : les germes en question fournissent d'emblée à 18° des cultures rapidement luxuriantes. Ce sont des bactéries mésophiles « basses », tandis que les espèces du premier groupe, bactéries mésophiles « hautes », ne donnent de cultures abondantes à 18° qu'après une courte période d'acclimatation. Enfin, les bactéries du groupe *Ballerup* possèdent des antigènes somatiques O très voisins de ceux du groupe *Bethesda*, dont de nombreux représentants ont été isolés chez les Lézards et les Serpents.

A 15 h 50 m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

Sur la proposition de la Commission de la Protection de la Nature, transmise à l'Académie par M. le Président, la délégation française à l'Assemblée générale de l'**Union internationale pour la protection de la Nature**, qui se tiendra à Caracas, du 3 au 9 septembre 1952, est ainsi composée :

MM. **Roger Heim** et **Henri Humbert**, Membres de l'Académie; un Ingénieur spécialiste des installations hydroélectriques et de leurs répercussions sur les équilibres naturels, dont le nom sera choisi ultérieurement; MM. **Jacques Berlioz**, **Clément Bressou**, **Gustave-Henri Lestel**, **André Villiers**.

La séance est levée à 16 h 10 m.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances du mois d'avril 1952.

« Les heures scientifiques », collection dirigée par Roger Simonet. *Hérédité. Variation*, par René Simon. Paris, Dunod, 1952; 1 vol. 21,5 cm.

Collection de travaux de l'Académie internationale d'histoire des sciences. N° 7. *Traité akkadien de diagnostics et pronostics médicaux*, par René Labat. I. *Transcription et traduction;* II. *Planches*. Leiden, E. J. Brill, 1951; 2 vol. 24,5 cm et 32 cm.

Encyclopédie biologique. XV. *Faune du Centre africain français* (*Mammifères et Oiseaux*), par René Malbrant. Préface de Édouard Bourdelle. 2e édition. XXXIII. *Flore de l'Afrique du Nord*, par René Maire. Vol. I. Paris, Paul Lechevalier, 1952; 2 vol. 25,5 cm (présentés par M. Roger Heim).

Conceptions scientifiques, morales et sociales, par Albert Einstein, traduit de l'anglais par Maurice Solovine. Paris, Flammarion, 1952; 1 vol. 19 cm.

La science vivante. Collection dirigée par René Audubert. 14. *L'onde électronique et la chimie moderne*, par Raymond Daudel. (D'après les cours donnés par l'auteur à la Sorbonne et à l'École supérieure de chimie). Paris, Presses universitaires de France, 1952; 1 vol. 19 cm (présenté par M. Louis de Broglie).

La péninsule du Sinaï, par J. Daumas. Le Caire, Imprimerie Grunberg et Royal Automobile Club d'Égypte, 1951; 1 vol. 17 cm (présenté par M. Georges Durand-Viel).

Bibliothèque de Philosophie scientifique. Directeur : Paul Gaultier. *Les éléments chimiques et le monde vivant*, par Maurice Javillier. Paris, Flammarion, 1952; 1 vol. 19 cm.

Institut des parcs nationaux du Congo belge. Exploration du parc national de l'Upemba. Mission G. F. de Witte, en collaboration avec W. Adam, A. Janssens, L. Van Meel et R. Verheyen (1946-1949). Fasc. 5 : *Solifuge, Opiliones, Pedipalpi und Scorpiones* (arachnoïdea), von C. Fr. Roewer (Bremen). Fasc. 7 : *Endomychidæ* (*Coleoptera clavicornia*), by H. F. Strohecker (Miami).

Id. — Exploration du Parc national Albert. Mission G. F. de Witte (1933-1935). Fasc. 36 : *Languriinæ et Cladoxeninæ* (*Coleoptera clavicornia*), *fam. Erotylidæ*, par A. Villiers (Dakar) (*Addendum*). Fasc. 77 : *Hexapoda*. 1° *Thysanoptera* by H. Priesner (Cairo); 2° *Suctoria* (*Aphaniptera*), par J. Cooreman (Bruxelles); 3° *Hemiptera : homoptera*, par V. Lallemand et H. Synave (Bruxelles); 4° *Coleoptera : Sagridæ*, par P. Jolivet (Bruxelles), *Clytridæ*, par P. Jolivet (Bruxelles); 5° *Diptera : Asilidæ*, by S. W. Bromley (Stamford, U. S. A.), *Simuliidæ, G. Simulium*, by P. Freeman (London).

Le rouget du porc et les différentes méthodes de vaccination préventive, par Gottlieb Flückiger. Extrait de *Les Cahiers de médecine vétérinaire*. Mars-Avril 1952. Vingt-cinquième année. Vol. XXI, n° 2; 1 feuillet 21,5 cm.

Considérations sur l'éradication de la fièvre aphteuse en Europe, par GOTTLIEB FLÜCKIGER. Extrait du *Bulletin de l'Office international des Épizooties*. T. 35. Nos 11 et 12. Novembre-Décembre 1951, p. 719; 1 fasc. 24 cm.

Tuberkulose. Bückerei. Monographien zur monatsschrift « der Tuberkulosearzt », herausgegeben von Dr. ROLF GRIESBACH und Prof. Dr. OTTO WIESE. *Probleme der Schutzimpfung und die Bekämpfung der Rindertuberkulose*, von Prof. Dr. GASTON RAMON. In die deutsche sprache übersetzt von GOTTLIEB FLÜCKIGER. Stuttgart, Georg Thieme Verlag, 1952; 1 fasc. 24 cm.

Ministère de l'Agriculture. Jardin botanique de l'État. *Flore générale de Belgique*. Préface par WALTER ROBYNS. *Spermatophytes*. Vol. I, Fasc. 1, par ANDRÉ LAWALRÉE. Bruxelles, 1952; 1 vol. 25 cm.

Extraits des Comptes rendus des séances de la classe III : Sciences mathématiques et physiques, de la Société des sciences et des lettres de Varsovie. XLII, 1949. Pages 1 à 3 : *Sur un problème de M. Zarankiewicz*. Pages 4 à 8 : *Sur un exemple de M. Kunugi de la théorie des espaces abstraits*. Pages 18 à 22 : *Un théorème sur les fonctions d'ensemble*. Pages 30 à 35 : *Sur quelques propriétés des familles d'ensembles*. Pages 36 à 40 : *Sur quelques propositions qui entraînent l'existence des ensembles non mesurables*. Pages 182 à 184 : *Sur les bases dénombrables de la famille de tous les ensembles linéaires dénombrables*, par WACLAW SIERPINSKI; 6 fasc. 24 cm.

Sur la convergence absolument uniforme des séries de fonctions, par WACLAW SIERPINSKI. Extrait de *Ganita*. Vol. I, n° 2, décembre 1950; 1 fasc. 24 cm.

Extraits de *Le Matematiche*, volume unico, anno 1951. Vol. VI. *Sur une propriété des ensembles plans fermés et bornés*, et *Sur l'existence des nombres premiers avec une suite arbitraire de chiffres initiaux*, par WACLAW SIERPINSKI. Catania, Casa del libro, 1951; 2 fasc. 24 cm.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 MAI 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Ernst Gäumann**, Correspondant de l'Académie, Professeur à l'École polytechnique fédérale de Zurich, **Cyril Dean Darlington**, Membre de la « Royal Society », Directeur de la « John Innes Horticultural Institution », **Rudolf Florin**, Directeur du « Bergianska Trädgarden » de Stockholm, **William M. Hiesey**, Professeur à la « Carnegie Institution » de Washington, **Theodor Just**, Président du « Chicago Natural History Museum », **Herman Johannes Lam**, Professeur au « Rijksherbarium » de Leiden, Mlle **Suzanne Leclercq**, Professeur à l'Université de Liége, MM. **Pierre Martens**, Professeur à l'Université de Louvain, **Robert Potonié**, Professeur honoraire à l'Université de Dusseldorf, Directeur de l'Institut paléobotanique du Service géologique de Krefeld, **Paul W. Thomson**, Géologue en chef de cet Institut, Professeur à l'Université de Bonn, **John Walton**, Professeur à l'Université de Glasgow, qui assistent à la séance.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Les suites canoniques des nombres de seconde espèce de la classe* II. Note de M. **Arnaud Denjoy.**

L'auteur résume le début des théories toutes nouvelles contenues dans la seconde partie, paraissant bientôt, du Livre II (*L'Arithmétisation du transfini*) de son Livre *L'Énumération transfinie.* La détermination des suites canoniques repose sur la définition de suites croissantes, indénombrables, dites principales, et dont la succession complète réalise un type de la classe III. On admet que ces suites vérifient certains postulats.

Je rappelle ces définitions données antérieurement (1). Une suite (S) de nombres ordinaux $\varphi(\gamma)$ est dite *régulière* si elle est croissante et topologiquement fermée $\left[\text{pour } \gamma \text{ de seconde espèce, } \varphi(\gamma)=\lim_{\gamma'<\gamma}\varphi(\gamma')\right]$. Une succession bien ordonnée de suites régulières Σ^α est

---

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1105.

dite *régulière* si, pour $\alpha' < \alpha$, $\Sigma^{\alpha'}$ contient Σ^{α}, $\varphi^{\alpha'}(1) < \varphi^{\alpha}(1)$, et, pour α de seconde espèce, $\Sigma^{\alpha} = \prod_{\alpha' < \alpha} \Sigma^{\alpha'}$; γ est un *nœud* de (S) si $\gamma = \varphi(\gamma)$. Les nœuds de $(S) \equiv (S_1)$ forment la (première) *nodale* (S_2) ou $\varphi_2(\gamma)$. Les nodales d'ordres successifs δ, soit $S_{1+\delta}$ ou $\varphi_{1+\delta}(\gamma)$, forment par définition une succession régulière. S_{Ω} est la suite $\varphi_{\delta}(1)$ $(1 \leqq \delta < \Omega)$; Ω est le premier nombre de la classe III.

Le problème des suites canoniques déterminant les nombres α de seconde espèce dans la classe II est de trouver pour chacun d'eux une suite particulière croissante $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n, \ldots$ tendant vers lui et, avec le point de départ le plus naturel, accédant au nombre α par la voie la plus simple, directe et régulière. La suite $1, 2, \ldots, n, \ldots$ tendant vers ω doit en être le modèle parfait.

Notons Φ la référence à ce problème. Le problème Φ est à résoudre progressivement. En un des résultats acquis, $\alpha(\Phi)$ désignera le plus petit nombre où la solution est inconnue (443) ([2]).

Nous disons qu'en un état de Φ la suite canonique (α_n) de α est *réduite* à celle de $\alpha' < \alpha$, si α_n est une fonction connue de α'_n. On peut supposer que (α'_n) est soit connue (et alors α_n est connu), soit non réduite (441).

Nous disons que, relativement à un état du problème Φ, une suite (S) ou $\psi(\gamma)(1 < \gamma < \Omega)$ jouit de la *propriété* R, si la suite canonique de tout nombre α étranger à (S) est connue ou réduite. En ce cas (théorème A) : 1° $\alpha(\Phi) \geqq \psi(1)$; 2° la suite α_n est réduite à celle d'un nombre $\psi(\gamma)$ de (S) (443).

On peut songer à deux principes intuitifs A et B (443); α et β ayant pour suites canoniques (α_n) et (β_n) : (A) les inégalités $\alpha_1 < \beta < \alpha$ entraînent $\alpha_1 \leqq \beta_1$; (B) les inégalités $\alpha_n < \beta \leqq \alpha_{n+1}$ entraînent $\alpha_n \leqq \beta_1$. Il est constaté par la suite l'impossibilité de satisfaire à ces conditions générales (549).

Postulat I. — *La suite canonique d'un nombre de première espèce γ est réduite au terme unique $\gamma_1 = \gamma - 1$* (463).

Postulat II. — *La suite canonique de ω est* $1, 2, \ldots, n, \ldots$ (464).

Le problème Φ est de réduire la suite canonique de tout nombre de seconde espèce α à celle de ω.

I. *Définition des suites principales.* — Elles sont du type τ_{Ω}, formées de nombres de la classe II, régulières, et elles présentent trois caractères (*a*), (*b*), (*c*).

Postulat III. — *La suite* S(1) *formée des nombres de la classe* II *est principale* (464).

Caractère (*a*). — (S) *ou* $\varphi(\delta)(1 \leqq \delta < \Omega)$ *étant une suite régulière, si* γ *est un nombre de seconde espèce sans être un nœud de* (S), *la suite canonique* $[\varphi(\gamma)]_n$ *de* $\varphi(\gamma)$ *est* $\varphi(\gamma_n)$ (465).

([2]) Références aux numéros des pages du Livre.

La suite canonique de $\varphi(\gamma)$ est connue ou seulement réduite selon que celle de γ est connue ou inconnue.

THÉORÈME. — *Toute itérée d'ordre fini de la suite* (S) *possède aussi le caractère* (*a*) (466).

En conséquence, la suite canonique de $\omega \times p$ est $\omega \times (p-1) + n - 1$ ($1 \leqq (p, n) < \omega$). Dès maintenant $\alpha(\Phi) = \omega^2$.

Si $\alpha = \varphi(\gamma)$, $\gamma > 1$ étant de première espèce et $\beta = \varphi(\gamma - 1) = \varphi(\gamma_1)$ étant le précédent de α dans (S), le caractère (a') d'après lequel $\alpha_1 = [\varphi(\gamma)]_1$ serait $\varphi(\gamma_1) = \beta$ n'appartient pas à toutes les suites principales. Par contre, ce *caractère* (a'') est vérifié : α_1 *est soit* β, *soit le conséquent* $\psi(\beta + 1)$ *dans une suite principale* $\psi(\delta)$ *contenant* (S) *et admettant* $\beta = \psi(\beta)$ *pour nœud* (470).

Disons qu'en certain état du problème Φ, une suite régulière Σ ou $\psi(\gamma)$ jouit de la *propriété* K si la suite canonique de tout nombre *isolé* de Σ est connue ou réduite (471).

THÉORÈME B. — *Si la suite* (S) *ou* $\psi(\gamma)$ *présentant le caractère* (*a*) *possède en certain état du problème* Φ *les propriétés* R *et* K, *la première nodale* (S_2) *de* (S) *possède en même temps la propriété* R.

CARACTÈRE (*b*). — *Toutes les nodales d'une suite principale sont principales* (471).

Conséquences. — La suite ω^γ ($1 \leqq \gamma < \Omega$) ou S(Ω) possède la propriété R (473).
Si S est principale, toutes ses itérées d'ordre $\omega^\theta \times p$ ($1 \leqq p < \omega$) possèdent le caractère (*a*).

CARACTÈRE (*c*). — *Si* (S) *ou* $\varphi(\delta) = \varphi^{(1)}(\delta) = \varphi_1(\delta)$ *est principale, la suite canonique de son premier nœud* $\varphi^{(\omega)}(1) = \varphi_2(1)$ *est* $\varphi^{(n)}(1)$; *pour le nœud isolé* $\alpha = \varphi^{(\omega)}(\gamma + 1) = \varphi_2(\gamma + 1)$, *dont le précédent est* $\beta = \varphi^{(\omega)}(\gamma) = \varphi_2(\gamma)$, *la suite* α_n *est* $\varphi^{(n)}(\beta + 1)$ (476).

Conséquence. — La suite canonique de $\omega^{\gamma+1}$ est $\omega^\gamma \times n$.

THÉORÈME C. — *Si en certain état du problème* Φ, *la suite principale* (S) *possède les propriétés* R *et* K, *sa nodale d'ordre* ω *possède la propriété* R (478).

$\alpha(\Phi)$ est au moins l'initial de (S_ω).

Présentement, $\alpha(\Phi) = \omega^\omega$. Dès que S($\Omega$) sera tenue pour principale, sa première nodale S($\Omega + 1$) étant formée des nombres η vérifiant $\eta = \omega^\eta$ (l'initial est le nombre de Cantor $\varepsilon = \lim \omega_n$, si $\omega_1 = \omega$, $\omega_{n+1} = \omega^{\omega_n}$), $\alpha(\Phi)$ sera l'initial de la nodale d'ordre ω de S(Ω), suite notée S($\Omega + \omega$). Ce nombre est déjà inimaginablement éloigné. Mais l'analyse peut avoir besoin de tels nombres, par exemple pour définir les suites transfinies de fonctions entières de M. Borel (481).

La définition de nouvelles suites principales exige une théorie générale (484).

II. *Les successions canoniques de suites principales* (487). — Nous transposons le problème des suites canoniques des nombres de la classe II au problème

des successions canoniques définissant des suites principales qualifiées de *bases* et recevant pour indice de rang un multiple de Ω; V étant un nombre des classes I, II ou III, la base ($S(\Omega \times V)$ a pour première nodale une suite principale *fondamentale* $S(\Omega \times V + 1)$. La suite $S(1)$ est également classée comme fondamentale (491).

Les nombres de seconde espèce de la suite III seront dits de *première catégorie* s'ils sont limites d'une suite croissante de type τ_ω; sinon ils seront de *deuxième* catégorie (489). La formation d'une suite $S(U)$ se rattache à celle des suites antérieures $S(U')(U' < U)$.

1° Si U est un nombre *de première espèce*, $S(U)$ est la première nodale de $S(U-1)$ (492).

2° Si U est *de seconde espèce*, nous considérons la succession, dénombrable $\sigma_0(U)$ si U est de première catégorie, indénombrable $\Sigma_0(U)$ si U est de seconde catégorie, formée des suites $S(U')$ telles que, pour tout Z vérifiant $U' < Z < U$, $S(U')$ contient $S(Z)$. Les U' de $\sigma_0(U)$ ou $\Sigma_0(U)$ tendent vers U. La succession $\Sigma_0(U)$ est régulière; $\sigma_0(U)$ est topologiquement fermée; mais (cas *exceptionnel*) les éléments initiaux des suites $S(U')$ de $\sigma_0(U)$ peuvent coïncider à partir d'un certain rang.

a. Si U est *de première catégorie*, $S(U)$ est la suite commune aux suites de $\sigma_0(U)$ [l'existence de $\sigma_0(U)$ est le postulat IV (492); elle est d'ailleurs impliquée par les autres postulats (520)].

D'après ce qui précède, si la base $S(\Omega \times W)$ est obtenue, les suites $S(\Omega \times W + \delta)$ $(1 \leqq \delta < \Omega)$ sont les nodales de cette base pour tous les ordres δ inférieurs à Ω (493).

b. Si U est *de seconde catégorie*, la définition de $S(U)$ est subordonnée à celle d'une *succession canonique* $\Sigma(U)$ (494), formée de suites $S(U^\nu)$ ou $\varphi^\nu(\gamma)(1 < \nu < \Omega)$, régulière, incluse dans $\Sigma_0(U)$, débutant par une fondamentale $S(U^1)$, U^ν tendant vers U; $\Sigma(U)$ vérifie enfin cette condition :

θ étant un nombre de seconde espèce de la classe II, si $\alpha = \varphi^\theta(\gamma + 1)$ est isolé dans $S(U^\theta)$ et si $\beta = \varphi^\theta(\gamma)$, la suite dénombrable $\varphi^\nu(\beta + 1)$ pour $1 \leqq \nu < \theta$, complétée par α, est semi-principale [croissante, fermée topologiquement, et possédant le caractère (a)]. La condition subsiste pour $\alpha = \varphi^\theta(1)$, β et γ étant assimilés à 0.

Dès lors, $S(U)$ est la suite $\varphi^\nu(1)$ [qui déjà possède le caractère (a)]. L'existence de $\Sigma(U)$ est le *postulat* V (496).

Quand V est de première catégorie, nous admettons la possibilité de réduire la succession $\sigma_0(V)$ à une *succession semi-canonique* $\sigma(V)$ vérifiant des conditions correspondantes à celles des successions canoniques (498); $S(V)$ (ni aucune suite non fondamentale) ne peut pas appartenir à deux successions canoniques différentes (499). Nous admettrons (postulat IX) que $S(V)$ est toujours dans une $\Sigma(U)$ et dès lors, $\sigma(V)$ sera le segment de $S(V)$ dans $\Sigma(U)$ (540).

Nous désignons par $i(U)$ l'élément initial de $S(U)$.

POSTULAT VI. — *La succession formée par une fondamentale suivie de toutes ses nodales est canonique* (500).

$\Sigma(\Omega)$ est donc la succession des suites $S(\nu)$ $(1 \leqq \nu < \Omega)$ et $S(\Omega)$, suite des $i(\nu) = \omega^\nu$, est bien la nodale d'ordre Ω de $S(1)$, antérieurement introduite; $S(\Omega \times W + \Omega)$ est la suite $i(\Omega \times W + \nu)$ $(1 \leqq \nu < \Omega)$ (500). Si $S(\Omega^2 \times W)$ est connu, les postulats IV et VI donnent les suites $S(\Omega^2 \times W + \Omega \times \delta + \nu)$ $[0 \leqq (\delta,\ \nu) < \Omega;\ \delta + \nu \geqq 1]$ (509). Déjà pour nous, $\alpha(\Phi) = i(\Omega \times \omega)$.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL dépose sur le Bureau de l'Académie les tomes IV et VII des *Œuvres de Henri Poincaré*, publiés sous les auspices de l'Académie par la Section de Géométrie avec la collaboration de M. GEORGES VALIRON pour le premier, et de M. JACQUES LÉVY, pour le second.

CORRESPONDANCE.

L'Académie est informée de la réunion à Boulogne-sur-Mer, les 19, 20 et 21 juin 1952, du **XIV[e] CONGRÈS DES PÊCHES ET INDUSTRIES MARITIMES.**

Le Secrétaire général de l'**ASSOCIATION INTERNATIONALE DE LA FERTILITÉ** pour l'étude et le combat de la stérilité annonce la fondation, à Rio de Janeiro, le 18 octobre 1951, de cette Association qui groupe les Membres de 32 nationalités.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° ROGER ULRICH. *La vie des fruits. Origine, développement, structure, physiologie, composition chimique, maturation, senescence, chute, champignons nuisibles.*

2° *The Handicrafts of France as recorded in the Descriptions des Arts et Métiers* 1761-1788, par ARTHUR H. COLE et GEORGE B. WATTS.

3° Public Health Service (Bethesda, États-Unis), *Survey of compounds which have been tested for carcinogenic activity*. Second edition, par JONATHAN L. HARTWELL.

4° *A Guide to filter paper and cellulose powder Chromatography*, par J. N. BALSTON et B. E. TALBOT.

5° International Union of Geodesy and Geophysics. Association of terrestrial magnetism and electricity. *Preliminary Transactions of the Brussels Meeting, August* 21. *September* 1, 1951.

6° Disaster prevention research Institute, Kyoto University. *Bulletin* n[os] 1 et 2.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Extension du théorème de Carlson et applications*. Note de M. **Jean-Pierre Kahane**, présentée par M. Jacques Hadamard.

La relation entre le type de croissance d'une fonction $f(z)$ holomorphe dans le demi-plan $\mathcal{R}z > 0$ et la densité de ses zéros réels fait l'objet du théorème de Carlson et de la généralisation qu'en a donnée M. Fuchs. Reprenant l'idée de M. Fuchs, nous précisons ici cette relation. Puis nous appliquons les résultats obtenus à la quasi-analyticité des fonctions presque-périodiques et à des problèmes d'unicité déjà traités par M. Mandelbrojt.

Appelons « densité » d'une suite positive $\{\lambda_n\}[n=1, 2, \ldots]$ la fonction $D(r)=r^{-1}\sum_{\lambda_n\leq r} 1\ [0<r<\infty]$.

Théorème A. — *Soit une fonction réelle $k(r)$, mesurable et bornée, et une suite positive croissante $\{\lambda_n\}$ de densité $D(r)$ bornée. Les hypothèses* (A_1) : *$f(z)$ holomorphe pour $x>0$, s'annulant sur $\{\lambda_n\}$, $\log|f(z)|<rk(r)$ $[z=x+iy=re^{i\theta}]$ et* (A_2) $\overline{\lim}_{r\infty}\int^r\big(\pi D(u)-k(u)\big)u^{-1}\,du=\infty$ *entraînent $f(z)\equiv 0$. Inversement, l'hypothèse* (A_3) : $\overline{\lim}_{r\infty}\int^r\big(\pi D(u)-k(u)\big)u^{-1}\,du<\infty$, *$k(r)$ à variation bornée, entraîne l'existence de $f(z)\not\equiv 0$ satisfaisant* (A_1).

La proposition directe découle du théorème de Carleman. La réciproque s'appuie sur un lemme de M. Fuchs et un théorème d'Ahlfors.

Remarques. — I. L'hypothèse $D(r)$ bornée n'intervient que dans la réciproque; on peut la remplacer par $\overline{\lim}_{r\infty}r^{-2}\int^r uD(u)\,du<\infty$, mais non par une condition plus faible. II. La fonction $f(z)$ de la réciproque ne s'annule pas hors de $\{\lambda_n\}$. III. Le théorème A contient le théorème de Carlson, correspondant à $k(r)=k$ constante, $\{\lambda_n\}=\{n\}$; le théorème de M. Fuchs, correspondant à $k(r)=k$ constante, $\lambda_{n+1}-\lambda_n>c>0$; la réciproque du théorème de Watson, correspondant à $\{\lambda_n\}=\emptyset$.

Corollaire. — *Si la suite $\{n_n^{\lambda-1}\}$ est à variation bornée, il existe $f(z)\not\equiv 0$ satisfaisant* (A_1), *avec $k(r)=\pi D(r)$.*

Théorème A'. — *Soit $k(r)$ à variation bornée et $\{\lambda_n\}$ de densité $D(r)$, avec $\lambda_{n+1}-\lambda_n>c>0$. L'hypothèse $\overline{\lim}_{r\infty}\int^r\big(k(u)-\pi D(u)\big)u^{-1}\,du<\infty$ entraîne l'existence de $f(z)$ holomorphe pour $x>0$, s'annulant sur $\{\lambda_n\}$, avec $\log|f(z)|>|y|\,k(r)$ hors des cercles de centre λ_n et de rayon $c/3$.*

Ce résultat découle de la remarque II et de l'estimation de $\Pi|1-\mu_n^{-2}z^2|$ quand $n\leq\mu_n<n+1$.

Appelons « spectre positif » la partie positive d'un spectre.

Théorème B_1. — *Soit $\varphi(t)$ une fonction presque périodique dont le spectre positif*

a pour densité $D(r)$. *Soit* $r(\alpha)$ *une fonction croissante telle que*

$$\log\int_0^\alpha \left(|\varphi(t)|+|\varphi(-t)|\right)dt < -\alpha r(\alpha),$$

et $\alpha(r)$ *la fonction inverse de* $r(\alpha)$. *L'hypothèse* $\int^\infty \left(\alpha(r)-\pi D(r)\right) r^{-1}\,dr=\infty$ *entraîne* $\varphi(t)\equiv 0$.

La démonstration de ce théorème et des suivants s'inspire de la méthode de M. Lévine et s'appuie sur la réciproque du théorème A. M. Lévine, comme MM. Hirschmann et Jenkins qui ont amélioré ses résultats, suppose le spectre de $\varphi(t)$ symétrique. Malgré cela, notre proposition précise la leur dans certains cas, par exemple quand $\lim\limits_{r\infty} D(r)=D>0$.

Théorème B_2. — *Soit* $\varphi(t)$ *une fonction presque périodique dont le spectre positif et le spectre négatif ont respectivement pour densité* $D^+(r)$ et $D^-(r)$. *Soit* $r(\alpha)$ *une fonction croissante telle que* $\log\int_0^\alpha |\varphi(t)|\,dt<-\alpha r(\alpha)$, *et* $\alpha(r)$ *la fonction inverse de* $r(\alpha)$. *L'hypothèse* $\int^\infty \left(2\alpha(r)-\pi D^+(r)-\pi D^-(r)\right)r^{-1}\,dr=\infty$ *entraîne* $\varphi(t)\equiv 0$.

Théorème B_3. — *Soit* $\varphi(t)$ *une fonction presque périodique dont le spectre positif* $\{l_n\}$ *a pour densité* $r^{-1}\mathfrak{N}(r)$. *Supposons* $\varphi(t)$ *indéfiniment dérivable, avec* $|\varphi^{(p)}(t)|<M_p$ *et* $\varphi^{(p)}(0)=0\,[p=0,1,\ldots]$; *posons* $S(r)=\max\limits_p(p\log r-\log M_p)$. *Soit* $1/2\leqq a<1$. *Sous l'une des conditions* : α. $r^{-a}S(r)$ *à variation bornée*, $\mathfrak{N}(r)=O(r^a)$; β. $\{nl_n^{-a}\}$ *à variation bornée*, $S(r)>\pi\mathfrak{N}(r)$, *l'hypothèse* $\int^\infty\left(S(r)-\pi\mathfrak{N}(r)\right)r^{-1-a}\,dr=\infty$ *entraîne* $\varphi(t)\equiv 0$.

Théorème B_4. — *Les suites* $\{l_n\}$ *et* $\{|M_p|\}$ *vérifiant les hypothèses du théorème* B_3, *il existe au plus une fonction non décroissante normalisée* $\alpha(t)$, *de spectre positif* $\{l_n\}$, $[-\infty<t<+\infty]$ *telle que* $\int_{-\infty}^\infty t^p\,d\alpha(t)=M_p[p=0,1,\ldots]$.

On retrouve le théorème de Carleman sur le problème des moments de Stieltjes pour $\{l_n\}=\varnothing$.

Théorème C. — *On donne une fonction réelle* $m(x)$ *et une suite positive* $\{\lambda_n\}$ *de densité* $D(r)$, *telle que* $\lambda_{n+1}-\lambda_n>c>0$. *Soit* $k(r)$ *et* $\mu(r)$ *deux fonctions non décroissantes telles que* $\int^r\left(\pi D(u)-k(u)\right)u^{-1}\,du>\pi\mu(r)$; *posons*

$$\sigma(x)=\overline{\operatorname{borne}}_{u\leq x}\left(x^{-1}m(x)-2\mu(x)\right)$$

et supposons

$$\int^\infty \exp\left[-\frac{\pi}{2}\int^x\frac{d\sigma(\xi)}{k(\xi)}\right]dx=\infty.$$

Alors les hypothèses : $g(z)$ *holomorphe pour* $x>0$, *s'annulant sur* $\{\lambda_n\}$, $\log|g(z)|<m(x)$ *entraînent* $g(z)\equiv 0$.

La démonstration s'appuie sur notre théorème A' et sur un théorème de MM. Mandelbrojt et MacLane sur les fonctions holomorphes dans une bande.

On peut prendre pour $k(r)$ la plus grande fonction croissante vérifiant les hypothèses; alors, pour r assez grand, soit $\mu(r)$, soit $k(r)$ se réduit à une constante. Dans le dernier cas, on retrouve un théorème de M. Fuchs.

Le théorème C permet de retrouver très rapidement, et de préciser dans certains cas, la plupart des théorèmes d'unicité établis par M. Mandelbrojt à l'aide de son inégalité fondamentale, ainsi que les extensions qui en ont été données par M. Agmon, sur le problème des moments de Stieltjes, l'approximation polynomiale sur le demi-axe réel positif, le problème des moments de Hamburger, la quasi-analyticité généralisée (sur toute la droite réelle).

GÉOMÉTRIE. — *Extension au simplex de l'espace euclidien à n dimensions d'une propriété du triangle et du tétraèdre.* Note de M. **Alphonse Marmion**, présentée par M. Paul Montel.

La propriété en question est la suivante :

Les cercles (sphères) podaires des points d'une droite relativement à un triangle (tétraèdre) sont orthogonaux à un même cercle [1] (sphère) [2].

Pour rendre les raisonnements plus intuitifs nous allons d'abord exposer une démonstration, différente de celle de Servais, de la propriété du tétraèdre et l'étendre ensuite au cas de n dimensions.

1° Le lieu du sommet d'un trièdre trirectangle dont les faces sont respectivement tangentes à trois quadriques homofocales est une sphère concentrique aux trois quadriques (*sphère orthoptique mixte des trois quadriques*, dont certaines peuvent coïncider).

En effet, si α_i, β_i, γ_i sont les cosinus directeurs des arêtes du trièdre et

$$(1) \qquad Q_i \equiv (A+\lambda_i)u^2 + (B+\lambda_i)v^2 + (C+\lambda_i)w^2 - 1 = 0,$$

les équations tangentielles des quadriques rapportées à leurs axes, l'équation du plan tangent à Q_i normal à $(\alpha_i, \beta_i, \gamma_i)$ sera

$$(2) \qquad \alpha_i x + \beta_i y + \gamma_i z = \pm\sqrt{(A+\lambda_i)\alpha_i^2 + (B+\lambda_i)\beta_i^2 + (C+\lambda_i)\gamma_i^2}.$$

En ajoutant les équations (2) élevées au carré membre à membre, on obtient, en tenant compte des relations entre les α_i, β_i, γ_i,

$$(3) \quad x^2+y^2+z^2 = A+B+C+\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3 = \tfrac{1}{3}\Sigma[(A+\lambda_i)+(B+\lambda_i)+(C+\lambda_i)],$$

---

[1] Propriété énoncée par M. T. Lemoyne (*Nouv. Ann. de Math.*, 1904, p. 400) démontrée par de nombreux auteurs.

[2] Propriété démontrée par Servais (*Bull. Acad. des Sc. de Belgique*, 1922, p. 52) à qui elle avait été indiquée par M. V. Thébault.

équation de la sphère orthoptique mixte dont les coefficients sont ainsi des fonctions linéaires des coefficients des équations tangentielles des Q_i;

2° Si une quadrique Q est homofocale à une quadrique Q_0 inscrite à un tétraèdre T, la sphère orthoptique mixte S de Q, Q, Q_0 devient, lorsque Q est dégénérée en un couple de points, la sphère podaire de ces deux points. Pour simplifier le langage, une quadrique homofocale à une quadrique inscrite sera appelée *quadrique infocale* et, étendant la signification de sphère podaire, *nous dirons que* S *est la sphère podaire de la quadrique infocale* Q.

Les quadriques Q_0 inscrites à T forment un système linéaire tangentiel à cinq paramètres (nous dirons un L^5 tangentiel) et les quadriques infocales Q un L^6 tangentiel. Il y a ∞^3 quadriques Q dégénérées en couples de points dont l'un P peut être choisi arbitrairement, l'autre, P′ étant alors déterminé (inverse isogonal de P). Les coefficients de l'équation ponctuelle de S sont des fonctions linéaires de ceux des équations tangentielles de Q et Q_0 et comme ces derniers sont eux-mêmes des fonctions linéaires de ceux de Q, les coefficients de l'équation ponctuelle de S sont des fonctions linéaires de ceux de l'équation tangentielle de Q. Donc, *à des quadriques infocales appartenant à un* L^1, L^2 *ou* L^3 *tangentiel correspondent des sphères podaires appartenant à un* L^1, L^2 ou L^3 ponctuel.

3° Les quadriques infocales contenant une droite Δ, assujetties de ce fait à trois conditions linéaires tangentielles, forment un L^3 tangentiel. Leurs sphères podaires forment donc un L^3 ponctuel, c'est-à-dire *sont orthogonales à une même sphère*. Or les quadriques formées d'un point de Δ et de son isogonal appartiennent à cette famille de quadriques, ce qui établit la propriété.

Prenons maintenant le cas de l'espace euclidien à n dimensions E_n. La propriété 1° s'y étend évidemment, et si Q est une quadrique de cet espace homofocale à une quadrique Q_0 inscrite à un simplex T, la sphère orthoptique mixte S lieu du sommet d'un n-èdre rectangle dont $n-1$ plans (3) sont tangents à Q et 1 à Q_0 devient, lorsque Q est dégénérée en un couple de points, la sphère podaire de ces deux points. Les coefficients de l'équation ponctuelle de S sont des fonctions linéaires de ceux de l'équation tangentielle de Q et par suite, à des quadriques infocales Q appartenant à un L^1, L^2, ... L^n tangentiel correspondent des sphères podaires S appartenant à un L^1, L^2, ... L^n ponctuel.

Les quadriques de E_n forment un système linéaire tangentiel à $n(n+3)/2$ paramètres, les Q_0 à $[n(n+3)/2]-(n+1)$ et les Q à $[n(n+3)/2]-n=n(n+1)/2$ paramètres.

Une telle quadrique Q peut se décomposer en deux points dont l'un P choisi arbitrairement car l'identification donne $n(n+3)/2$ équations linéaires et il

(3) Nous employons la terminologie de Jordan dans son *Essai sur la Géométrie à n dimensions* (*Bull. Soc. Math.*, 3, 1875, p. 103-174).

y a $[n(n+1)/2]+n=[n(n+3)/2]$ inconnues, les $n(n+1)/2$ paramètres de Q et les n du deuxième point P′ qui est alors déterminé.

Cherchons un système linéaire tangentiel de quadriques infocales tel que tout point P d'une droite Δ et son isogonal P′ constituent une quadrique dégénérée faisant partie du système. Si l'on prend deux points de Δ pour sommets $u_1=0$ et $u_2=0$ du simplex de référence il faut et il suffit que dans l'équation de la quadrique les coefficients des termes ne contenant que les $n-1$ autres coordonnées tangentielles soient nuls, ce qui fait $(n-1)n/2$ conditions linéaires tangentielles. Il restera donc

$$\frac{n(n+1)}{2}-\frac{n(n-1)}{2}=n \text{ paramètres,}$$

A ce L^n tangentiel de quadriques infocales correspondra un L^n ponctuel de sphères podaires, c'est-à-dire que ces sphères de E_n seront orthogonales à une même sphère. Or celles des quadriques dégénérées en deux points sont les sphères podaires des points de la droite Δ, ce qui établit la propriété.

Conséquence. — Dans le L^n tangentiel de quadriques infocales, les quadriques inscrites forment un L^{n-1} ayant $n+1$ quadriques réduites à deux points (1 sommet et l'intersection de Δ avec la face opposée). Les sphères podaires de ces $n+1$ couples (sphères décrites sur ces couples comme diamètres) appartiennent à un L^{n-1} ponctuel, c'est-à-dire *se coupent aux deux mêmes points*, extension à l'espace à n dimensions d'un théorème de Serret sur le tétraèdre (4). Les milieux de ces couples sont dans un plan.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la répartition des périodes d'occupation ininterrompue d'un guichet.* Note (*) de M. **Félix Pollaczek**, présentée par M. Émile Borel.

A l'aide du théorème de Bernoulli, M. E. Borel (1) a déterminé les probabilités p_n pour que les périodes d'occupation ininterrompue (p. o.) d'un guichet où les visiteurs se présentent selon la loi de Poisson, soient composées de $n=1, 2, \ldots$ durées d'opération (d. o.) de longueurs identiques. Pour des d. o. variables, se pose le problème de construire en outre les fonctions de répartition (f. r.) $g_n(t)$ [normées ici de telle sorte que $g_n(\infty)=p_n$] des p. o. composées d'exactement n d. o. (« p. o. de classe n ») dont nous donnons la solution dans certaines hypothèses. Désignons par X_n ($\geqq X_{n-1} \geqq \ldots \geqq X_0=0$), T_n, τ_n ($n=0, 1, \ldots$) respectivement les instants d'arrivée, les d. o. et les délais

(4) *Géométrie de direction*, p. 267, n° 238.

(*) Séance du 12 mai 1952.

(1) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 452-456.

d'attente des visiteurs, traités selon leur ordre d'arrivée; on a alors

$$(1)\qquad \tau_n = \max(X_{n-1} + \tau_{n-1} + T_{n-1} - X_n, 0) \qquad (n = 1, 2, \ldots).$$

Supposons que les v. a. indépendantes T_n et $Y_n = X_{n+1} - X_n$ $(n = 0, 1, \ldots)$ obéissent aux lois

$$(2)\qquad \text{Prob}(t < T_n < t + dt) = df_1(t), \qquad \text{Prob}(y < Y_n < y + dy) = df_2(t)$$

dont les fonctions caractéristiques (f. c.) $\varepsilon_i(z) = \int_0^\infty e^{zt}\, df_i(t)$ $(i = 1, 2)$ satisfassent aux relations $\varepsilon_{1(2)}(z) = O(z^{-\delta})$ pour $R(z) \leqq \delta'$, $|z| \to \infty$ $(0 < \delta, \delta' \leqq 1)$.

La probabilité conditionnelle pour que la p. o. qui, dans l'hypothèse $\tau_{n_0} = 0$, commence à 'instant X_{n_0}, soit de classe n, est indépendante de n_0; pour calculer les $g_n(t)$, nous pouvons donc admettre que $n_0 = 0$, $\tau_0 = 0$. Les inégalités $\tau_1 > 0, \ldots, \tau_{n-1} > 0$, $\tau_n < 0$, nécessaires et suffisantes pour que la p. o. qui débute à l'instant $X_0 = 0$, soit de classe n, prennent à l'aide de (1) la forme

$$(3)\qquad \tau_\nu = \sum_{i=0}^{\nu-1} T_i - X_\nu = \sum_{i=0}^{\nu-1} (T_i - Y_i) > 0 \quad (\nu = 1, \ldots, n-1); \qquad \tau_n = \sum_{i=0}^{n-1} (T_i - Y_i) < 0.$$

Pour la f. c. de $g_n(t)$ nous obtenons ainsi, pour $R(q) \geqq 0$, en utilisant la fonction $sx = 1\ (x > 0)$, $= 0\ (x < 0)$,

$$(4)\qquad \begin{cases} \gamma_n(q) = \mathfrak{M}\left[e^{-q\sum_{i=0}^{n-1} T_i} \left(1 - s\sum_{i=0}^{n-1}(T_i - Y_i)\right) \prod_{\nu=1}^{n-1} s\sum_{i=0}^{\nu-1}(T_i - Y_i) \right] \\ \quad = \int_0^\infty df_1(t_0) \ldots \int_0^\infty df_1(t_{n-1}) \int_0^\infty df_2(y_0) \ldots \int_0^\infty df_2(y_{n-1}) \\ \quad \times e^{-q\sum_0^{n-1} t_i} \left[\prod_{\nu=1}^{n-1} s\sum_{i=0}^{\nu-1}(t_i - y_i) - \prod_{\nu=0}^{n-1} s\sum_{i=0}^{\nu}(t_i - y_i) \right]. \end{cases}$$

Pour $s\sum_{i=0}^{\nu-j}$ $(j = 0, 1)$, introduisons les expressions

$$(5)\qquad \begin{cases} s\sum_{i=0}^{\nu-j}(t_i - y_i) = \dfrac{1}{2\pi i} \displaystyle\int_{-i\infty+\delta_{n-\nu}}^{i\infty+\delta_{n-\nu}} \exp\left[(\zeta_{n-\nu} - \zeta_{n-\nu-1}) \sum_{i=0}^{\nu-j} (t_i - y_i) \right] \dfrac{d\zeta_{n-\nu}}{\zeta_{n-\nu} - \zeta_{n-\nu-1}} \\ \qquad (0 < \delta_1 < \ldots < \delta_n;\ \zeta_0 = 0;\ j = 0, 1) \end{cases}$$

et effectuons les intégrations réelles; à l'aide des notations $\alpha_0 = 1$ et

$$(6)\qquad \begin{cases} \alpha_n(\zeta_0, q) = \dfrac{1}{(2\pi i)^n} \displaystyle\int_{-i\infty+\delta_1}^{i\infty+\delta_1} \cdots \int_{-i\infty+\delta_n}^{i\infty+\delta_n} \prod_{\nu=1}^{n} \dfrac{\varepsilon_1(-q+\zeta_\nu)\,\varepsilon_2(-\zeta_\nu)}{\zeta_\nu - \zeta_{\nu-1}}\, d\zeta_1 \ldots d\zeta_n \\ \qquad (n = 1, 2, \ldots), \end{cases}$$

$$(7)\qquad \sum_{n=0}^{\infty} z^n \alpha_n(\zeta, q) = A(\zeta, q, z),$$

nous obtenons

$$\gamma_n(q) = \alpha_{n-1}(0, q)\,\varepsilon_1(-q) - \alpha_n(0, q); \qquad \sum_{n=1}^{\infty} z^n \gamma_n(q) = 1 - \big(1 - z\varepsilon_1(-q)\big)\,A(0, q, z).$$

Nous avons ensuite

$$\frac{1}{2\pi i}\int_{-\infty+0}^{\infty+0} \frac{\varepsilon_1(-q+\zeta)\,\varepsilon_2(-\zeta)}{\zeta-\xi}\,\alpha_n(\zeta, q)\,d\zeta = \alpha_{n+1}(\xi, q),$$

$$(8) \qquad A(\xi, q, \zeta) = 1 + \frac{z}{2\pi i}\int_{-i\infty+0}^{i\infty+0} \frac{\varepsilon_1(-q+\zeta)\,\varepsilon_2(-\zeta)}{\zeta-\xi}\,A(\zeta, q, z)\,d\zeta;$$

la solution de cette équation intégrale ([2]) est

$$(9) \qquad \begin{cases} A(\xi, q, z) = \exp\left[-\dfrac{1}{2\pi i}\displaystyle\int_{-i\infty+0}^{i\infty+0} \log\big(1 - z\varepsilon_1(-q+\zeta)\,\varepsilon_2(-\zeta)\big)\frac{d\zeta}{\zeta-\xi}\right] \\ \qquad\qquad \big(R(\zeta-\xi),\ R(q-\zeta) > 0,\ |z| < 1\big). \end{cases}$$

De là résulte pour la fonction génératrice des $\gamma_n(q)$:

$$(10) \qquad \sum_{n=1}^{\infty} z^n \gamma_n(q) = 1 - \exp\left[-\frac{1}{2\pi i}\int_{-i\infty-0}^{i\infty-0} \log\big(1 - z\varepsilon_1(-q+\zeta)\,\varepsilon_2(-\zeta)\big)\frac{d\zeta}{\zeta}\right];$$

cette formule, légèrement modifiée dans le cas où Prob. $\{T = Y\} > 0$, reste valable si $\varepsilon_1(z)$ et $\varepsilon_2(z)$ sont des polynomes en e^{hz} $(h > 0)$.

Pour $f_2(t) = 1 - e^{-\eta t}$, $\varepsilon_2(z) = \eta/(\eta - z)$ (ce qui implique la loi de Poisson pour le nombre d'arrivées), il vient, à l'aide de la formule d'inversion de Lagrange,

$$(11) \qquad g_n(t) = \frac{1}{2\pi i}\int_{-i\infty+0}^{i\infty+0} e^{qt}\,[\varepsilon_1^n(x)]_{x=-q-\eta}^{(n-1)}\,\frac{dq}{q} \qquad (n = 1, 2, \ldots),$$

$$(12) \qquad \sum_{n=1}^{\infty} g_n(t) = 1 - \frac{1}{2\pi i}\int_{-i\infty+0}^{i\infty+0} e^{qt}\,\frac{q_0 - q}{q\eta}\,dq,$$

q_0 désignant l'unique solution de l'équation

$$q + \eta - q_0 = \eta\varepsilon_1(-q_0) \qquad \big(R(q) \geqq 0,\ q \neq 0\big)$$

telle que $R(q_0) > 0$; au sujet d'une autre démonstration de (12), *voir* ([3]).

Pour la probabilité pour qu'une p. o. soit de la classe ∞, nous trouvons

$$(13) \qquad p_\infty = \mathfrak{M}\prod_{\nu=1}^{\infty} s\tau_\nu = 1 - \sum_{n=1}^{\infty}\mathfrak{M}\left[\prod_{\nu=1}^{n-1} s\tau_\nu - \prod_{\nu=1}^{n} s\tau_\nu\right] = 1 - \sum_{n=1}^{\infty}\gamma_n(0)$$
$$= \lim_{z=1-0} \exp\left[-\frac{1}{2\pi i}\int_{-i\infty-0}^{i\infty-0} \log\big(1 - z\varepsilon_1(\zeta)\,\varepsilon_2(-\zeta)\big)\,d\zeta\right];$$

il vient $p_\infty = 0$ ou $p_\infty > 0$, selon que $\varepsilon_1'(0) \leqq \varepsilon_2'(0)$ ou $\varepsilon_1'(0) > \varepsilon_2'(0)$.

([2]) F. Pollaczek, *Journ. Math. pures et appl.*, (9e série), **24**, 1945, p. 73.

([3]) D. G. Kendall, *Journ. Royal Statist. Soc. B.*, **13**, 1951 (à paraître).

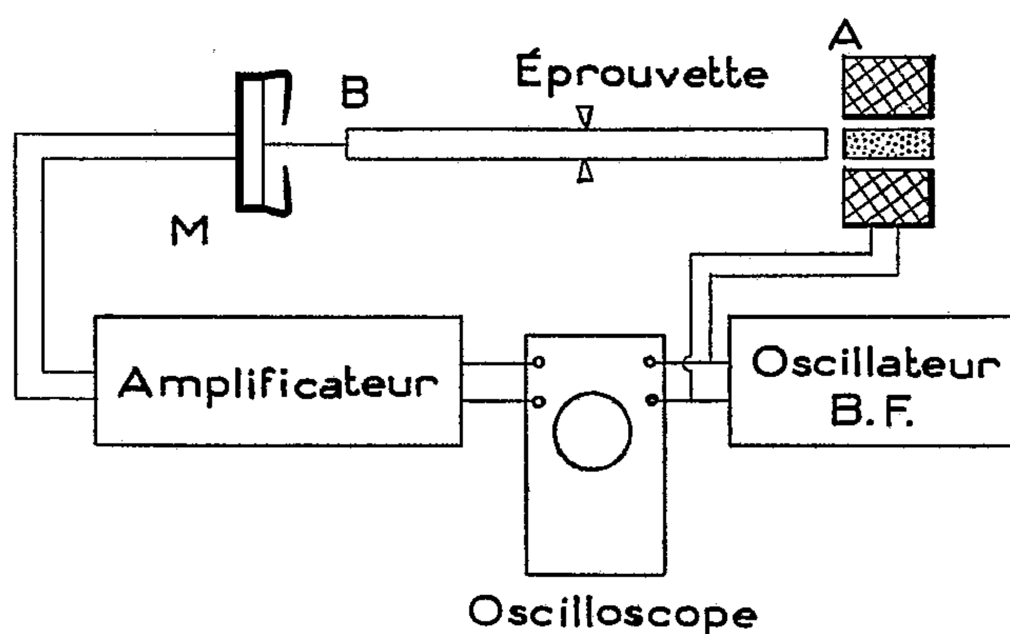
ÉLASTICITÉ. — *Mesure du module d'Young de barreaux métalliques par une méthode électromagnétique.* Note de MM. **Jean Savornin** et **Georges Renucci**, présentée par M. Jean Cabannes.

La méthode est applicable à des tiges métalliques même non magnétiques. Une telle tige AB tenue en son milieu par un anneau de caoutchouc est mise en vibration par un champ magnétique alternatif non uniforme créé près d'une extrémité A : une force répulsive agit sur les courants induits dans la tige avec une fréquence double de celle du champ. La résonance sur la fréquence propre de la tige est appréciée à l'oscilloscope : la fréquence de l'oscillateur BF créant le champ et la fréquence recueillie à l'extrémité B de la tige donnent la figure (1 : 2) de Lissajous.

Les vibrations longitudinales de barreaux métalliques de longueur L, de densité d, permettent de mesurer le module d'Young E par détermination de la fréquence propre $N = (1/2L)\sqrt{(E/d)}$. Si la longueur est grande devant le diamètre, la correction de contraction transversale est négligeable.

L'un des procédés employés ([1]) consiste à donner un choc à une extrémité du barreau fixé en son milieu, et à étudier les vibrations propres à l'aide d'un quartz piézoélectrique placé près de l'autre extrémité, ou séparé d'elle par une goutte de liquide; si le métal de l'éprouvette est magnétique, l'extrémité vibrante induit dans la bobine une f. é. m. oscillatoire amortie dont on mesure la fréquence.

Dispositif expérimental. — Il est plus avantageux de communiquer à l'éprouvette des vibrations entretenues : le problème est aisé à résoudre s'il s'agit d'un métal magnétique. Dans le cas d'un métal non magnétique, nous avons réussi à le mettre en vibration grâce aux courants induits dans la masse par un champ magnétique alternatif. Le montage est représenté sur la figure.



L'éprouvette est une tige AB tenue en son milieu par un anneau en caoutchouc; elle entre en vibration sur sa fréquence fondamentale N (un ventre à

([1]) C. Florisson, *Mém. Soc. Fr. des Mécaniciens*, Communication du 2 février 1938.

chaque extrémité) lorsque l'oscillateur B. F. étalonné envoie la fréquence N/2 dans la bobine A à noyau de fer divisé. L'oscillation est mise en évidence par un capteur de vibrations constitué par un simple écouteur téléphonique dont la membrane M est placée vis-à-vis de l'extrémité B. Une petite aiguille métallique très fine disposée lâchement entre M et B facilite beaucoup l'observation de la résonance, sans altérer de façon appréciable la fréquence propre de l'éprouvette. La réponse du capteur, amplifiée, est appliquée aux plaques de déviation verticale d'un oscilloscope dont les plaques de déviation horizontale reçoivent a tension B. F. de l'oscillateur. On aperçoit sur l'écran une figure de Lissajous, dont la hauteur renseigne sur l'amplitude des oscillations du barreau. Cette hauteur passe par un maximum très accentué lorsque la fréquence varie aux environs de N/2. Il est possible d'exciter le barreau par des fréquences sous-harmoniques autres que N/2, mais l'amplitude est moins forte.

La répulsion de l'extrémité A de l'éprouvette par le champ alternatif est celle qui intervient dans l'expérience bien connue de l' « anneau sauteur » (E. Thomson). On peut aussi faire un rapprochement avec la méthode utilisée par H. Saint-Clair ([2]) pour mettre en vibration un cylindre très court en duralumin fonctionnant comme projecteur à ultrasons.

Résultats. — L'appareillage nous a permis de déterminer le module d'Young E de barreaux métalliques divers. C'est ainsi qu'un échantillon de cadmium de diamètre 8 mm, de longueur 17,73 cm, vibrait sur la fréquence $N = 7060$. On en a déduit pour valeur de E :

$$(5,67 \pm 0,05) . 10^{11} \text{C. G. S.}$$

Nous étendons actuellement la méthode à des échantillons de substances isolantes : la tige est munie à ses extrémités d'un léger disque ou anneau métallique.

ASTRONOMIE. — *Nouvelle recherche d'une atmosphère au voisinage de la Lune.* Note de M. **Audouin Dollfus**, présentée par M. André Danjon.

J'ai recherché à nouveau une faible atmosphère lunaire en étudiant, avec le coronographe et un polariscope à frange, la lumière crépusculaire polarisée qu'elle diffuserait au delà des cornes du croissant. La faible polarisation du fonds lumineux était compensée ; une polarisation auxiliaire augmentait la précision. La densité au sol de l'atmosphère de la Lune est inférieure au milliardième de celle de la Terre.

En 1949, j'avais essayé, avec B. Lyot et sur son conseil, de déceler une faible atmosphère entourant la Lune. Nous recherchions la lueur crépusculaire qu'elle diffuserait au bord du disque au delà des cornes du crois-

([2]) *Rev. Sc. Inst.*, 12, 1941, p. 250.

sant (1). Pour augmenter son contraste, nous avions diminué la lumière lunaire diffusée par l'atmosphère terrestre et la lunette en utilisant le coronographe du Pic du Midi. Sur les clichés, l'analyse de la distribution de la brillance avait montré que la densité de l'atmosphère lunaire au niveau du sol est inférieure au cent-millionième de celle de l'atmosphère terrestre.

J'ai cherché depuis à découvrir une atmosphère lunaire encore moins dense en analysant près des cornes du croissant la distribution de la *polarisation de la lumière* (2).

A la quadrature, la lumière crépusculaire de l'atmosphère lunaire est totalement polarisée; elle s'observe à travers un fonds lumineux, faiblement polarisé, qui provient de la diffusion de la lumière lunaire et de la lumière cendrée; pour l'angle de phase 100°, ces deux lumières ont même polarisation, celle du fonds est uniforme et peut être exactement compensée en tout point du champ; la polarisation de l'atmosphère lunaire subsiste seule, affaiblie par la lumière du fond; elle peut être décelée avec un seuil de sensibilité beaucoup plus bas que celui correspondant au contraste de la lueur.

Mesure de la polarisation. — L'image de la région de la pointe du croissant lunaire, formée par le coronographe, est projetée à l'infini par une lentille de 9,5 cm de foyer, suivie d'un polariscope de Savart-Lyot (3) qui produit sans perte de lumière des franges à l'infini, perpendiculaires au bord lunaire, d'écartement 10′; leur contraste est en chaque point proportionnel à la proportion de lumière polarisée. Une seconde lentille de 9,5 cm de foyer projette l'image sur une plaque photographique, striée par les franges du polariscope; le diamètre de l'image lunaire est de 28 cm. Avant la lentille, une lame de verre mince est interposée; son inclinaison autour d'un axe parallèle à la direction des franges permet de compenser la polarisation du fond lumineux. Cette lame est suivie, comme dans le polarimètre de Lyot (3), d'une seconde lame, inclinée autour d'un axe qui peut être soit parallèle, soit perpendiculaire à celui de la première lame; elle produit une polarisation auxiliaire qui fait réapparaître de faibles franges dans tout le champ; leur contraste est le même pour les deux positions de la lame. Dans la région de champ où se trouve l'atmosphère, la polarisation auxiliaire s'ajoute et se retranche respectivement à celle de l'atmosphère et l'égalité des contrastes des franges est rompue.

Avantages de la mesure polarimétrique. — La lueur de l'atmosphère est striée par des bandes juxtaposées, serrées et répétées. Elles s'observent

---

(1) B. Lyot et A. Dollfus, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1277.

(2) J'avais signalé cette possibilité en 1948, à la Commission 16, de l'Union Astronomique Internationale : *Trans. I. A. U.*, 7, p. 168.

(3) B. Lyot, *Thèse*, 1929.

encore avec un contraste au moins deux fois plus faible que celui nécessaire pour déceler globalement la lueur. L'introduction de la polarisation auxiliaire double encore cette sensibilité. L'angle de phase convenable est 100°; en 1949, il avait été de 61°. Le croissant lunaire présentera donc une surface réduite, une brillance plus faible, un assombrissement le long du terminateur, qui diminueront beaucoup la diffusion près des cornes. Si l'on a soin d'arrêter la lumière cendrée brillante et étendue, par un cache débordant le disque du coronographe et ne démasquant qu'une petite région autour de la corne du croissant, le fond lumineux sera beaucoup plus sombre.

Clichés obtenus. — Après plusieurs essais, le 25 avril 1950, le ciel fut particulièrement pur au Pic du Midi, avec un angle de phase de 95°. Deux clichés furent obtenus sur plaque Eastman 103 *a*E, avec filtre orangé Wratten 12, temps de pose 1 h chacun, en compensant la polarisation du fonds P = 83 °/₀₀ et en ajoutant respectivement, dans chaque sens, une polarisation auxiliaire de 45 °/₀₀.

Étude des clichés. — J'ai agrandi et contretypé deux fois les images, afin de rendre observable la granulation de l'émulsion. A l'emplacement de la lueur de l'atmosphère, les franges ne montraient pas de différences de contraste significatives eu égard aux fluctuations de la granulation. Sur une plaque identique, j'ai photographié une série de franges produites par des polarisations croissantes de 3 en 3 °/₀₀ autour de la valeur 45 °/₀₀ et trouvé le seuil de polarisation décelable dans les conditions précédentes, soit 9 °/₀₀. Toutefois, le 25 avril, la frange centrale du polariscope n'était pas très correctement placée, ce qui oblige à doubler la valeur de ce seuil. Par contre, le ciel donnait un fond diffusé exceptionnellement réduit; la brillance était 1/60 de celle de la lumière cendrée, soit $1,6.10^{-7}$ sb.

Densité limite de l'atmosphère. — Soit B_a la brillance de l'atmosphère lunaire observée au niveau du sol, P_a sa polarisation, B_f et P_f la brillance et la polarisation du fond lumineux; après compensation de P_f, on observe la polarisation : $P = (P_a - P_f)B_a/B_f$. P étant relatif à la lueur globale comprise jusqu'à l'isophote $B_a/2$, on trouve : $B_a \leq 5.10^{-9}$ sb, auquel correspond, dans le cas du CO_2 (¹), une densité au sol inférieure à $0,5.10^{-9}$ fois celle de l'atmosphère terrestre. *L'atmosphère permanente de la Lune possède une densité très probablement inférieure au milliardième de celle de l'atmosphère terrestre.* Cette limite est dix fois plus faible que celle obtenue par photométrie en 1949. Elle n'exclut pas l'existence éventuelle de vapeurs plus denses, mais passagères ou localisées.

Perfectionnement de la méthode. — Pour rechercher une atmosphère encore plus faible, on pourra substituer au polariscope le dispositif à grille demi-onde que nous avons décrit (¹); la sensibilité sera doublée.

(¹) B. LYOT et A. DOLLFUS, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1773.

On pourra opérer en lumière violette : la brillance de l'atmosphère lunaire augmentera comme λ^{-4}, celle du fond diffusé augmentera presque autant, mais la Lune étant 2,5 fois moins brillante, la sensibilité sera accrue dans ce rapport.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Théorie des modifications ordre-désordre dans les alliages* $Au\text{-}Cu_3$. Note de M. **Gérard Fournet**, présentée par M. Charles Mauguin.

Nous avons appliqué et complété la théorie d'Yvon en tenant compte des seconds voisins. Les déterminations théoriques de l'ordre à grande distance et de l'ordre à petite distance sont en bon accord avec les faits.

Dans une Note précédente ([1]), dont nous conservons les notations, nous avions donné de nouvelles précisions théoriques sur les modifications ordre-désordre des alliages Cu-Zn; à partir des mêmes hypothèses nous avons entrepris l'étude des alliages $Au\text{-}Cu_3$.

Nous avons utilisé les termes à un nœud et les termes à deux nœuds de la théorie d'Yvon ([2]) en faisant intervenir les énergies $W(r_1)$ et $W(r_2)$ relatives aux premiers et seconds voisins. Nous rappelons que l'énergie $W(r)$ est définie par

$$W(r) = W_{CuCu}(r) + W_{AuAu}(r) - 2W_{CuAu}(r)$$

où $W_{AB}(r)$ désigne l'énergie potentielle mutuelle d'un couple d'atomes A et B à la distance r l'un de l'autre. La théorie d'Yvon ne fournit que des solutions *possibles* ([3]) de l'ordre à grande distance s; pour obtenir la courbe représentative de s en fonction de la température T nous avons dû calculer et tenir compte de la fonction de l'énergie libre de configuration. En choisissant — 0,5 comme valeur du rapport de $W(r_2)$ à $W(r_1)$ nous trouvons une courbe $s = f(T)$ en accord avec les déterminations expérimentales ([4]); cette courbe théorique présente une discontinuité (la valeur de s tombe brusquement de 0,8 à zéro) pour une certaine température, température que nous identifions à la température critique.

Pour étudier l'ordre à petite distance, il suffit de considérer les expressions des « densités simultanées » $n_2(r_i)$, probabilités de trouver deux atomes d'or à la distance r_i. Nous avons effectué ce calcul en tenant compte des termes à deux nœuds, des termes à trois nœuds et des énergies $W(r_1)$ et $W(r_2)$. Dans

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 155.
(2) *Cahiers de Physique*, **28**, 1945, p. 1.
(3) G. Fournet, *J. Phys.*, **13**, 1952, p. 14 A.
(4) D. T. Keating et B. E. Warren, *J. Appl. Phys.*, **22**, 1951, p. 286.
(5) *Phys. Rev.*, **77**, 1950, p. 669.

cette approximation, *l'ordre à petite distance s'étend jusqu'aux huitièmes voisins*. Nous avons comparé nos déterminations théoriques avec les déterminations expérimentales de Cowley ([5]). Les variables « α_i » étudiées par Cowley sont liées aux densités simultanées $n_2(r_i)$ par

$$16 n_2(r_i) = 1 + 3\alpha_i;$$

l'expression $16\, n_2\,(r)$ est égale à l'unité quand l'ordre à petite distance correspondant est nul.

Dans le tableau ci-dessous, nous avons indiqué les valeurs expérimentales et théoriques de $16 n_2(r_i)$ pour $i = 1, 2, \ldots, 8$, c'est-à-dire pour les huit premières couches de voisins.

Les valeurs théoriques ont été calculées en supposant que le rapport de $W(r_2)$ à $W(r_1)$ est égal à $-0,5$. Nous indiquons nos résultats pour les températures de 405, 460 et 550°C.

	400°C.		460°C.		550°C.	
i.	Exp.	Th.	Exp.	Th.	Exp.	Th.
1.........	0,544	0,520	0,556	0,559	0,607	0,607
2.........	1,558	1,880	1,516	1,760	1,315	1,635
3.........	1,027	1,059	1,057	1,052	1,078	1,046
4.........	1,285	1,248	1,204	0,206	1,135	1,166
5.........	0,841	0,855	0,853	1,880	0,904	0,903
6.........	1,075	1,000	1,021	1,000	0,973	1,000
7.........	0,952	1,000	0,976	1,000	0,991	1,000
8.........	1,144	1,045	1,126	1,035	1,057	1,025

La précision absolue des déterminations expérimentales étant de 0,030 sur les quantités $16 n_2(r_i)$, nous pouvons dire qu'il y a bon accord entre les faits et les prévisions théoriques.

Pour expliquer l'ensemble des phénomènes d'ordre à grande et à petite distances nous pouvons choisir la valeur 10^{-13} erg pour $W(r_1)$. Cette valeur est tout à fait acceptable quand on sait que l'énergie $W_{\text{CuCu}}(r_1)$ est de l'ordre de 2.10^{-11} erg ([6]).

Nous avons étudié l'influence de l'énergie $W(r_3)$ entre troisièmes voisins sur les densités simultanées $n_2(r_i)$; nous avons ainsi trouvé que l'accord est optimum pour $W(r_3)/W(r_1) = 0,0$. Nous pensons donc que les désaccords qui subsistent (ordre à petite distance entre seconds voisins, différence entre les valeurs $-0,84$ et $1,1^{-13}$ erg de $W(r_1)$ qui assurent l'accord optimum pour les phénomènes d'ordre à grande distance d'une part et les phénomènes d'ordre à petite distance d'autre part) pourraient peut-être disparaître en tenant compte des termes faisant intervenir un nombre de nœuds plus élevé.

([6]) K. Fuchs, F. Seitz, *The modern theory of Solids*, Chap. X.

La connaissance des valeurs de $n_2(r_i)$ suffit pour déterminer le « réseau réciproque » de Au-Cu_3 et donc pour prévoir tous les phénomènes de diffusion des rayons X auxquels cet alliage peut donner lieu. Nous avons ainsi calculé théoriquement, pour une température de 405° C, la forme des lignes d'iso-intensité dans le plan (100) du réseau réciproque; nos résultats sont en accord satisfaisant avec les déterminations expérimentales ([5]). Dans le cadre général de la diffusion des rayons X par la matière, nous donnons ainsi un nouvel exemple de relation entre l'intensité du rayonnement diffusé aux énergies d'interaction entre atomes; nous avons donné par ailleurs ([7]), ([8]) ces relations dans le cas des gaz, des liquides et des solutions.

Notons enfin que notre méthode d'étude des transformations ordre-désordre permet de prévoir quantativement les phénomènes d'ordre à petite distance à partir de données expérimentales sur l'ordre à grande distance.

Un mémoire détaillé sur ce travail paraîtra dans un autre Recueil.

PHYSIQUE DES SURFACES. — *Adsorption de l'acide myristique et de l'acide palmitique sur la paraffine*. Note (*) de Mme **Lina Guastalla**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Rappel de la méthode de mesure des « pressions interfaciales » p_i (sur la paraffine solide) et des pressions superficielles p des acides gras adsorbés à partir de leurs solutions. On peut traiter comme des couches d'adsorption les films *stables* prélevés sur une lame paraffinée (acides à longue chaîne), en introduisant une concentration d'équilibre c. Particularités observées.

Rappelons que l'on détermine la pression interfaciale p_i d'un film adsorbé sur un solide à partir d'une solution, en faisant la différence des tensions d'adhésion $\tau_{sol} - \tau_0$ de la solution et du solvant pur par rapport à ce solide; elle représente l'énergie libre d'adsorption des molécules du film à l'interface, comme la pression superficielle p, différence $(\gamma_0 - \gamma)$ des tensions superficielles, représente l'énergie libre d'adsorption à la surface libre liquide ([1]).

Des mesures de tension superficielle γ et de tension d'adhésion τ sur la paraffine ont été faites au tensiomètre à deux fils de torsion (vers 20° C) pour une série d'acides gras à chaîne saturée, à partir de leurs solutions dans HClN/100. Les courbes représentant p_i et p en fonction des concentrations ont des formes analogues pour les acides légers; à partir de C_7, comme on le

([7]) G. Fournet, *Acta Crystallographica*, 4, 1951, p. 293.

([8]) G. Fournet, *Bull. Soc. Fr. Min.*, 74, 1951, p. 37.

(*) Séance du 12 mai 1952.

([1]) J. et L. Guastalla, D. Luzzatti, H. L. Rosano et L. Sharaga, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 220.

sait ([2]), les courbes des p manifestent une tendance de plus en plus nette à un changement d'état (inflexion); cette tendance n'apparaît pas dans la courbe des p_i. Pour l'acide laurique (C_{12}), le changement d'état en p est net (point anguleux); la courbe des p_i ne présente aucune inflexion. La différence $(p_i - p)$, qui s'accentue avec la longueur de la chaîne, est ici de l'ordre de 5-6 dynes/cm dans un grand domaine de concentrations ([3]).

Étude des acides insolubles en C_{14} *et* C_{16}. — Des films de ces acides sont déposés sur l'eau acidulée : on mesure les pressions superficielles p, et (par différence de tensions d'adhésion) les pressions interfaciales p_i de la couche prélevée sur la lame paraffinée plongée à travers le film ([4]). On porte p_i et p en fonction de l'aire superficielle σ. A tout palier en $(p - \sigma)$ correspond une valeur constante de p_i (*fig.* 1).

Pour étendre à ces acides insolubles les conceptions utilisées dans l'étude des acides solubles, on s'est appuyé sur le travail de L. Saraga ([5]) qui a montré que l'on pouvait considérer un film étalé à la surface libre d'un liquide comme en équilibre avec une couche sous-jacente très mince de sa solution, et l'on a admis que le film interfacial prélevé était lui aussi en équilibre avec cette même couche mince de solution. On a pu alors relier (comme suit) la pression superficielle et la pression interfaciale à la concentration c de la solution sous-jacente, connue toutefois à un facteur constant près. De l'équation de Gibbs,

$$\delta = \frac{1}{\sigma} = \frac{dp}{kT\,d\ln c},$$

on tire

$$\int \sigma\, dp = kT \ln \frac{c}{A}.$$

Le premier terme s'obtient par intégration graphique de l'isotherme $(p - \sigma)$; on en tire les valeurs de c/A (A, constante d'intégration) correspondant aux diverses valeurs de p et de p_i.

La concentration de la couche superficielle du liquide en équilibre avec les deux films adsorbés est la seule grandeur commune à laquelle on puisse rapporter les mesures faites simultanément de p et de p_i (car si l'on connaît l'aire moléculaire superficielle σ, on ne sait rien *a priori* de l'aire moléculaire σ_i du film interfacial). Un palier en $(p - \sigma)$ correspond à une valeur constante de la concentration de la zone liquide en équilibre avec la couche superficielle comme avec la couche interfaciale, donc à une valeur constante de p_i; cette valeur

([2]) Frumkin, *Z. Phys. Chem.*, **116**, 1925, p. 466.

([3]) L. Guastalla, *J. Chim. Phys.*, **48**, 1951, p. 215.

([4]) Ces conceptions doivent se substituer à celles qui nous avaient guidés dans un travail préliminaire (L. et J. Guastalla, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1575).

([5]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 46.

constante ne donne aucune indication sur l'éventualité d'un équilibre de phases dans le film adsorbé sur le solide.

Acide myristique. — Alors que la courbe $p - c/A$ présente deux points anguleux (correspondant à la vaporisation et au changement d'état « liquide lâche »-« liquide condensé »), la courbe $p_i - c/A$ est partout continue et présente seulement une inflexion à sa partie inférieure (*fig.* 2).

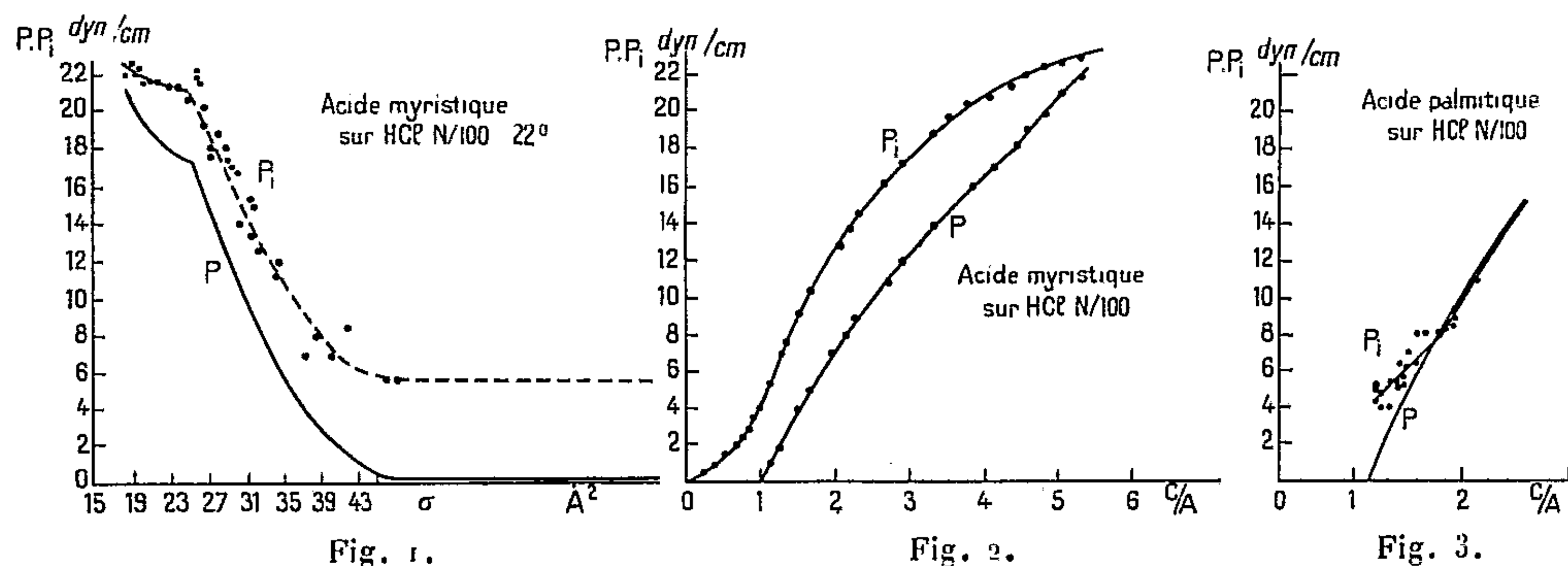


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Acide palmitique. — Les valeurs de p_i déterminées à la *descente* de la lame paraffinée et à la *remontée*, valeurs pratiquement confondues dans les cas précédents, sont ici distinctes; les cycles d'hystérésis correspondants ont une ampleur anormale. La courbe des p_i d'entrée (*fig.* 3) paraît seule significative : en effet des mesures de taux de prélèvement ont montré (sauf dans le cas d'une manipulation rapide) des anomalies dans la restitution du film prélevé.

On observe en p_i, vers 7 dynes/cm, une cassure sans correspondance en p, paraissant indiquer un changement d'état de la couche interfaciale.

OPTIQUE. — *Sur les déphasages que subit une onde plane par réflexion ou par transmission à travers une couche métallique très mince.* Note de M. **Florin Abelès**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons indiqué dans une précédente Note (¹) les expressions donnant les facteurs de réflexion et de transmission d'une couche absorbante très mince. Nous nous proposons d'examiner maintenant les déphasages que subit une onde plane lorsqu'elle se réfléchit sur une telle couche ou lorsqu'elle la traverse.

Désignons par n_0, n_2, φ_0 et φ_2 les indices de réfraction et les angles d'incidence dans les milieux extrêmes supposés transparents, $\bar{n} = n - ik$ étant « l'indice complexe » du métal déposé en couche mince d'épaisseur d. Les coefficients de réflexion sur la couche pour une onde incidente dans les milieux d'indices n_0 et n_2 sont $r = \rho \exp(i\delta_r)$ et $r' = \rho' \exp(i\delta_{r'})$ respectivement, tandis

(¹) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 198.

que le coefficient de transmission est $t = \tau \exp(i\delta_t)$ lorsque l'onde incidente se trouve dans le milieu d'indice n_0. Si l'on désigne par $\rho_1 \exp(i\theta_1)$ et $\rho_2 \exp(i\theta_2)$ les coefficients de réflexion aux interfaces $n_0/\bar{n}$ et $\bar{n}/n_2$ respectivement, tandis que les coefficients de transmission correspondants sont $\tau_1 \exp(i\psi_1)$ et $\tau_2 \exp(i\psi_2)$, on sait que

$$r = \frac{\rho_1 e^{i\theta_1} e^{i(p-iq)\eta} + \rho_2 e^{i\theta_2} e^{-i(p-iq)\eta}}{e^{i(p-iq)\eta} + \rho_1 \rho_2 e^{i(\theta_1+\theta_2)} e^{-i(p-iq)\eta}}, \qquad r' = -\frac{\rho_2 e^{i\theta_2} e^{i(p-iq)\eta} + \rho_1 e^{i\theta_1} e^{-i(p-iq)\eta}}{e^{i(p-iq)\eta} + \rho_1 \rho_2 e^{i(\theta_1+\theta_2)} e^{-i(p-iq)\eta}},$$

$$t = \frac{\tau_1 \tau_2 e^{i(\psi_1+\psi_2)}}{e^{i(p-iq)\eta} + \rho_1 \rho_2 e^{i(\theta_1+\theta_2)} e^{-i(p-iq)\eta}},$$

où $\eta = 2\pi d/\lambda$, λ étant la longueur d'onde dans le vide de la radiation monochromatique incidente et $(p - iq)^2 = (n - ik)^2 - n_0^2 \sin^2 \varphi_0$. Les origines des phases sont les interfaces $n_0/\bar{n}$ pour δ_r et $\bar{n}/n_2$ pour $\delta_{r'}$ et δ_t. Si l'on développe en série les exponentielles contenant η, on obtient

$$\left.\begin{matrix} r \\ r' \end{matrix}\right\} = \frac{\sum_{m=0}^{\infty} (a_{2m+1}\eta^{2m+1} \pm a_{2m}\eta^{2m})}{\sum_{m=0}^{\infty} b_m \eta^m}, \qquad t = \frac{\tau_1 \tau_2 e^{i(\psi_1+\psi_2)}}{\sum_{m=0}^{\infty} b_m \eta^m},$$

où

$$(2m)!\, a_{2m} = (\rho_1 e^{i\theta_1} + \rho_2 e^{i\theta_2})[i(p-iq)]^{2m}, \quad (2m+1)!\, a_{2m+1} = (\rho_1 e^{i\theta_1} - \rho_2 e^{i\theta_2})[i(p-iq)]^{2m+1},$$
$$(2m)!\, b_{2m} = (1 + \rho_1\rho_2 e^{i(\theta_1+\theta_2)})[i(p-iq)]^{2m}, \quad (2m+1)!\, b_{2m+1} = (1 - \rho_1\rho_2 e^{i(\theta_1+\theta_2)})[i(p-iq)]^{2m+1},$$

relations valables pour une onde polarisée dans le plan d'incidence ou perpendiculairement à celui-ci et pour un angle d'incidence quelconque.

Dans le cas de l'incidence normale, on vérifie que, si l'on néglige toutes les puissances de η à partir de et y compris la troisième, on peut poser

$$a_0 = 2(n_0 - n_2), \quad a_1 = 2i(n_0 n_2 - \bar{n}^2), \quad a_2 = -(n_0 - n_2)\bar{n}^2;$$
$$b_0 = 2(n_0 + n_2), \quad b_1 = 2i(n_0 n_2 + \bar{n}^2), \quad b_2 = -(n_0 + n_2)\bar{n}^2, \quad \tau_1\tau_2 e^{i(\psi_1+\psi_2)} = 4n_0,$$

d'où en nous limitant toujours aux termes du second degré en η,

$$\operatorname{tg}\delta_r = 2n_0\eta \frac{n_2^2 - n^2 + k^2 + 2n_2 nk\eta}{n_0^2 - n_2^2 - 4n_2 nk\eta + [n_0^2 n_2^2 - (n_0^2 - n_2^2)(n^2 - k^2) - (n^2 + k^2)^2]\eta^2},$$

$$\operatorname{tg}\delta_{r'} = 2n_2\eta \frac{n_0^2 - n_2^2 + k^2 + 2n_0 nk\eta}{n_2^2 - n_0^2 - 4n_0 nk\eta + [n_0^2 n_2^2 + (n_0^2 - n_2^2)(n^2 - k^2) - (n^2 + k^2)^2]\eta^2},$$

$$\operatorname{tg}\delta_t = -2\eta \frac{n_0 n_2 + n^2 - k^2 + (n_0 + n_2)nk\eta}{2(n_0 + n_2) + 4nk\eta - (n_0 + n_2)(n^2 - k^2)\eta^2}.$$

Les techniques expérimentales actuelles permettent de mesurer (si n_2 est l'indice du support de la couche) $\delta_{r'}$ et $\varepsilon_r = \delta_r + 2n_0\eta$, $\varepsilon_t = \delta_t + n_0\eta$ à la place

de δ_r et δ_t respectivement. Si l'on pose $x = 2nk\eta$, $y = (n^2 - k^2)\eta$, on a

$$\operatorname{tg}\varepsilon_r = \operatorname{tg}(\delta_r + 2n_0\eta) = 2n_0 \frac{n_0^2\eta - y - n_2 x\eta}{n_0^2 - n_2^2 - 2n_2 x - n_0^2(2n_0^2 + n_2^2)\eta^2 + (3n_0^2 + n_2^2)y\eta - (x^2 + y^2)},$$

$$\operatorname{tg}\varepsilon_{r'} = \operatorname{tg}\delta_{r'} = 2n_2 \frac{n_0^2\eta - y + n_0 x\eta}{n_2^2 - n_0^2 - 2n_0 x + n_0^2 n_2^2\eta^2 + (n_0^2 - n_2^2)y\eta - (x^2 + y^2)},$$

$$\operatorname{tg}\varepsilon_t = \operatorname{tg}(\delta_t + n_0\eta) = \frac{2n_0^2\eta - 2y + (n_0 - n_2)x\eta}{2(n_0 + n_2) + 2x - n_0^2(n_0 - n_2)\eta^2 + (n_0 - n_2)y\eta}.$$

On constate que c'est la constante diélectrique $\overline{n}^2$ de la couche qui intervient seule dans nos relations et non son indice complexe $\overline{n}$. D'autre part, les équations $\operatorname{tg}\varepsilon_r =$ const., $\operatorname{tg}\varepsilon_{r'} =$ const., et $\operatorname{tg}\varepsilon_t =$ const. représentent respectivement deux cercles et une droite dans le plan des x, y, ce qui montre que l'on pourra tirer sans trop de peine x, y et η des mesures des déphasages.

Signalons enfin que, dans notre approximation, on a la relation

$$\frac{\rho \sin\varepsilon_r}{n_0} + \frac{\rho' \sin\varepsilon_{r'}}{n_2} = \frac{2\sqrt{\mathrm{T}} \sin\varepsilon_t}{\sqrt{n_0 n_2}},$$

T étant le facteur de transmission de la couche mince. Dans le cas de l'incidence oblique, et pour une onde polarisée dans le plan d'incidence, toutes les relations relatives à l'incidence normale restent valables, à condition de remplacer partout les n_i par $n_i \cos\varphi_i$ et de tenir compte de ce que $y = (n^2 - k^2 - n_0^2 \sin^2\varphi_0)\eta$.

SPECTROSCOPIE. — *Une modification de l'étincelle de Millikan pour l'ultraviolet lointain.* Note de Mlle **Nicole Astoin**, présentée par M. Eugène Darmois.

La production d'une étincelle entre électrodes métalliques, dans un vide poussé (pression inférieure à 10^{-4} mm Hg), utilisée pour la première fois par Millikan et Sawyer [1] comme source de lumière pour l'ultraviolet lointain, nécessite des champs d'amorçage très intenses, donc, pour des potentiels usuels, un espacement très faible des électrodes, d'où collages fréquents de ces dernières et nécessité de régler continuellement leur espacement du fait de l'usure.

On sait depuis longtemps que l'on peut produire, dans une atmosphère gazeuse, des étincelles très longues avec des potentiels modérés, si l'étincelle se produit à la surface d'un solide (étincelles glissantes). Ces étincelles se propagent probablement par ionisation de l'atmosphère gazeuse dans une région de champ local très élevé, cette région se déplaçant très rapidement d'une électrode à l'autre. Nous avons été amenée à expérimenter

(1) *Phys. Rev.*, 12, 1918, p. 167.

une étincelle de ce type dans le vide ([2]) : les électrodes sont constituées par deux bagues métalliques serrées sur une résistance de carbone aggloméré du commerce de 50 mm de long et 9 mm de diamètre (15 000 Ω environ). Les essais ont été faits dans la chambre à étincelles métallique normale, fixée au spectrographe à réseau tangent déjà décrit ([3]), l'étincelle se formant à 20 mm de la fente. La chambre à étincelles est pompée séparément et munie d'un piège à air liquide : la pression y est toujours inférieure à 10^{-4} mm Hg. Le circuit d'alimentation est constitué par un transformateur de 60 000 V, un kénotron et un condensateur (0,03 à 0,125 μF). Un éclateur tournant dans l'air est mis en série avec l'étincelle dans le vide.

Comme sous pression, cette décharge est caractérisée par un intervalle disruptif long et des tensions d'amorçage peu élevées : pour un écartement d'électrodes de 3 mm, l'étincelle se produit encore pour des potentiels de 5 000 V, ce qui implique un champ électrique disruptif 10 à 20 fois plus faible que celui nécessaire à l'étincelle de Millikan. De plus, cette valeur minimum semble indépendante de la nature des électrodes. La décharge a un aspect tout à fait différent de celui des étincelles glissantes dans un gaz : on observe seulement une étincelle brillante et de petites dimensions à la pointe de chaque électrode; mais nous avons vérifié, en plaçant devant les électrodes un écran ne laissant libre que le milieu de leur intervalle, que cette zone médiane émet une fraction importante du rayonnement ultraviolet, bien que l'on n'y observe pratiquement pas de lumière visible. Par ailleurs, il se produit sur le carbone et au voisinage des électrodes une faible décharge.

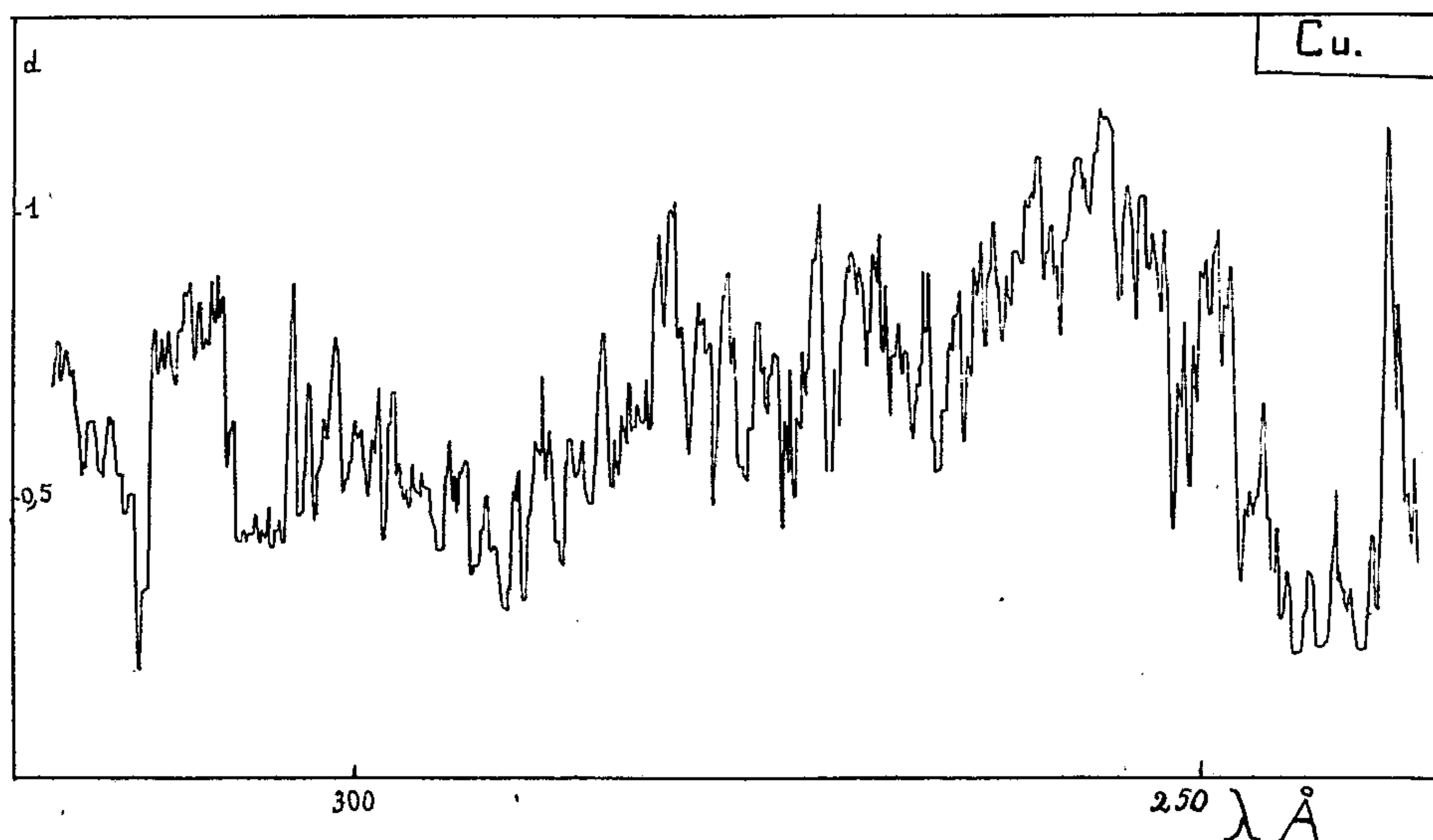
Nous pensons que, en général, le mécanisme de l'étincelle que nous venons de décrire fait intervenir des gaz adsorbés, hypothèse qui semble confirmée par le fait, d'une part que la qualité du carbone utilisé a un rôle important et, d'autre part, que le spectre ultraviolet obtenu comporte, en plus des raies du métal des électrodes, les raies de l'oxygène. On observe au cours du fonctionnement une usure assez importante du carbone support et de la cathode, usure peu gênante en raison de l'écartement des électrodes.

Nous avons utilisé des électrodes de Be, Cu, Fe, Al; les spectres s'étendent de 1100 à 80 Å. Les raies de l'oxygène sont toujours présentes, mais ces raies exceptées, les spectres obtenus sont semblables à ceux fournis par ces mêmes métaux dans l'étincelle de Millikan, avec des potentiels beaucoup plus élevés. En utilisant des électrodes de nature différente, nous avons mis en évidence le rôle prépondérant de la cathode : par exemple, un spectre obtenu avec cathode de Cu et anode de Fe est semblable à celui obtenu avec deux électrodes de Cu et réciproquement.

([2]) B. VODAR et N. ASTOIN, *Nature*, 166, 1950, p. 1029.
([3]) N. ASTOIN, *J. Phys. Rad.*, 13, 1952, p. 108.

L'intensité du spectre n'est pas sensiblement affectée par une variation du potentiel, mais elle augmente avec la capacité du condensateur.

Signalons que des études ont été faites récemment ([4]) sur le comportement électrique des décharges sur isolants. Elles montrent, en particulier, le rôle prédominant de la cathode et des gaz occlus dans l'isolant, le fait que le potentiel d'éclatement ne varie pas avec la nature de l'élec-



trode et aussi la production de rayons X, sur l'anode (rayons X durs) et sur l'isolant (rayons X mous). La limite de notre spectrographe étant 80 Å, nous ne savons pas quelle est l'émission de notre décharge dans le domaine des rayons X.

L'étincelle sur carbone est d'un emploi particulièrement commode, car non seulement elle ne nécessite aucune surveillance, mais aussi elle est plus stable, ce qui permet d'envisager son usage en spectrophotométrie dans l'ultraviolet extrême.

Nous donnons ci-dessus un enregistrement microphotométrique d'une portion de spectre obtenu.

SPECTROSCOPIE. — *Sur les spectres infrarouges des peptides en solution dans l'eau lourde*. Note (*) de MM. **Henri Lenormant** et **Jacques Chouteau**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons signalé que les spectres des

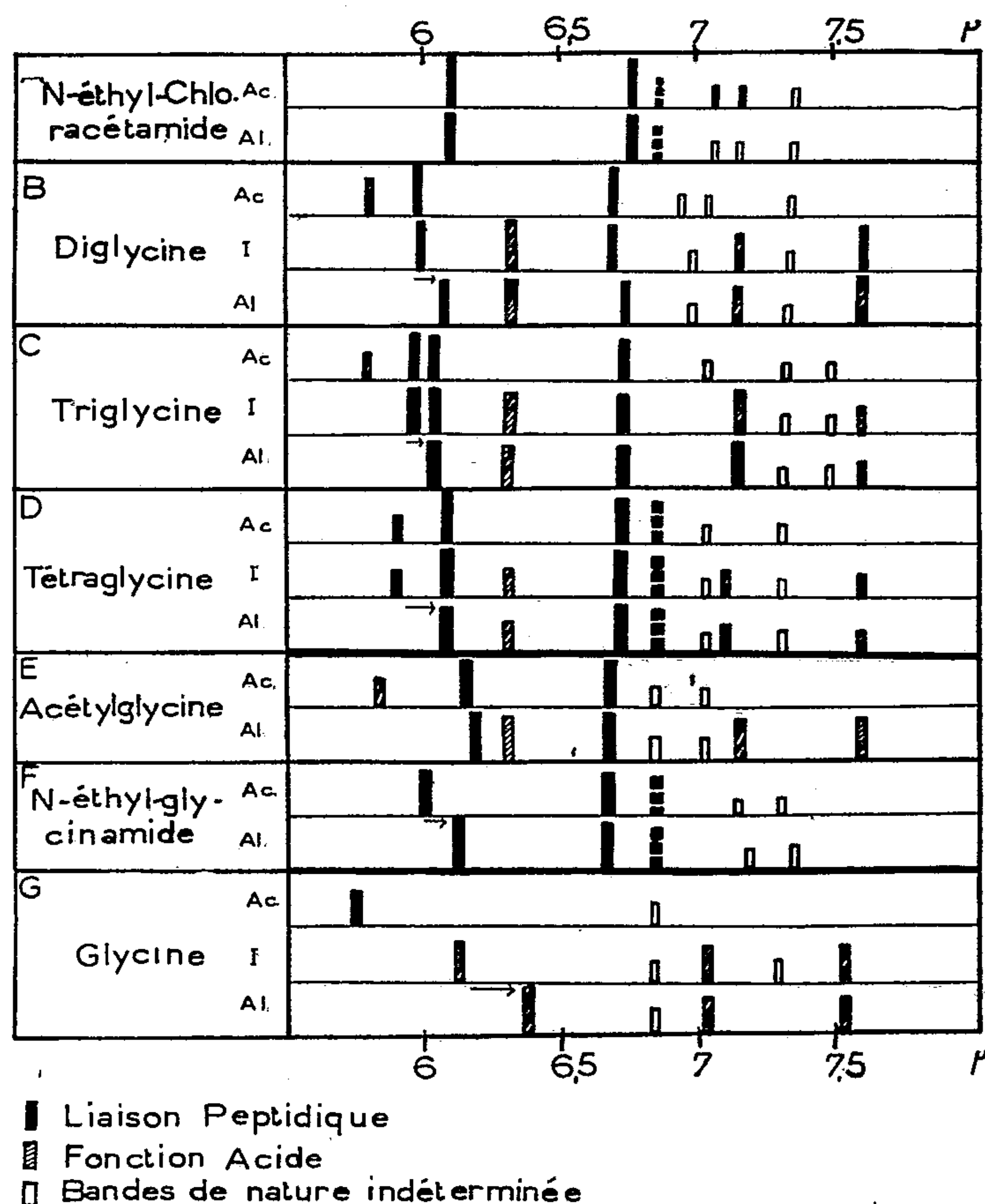
([4]) P. H. Gleichauf, *J. Appl. Phys.*, **22**, 1951, p. 535-541 et 766-771.

(*) Séance du 12 mai 1952.

([1]) H. Lenormant, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1559.

aminoacides en solution dans l'eau lourde ([2]) sont plus simples que ceux obtenus à l'état sec. Une simplification analogue se produit avec les di-, tri- et tétrapeptides et l'on peut identifier plus aisément les bandes caractéristiques des divers groupements présents dans la molécule.

Le tableau ci-joint résume les principaux résultats obtenus. Il met en évidence les caractères particuliers de certaines liaisons peptidiques :



Dans le cas d'un amide simple (courbe A) ou d'un peptide sans fonction polaire autre que la liaison peptidique, les deux bandes propres à ce groupement (traits pleins) ne subissent aucun déplacement lorsque varie le pH de la solution.

Avec le diglycine (courbe B) il n'en est pas de même. En milieu alcalin les

([2]) L'eau lourde est utilisée comme solvant, non pas en raison de propriétés particulières, mais parce que, contrairement à l'eau ordinaire, elle est bien transparente entre 4 μ et 8 μ.

deux bandes en question sont en position normale (6,10-6,73 μ), mais vers le point isoélectrique et en milieu acide, la bande voisine de 6 μ est déplacée vers les courtes longueurs d'onde (5,95 μ).

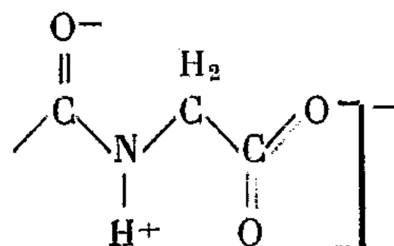
Une anomalie semblable se retrouve dans les tri- et tétraglycines. En solution acide la bande 6 μ est dédoublée; la bande supplémentaire 5,95 μ disparaît en milieu alcalin. Tout se passe comme si l'une des liaisons peptidiques de ces corps était semblable à celle de la diglycine, les autres étant normales.

Il est raisonnable d'attribuer l'anomalie constatée à l'action des groupements polaires terminaux, et si l'on examine les spectres de l'acétylglycine CH_3—CONH—CH_2—COOH (courbe C) et du N-éthylglycinamide NH_2—CH_2—CONH—C_2H_5 (courbe F), il apparaît que seule la présence du groupement amine, ou plus exactement amine ionisée R—NH_3^+, est perturbatrice.

Ce déplacement de fréquence d'une des bandes de la liaison peptidique sous l'action d'une fonction amine ionisée est analogue au déplacement de la vibration antisymétrique du COO^- des aminoacides au point isoélectrique ([1]).

Deux autres particularités méritent d'être signalées :

La première se rapporte à la position de la vibration antisymétrique de valence du carboxyle ionisé des peptides en solution. Cette bande, qui ne se modifie pas en passant du point isoélectrique à l'alcalinité, se situe vers 6,26 μ. Cette longueur d'onde un peu plus courte que la normale (6,40 μ) est probablement liée à la dipolarité de la liaison peptidique, qui fait apparaître une charge partielle positive sur l'azote situé en α par rapport à la fonction acide intéressée



La seconde anomalie est l'existence dans certains peptides (N-éthylglycinamide, tétraglycine, N-éthylchloracétamide) d'une assez forte bande vers 6,86 μ, très voisine de l'une des bandes de la liaison peptidique. Dans le N-éthylglycinamide, au moins, l'intensité extrême de cette bande permet de penser qu'elle est due à la liaison peptidique et qu'elle témoigne de la présence de deux formes moléculaires dans la solution, distinctes probablement par de simples dispositions stériques.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Étude expérimentale du spectre d'énergie de l'électron de désintégration du méson* μ. Note (*) de M. **André Lagarrigue**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

Discussion de 225 mesures d'énergie d'électrons de désintégration du méson μ à la chambre de Wilson dans un champ magnétique. Comparaison avec la formule générale prévue théoriquement pour représenter le spectre d'énergie de l'électron dans l'hypothèse de la désintégration en un électron et deux neutrinos.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons indiqué les résultats auxquels ont conduit la mesure de l'énergie de 150 électrons de désintégration du méson μ.

Dans l'hypothèse de la désintégration en un électron et deux neutrinos, L. Michel ([2]) a prévu la formule suivante pour représenter le spectre d'énergie de l'électron

$$(1) \qquad P(E)\,dE = \frac{4}{W^4}\left[E^3\left(\frac{B}{3}\rho - 3\right) + E^2 W(3 - 2\rho)\right] \qquad (0 \leqq \rho \leqq 1),$$

W est l'énergie limite du spectre, c'est-à-dire la moitié de l'énergie de masse du méson μ, soit 55 ± 1 MeV d'après les mesures directes de la masse du méson μ. ρ est un paramètre linéaire dépendant du type d'interaction entre les quatre particules μ, e, ν, ν.

En ajoutant à nos 150 mesures, les 75 cas analogues publiés précédemment par Leigthton et al. ([3]), nous avons déterminé statistiquement le paramètre ρ le mieux adapté à nos résultats expérimentaux. Nous trouvons

$$\rho = 0,19 \pm 0,13.$$

Plusieurs arguments indépendants permettent de conclure que les 225 mesures d'énergie sont bien représentées par la formule (1) avec $\rho = 0,19 \pm 0,13$ et $W = 55 \pm 1$ MeV.

1° Une méthode statistique décrite précédemment ([4]) a permis de calculer la valeur W de la formule (1), la mieux adaptée à partir de la série de mesures d'énergie. Nous trouvons pour nos 150 cas

$$W = 55,3 \left\{ \begin{matrix} +3 \\ -2 \end{matrix} \right\} \text{MeV}.$$

(*) Séance du 5 mai 1952.

([1]) A. Lagarrigue et C. Peyrou, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 478.

([2]) *Nature*, **163**, 1949, p. 959 et *Proc. Phys. Soc.*, **63**, 1950, p. 514.

([3]) Leighton, Anderson et Sériff, *Phys. Rev.*, **75**, 1949, p. 1432.

([4]) A. Lagarrigue et C. Peyrou, *J. Phy. Rad.*, **12**, 1951, p. 848.

Cette valeur est en accord à la fois avec la plus grande valeur d'énergie mesurée (56,7 ± 3 MeV) et avec la valeur de W déduite des mesures de masse du méson μ(55 ± 1 MeV).

2° Aux erreurs près, il y a égalité entre le moment du premier ordre de la loi de probabilité (1), soit 34,4 ± 0,9 MeV et la valeur moyenne des énergies mesurées, soit 34,0 ± 0,8 MeV.

3° Il y a accord entre le spectre théorique le mieux adapté (défini par $\rho = 0,19$) et les nombres d'électrons ayant des énergies dans des bandes de 10 MeV, comme le montre la figure 1 *a*.

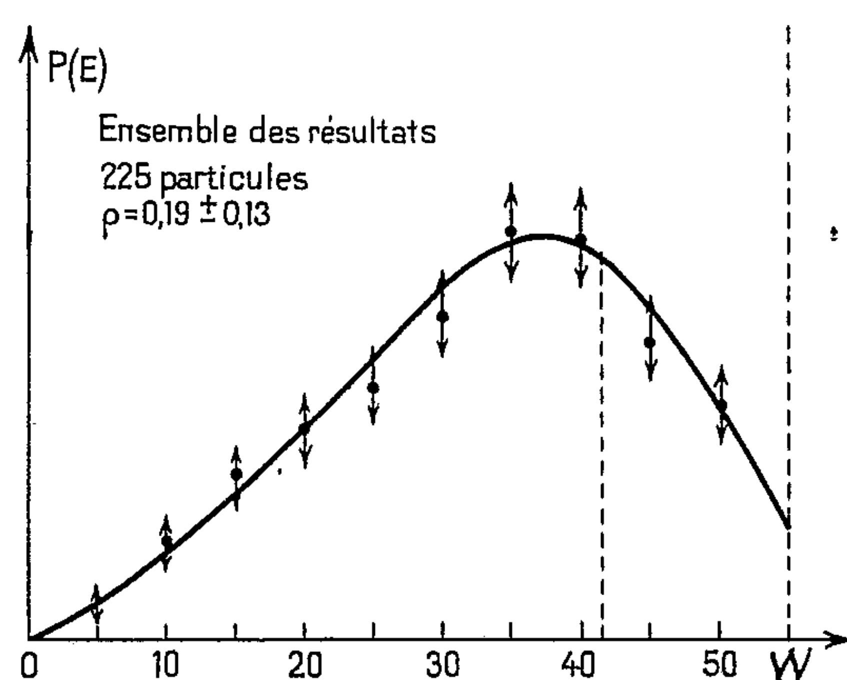


Fig. 1 *a*.

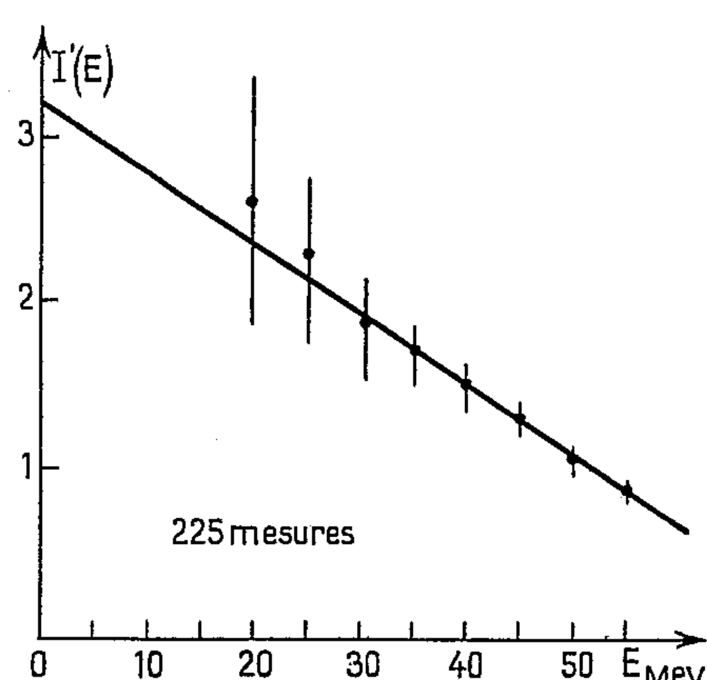


Fig. 1 *b*.

D'autre part le spectre théorique intégral étant de la forme $E^3(AE + B)$, la division des ordonnées par E^3, cube de l'abscisse, transforme le spectre théorique intégral en une droite, d'une façon analogue à ce qui a été fait pour la radioactivité (diagramme de Kurie). La figure 1 *b* représente la droite transformée et les points expérimentaux tous les 5 MeV qui semblent bien s'aligner sur cette droite.

On peut donc conclure que dans la limite des erreurs expérimentales, le spectre d'énergie de l'électron de désintégration du méson μ est bien un de ceux proposés par L. Michel dans l'hypothèse de la désintégration du méson μ en un électron et deux neutrinos.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Remarque sur le compteur à cristal de soufre.* Note de MM. **Mitsuo Sakai** et **François Lurçat**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Nous avons repris l'étude du compteur à cristal de soufre élaborée par Michel Georgesco † ([1]).

([1]) M. Georgesco †, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 383.

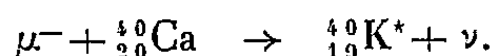
Nous avons pu montrer que les impulsions observées dues à l'action des rayons α, ne provenaient pas d'un effet sur le cristal, mais de l'effet d'ionisation de l'air compris entre les électrodes serrant le cristal.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la capture des mésons* μ *par le calcium.* Note (*) de M. **Jean Heidmann**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

Le nombre moyen de neutrons émis par un noyau de calcium ayant capturé un méson μ a été mesuré par Conforto et Sard ([1]) et trouvé être très petit : $n = 0,3 \pm 0,3$ par μ capturé.

Ce résultat peut s'expliquer par le fait que dans l'évaporation subséquente à l'excitation du noyau captant, l'émission compétitive de protons est importante ([2]), ([3]).

L'élément calcium comprenant 97 % de ^{40}Ca, on peut se limiter à l'étude de la réaction



$$\mu^- + {}^{40}_{20}Ca \rightarrow {}^{40}_{19}K^* + \nu.$$

La réaction $\mu^- + {}^{40}_{20}Ca \rightarrow {}^{40}_{20}Ca^* + e^-$ résultant de la réaction élémentaire $\mu^- +$ nucléon $\rightarrow$ nucléon $+ e^-$ suggérée par Peyrou ([4]) conduirait à une émission pratiquement nulle de neutrons ([3]) et pourrait donc être invoquée pour expliquer le résultat de Conforto et Sard. Mais Lagarrigue a montré ([5]) que dans le cas où le noyau capturant est Cu ou Sn, cette réaction n'a lieu que dans (4 ± 5) % des cas; il est raisonnable de supposer que ce résultat s'étend au calcium et de négliger alors cette réaction.

Si l'on désigne par I(E) la probabilité pour que le μ capturé donne une excitation E au noyau et par N(E) le nombre de neutrons évaporés par le noyau ${}^{40}_{19}K$ excité à l'énergie E, le nombre moyen n de neutrons émis par μ capturé sera, dans l'hypothèse, très plausible, où le neutron résultant de la capture du μ communique son énergie cinétique au noyau :

$$n = \int_0^s I(E)N(E)\,dE.$$

I(E) a été calculé par Tiomno et Wheeler ([6]) en utilisant trois modèles

(*) Séance du 12 mai 1952.

([1]) *Phys. Rev.* (sous presse).

([2]) S. Hayakawa, Communication privée.

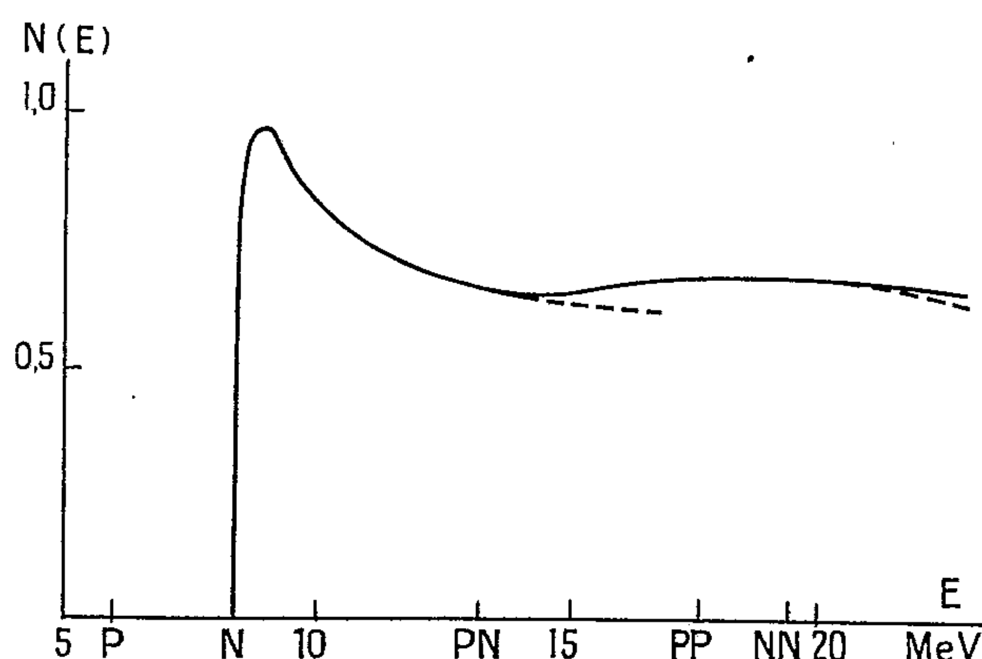
([3]) J. Heidmann et H. A. Bethe, *Phys. Rev.*, 84, 1951, p. 274.

([4]) Communication privée.

([5]) Communication privée.

([6]) *Rev. Mod. Phys.*, 21, 1949, p. 153.

nucléaires différents : modèle de Fermi considéré dans deux cas : celui où la ongueur d'onde du neutrino émis est petite par rapport au noyau (approximation géométrique) et celui où elle est grande (approximation dipôle), modèle de Hartree.



Ici nous calculons N(E) par le modèle du noyau composé. Prenant les notations de ([3]), nous avons pour les énergies de liaison en mégaélectrons-volts des premiers et seconds nucléons dans le noyau $^{40}_{19}$K, les valeurs :

	Z.	A.	L_p.	L_n.	L_{pp}.	L_{pn}.	L_{np}.	L_{nn}.
K.......	19	40	$5{,}9^h$	$\{8{,}4^h;\ 7{,}8^a\}$	$11{,}7^h$	$7{,}4^l$	$4{,}8^d$	$11{,}0^d$

Utilisant les formules (1) et (13) de ([3]), on obtient pour N(E) la courbe en trait continu de la figure; pour E à gauche du repère N, l'émission de neutrons est impossible; à partir de N elle devient possible, prédomine puis décroît en faveur de l'émission de protons; à partir de PN l'émission d'un proton puis d'un neutron apparaît et fait remonter la courbe par rapport à celle, en pointillés, que l'on obtiendrait si l'on ne considérait que l'émission du premier nucléon; de même en NN l'émission de deux neutrons commence et provoque une remontée de la courbe.

Nous pouvons maintenant calculer n. Prenant pour I(E) le résultat obtenu par le modèle « géométrique » ([6]), on obtient $n_{\text{geo}} = 0{,}6$. Par le modèle « dipôle », suivant la valeur de la coupure qui, pour Ca, peut être situé entre 2 et 10 MeV, on obtient : $n_{\text{dip}} = 0{,}1$ à $0{,}4$. Enfin le modèle de Hartree conduirait à I(E) nul pour $E < 8{,}2$ MeV, liaison d'un proton 2S de ^{40}Ca, d'où : $n_{\text{Har}} \backsim 0{,}7$. Un quatrième modèle est à l'étude : le modèle particule α ([7]).

La valeur théorique du nombre moyen de neutrons évaporés par μ capturé se situe donc dans l'intervalle 0,1 — 0,7, et rend ainsi compte de la petitesse de la valeur expérimentale.

([7]) F. COLE, Communication privée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Migration de* ^{35}S *dans* ClNa *soumis à un champ électrique.* Note (*) de M. **Marius Chemla**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Le ^{35}S produit par des neutrons rapides dans ClNa migre vers l'anode quand le cristal est soumis à une différence de potentiel. Le rapport du coefficient de diffusion à la mobilité de l'ion a été mesuré à des températures comprises entre 650 et 775° C. La formule d'Einstein ne paraît pas s'appliquer.

Après avoir mesuré les coefficients de diffusion ([1]) de ^{35}S et de ^{32}P produits lors de l'irradiation de ClNa par des neutrons rapides, nous avons entrepris d'étudier leur migration par un champ électrique. La répartition des atomes radioactifs est déterminée en découpant le cristal au moyen d'un microtome et en mesurant l'activité des tranches obtenues; elle conduit directement à la mesure du rapport V/D de la mobilité au coefficient de diffusion. L'application de la formule d'Einstein devait fournir la charge de ces ions.

Les lames monocristallines de ClNa de $1{,}2 \times 1{,}2 \times 0{,}25$ cm, irradiées aux neutrons rapides et munies alors d'électrodes de platine, sont serrées entre deux disques de charbon placés dans un tube de fer; l'ensemble est introduit dans un four électrique porté à des températures variant de 650 à 775°, et l'on applique sur les faces du cristal des tensions continues allant de 3 à 7 V pendant des temps variables (2 h à 775° C à 16 h à 653° C). Le champ électrique réel à l'intérieur du cristal a été déterminé par des mesures de sonde : celles-ci ont montré que le potentiel appliqué devait être diminué de 2 V : force contre-électromotrice de la pile Cl/ClNa/Na.

Après refroidissement la répartition des atomes radioactifs est déterminée par la méthode habituelle ([2]). Les courbes obtenues ont l'allure de celle de la figure 1, qui représente une migration de ^{35}S à 654° C, sous 6 V, pendant 16 heures. La distribution est dissymétrique, le maximum étant décalé vers l'anode. Au voisinage des surfaces on observe des perturbations qui s'expliquent par la repénétration des atomes radioactifs; en particulier dans le cas du ^{32}P ce phénomène est très accentué.

Si v est la vitesse acquise par les particules sous l'action du champ électrique E, ($v = EV$), l'équation différentielle du mouvement se déduit en ajoutant à la deuxième loi de Fick un terme supplémentaire :

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + v\frac{\partial c}{\partial x}, \tag{1}$$

où c est la concentration des atomes radioactifs à l'instant t à la distance x de

(*) Séance du 5 mai 1952.

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2424.

([2]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1553.

la face anodique. Les conditions initiales sont $c = c_0$ pour $0 < x < d$ (d étant l'épaisseur du cristal) et à cause du phénomène de diffusion en surface ([2]) les conditions aux limites sont $c = c_0$ pour $x = 0$ et $x = d$ quel que soit t. L'intégrale correspondante a été trouvée égale à

$$c(x, t) = c_0 e^{-\frac{v}{2D}x - \frac{v^2}{4D}t} \sum_n a_n e^{-\frac{n^2\pi^2 Dt}{d^2}} \sin\frac{n\pi x}{d}, \tag{2}$$

les a_n étant choisis de façon à vérifier les conditions initiales.

Pour des temps suffisamment longs, la série se réduit à son premier terme et l'équation (2) devient

$$\frac{c}{c_0} = K(t)\, e^{-\frac{v}{2D}x} \sin\frac{\pi x}{d}. \tag{3}$$

Donc l'expression

$$\operatorname{Log}\frac{c}{c_0 \sin\frac{\pi x}{d}}, \tag{4}$$

portée en fonction de x doit représenter une droite de pente $-v/2D$. Pour des temps plus courts, il faut introduire les termes correctifs supérieurs par une méthode d'itération, car les facteurs a_n dépendent de v/D.

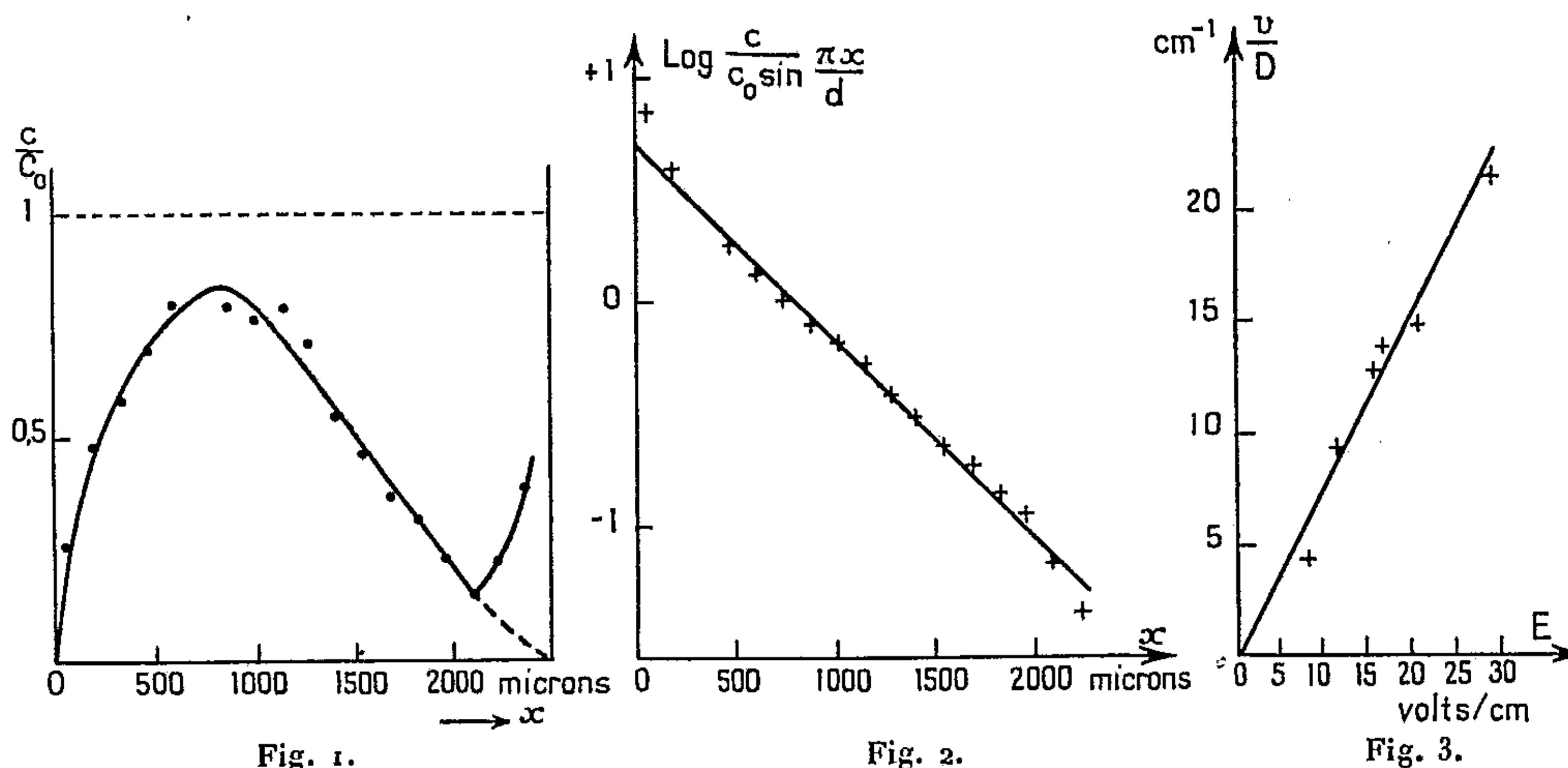


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Fig. 1. — Distribution du ^{35}S après migration, 16 heures à 653°C sous 6 V.

Fig. 2. — Variation de $\operatorname{Log}[c/c_0 \sin(\pi x/d)]$ en fonction de x.

Fig. 3. — Variation de v/D en fonction du champ électrique.

La figure 2 montre, pour l'expérience décrite, la droite obtenue en portant l'expression (4) en fonction de x; elle conduit à la valeur $v/D = 18{,}1\ \text{cm}^{-1}$, qui ramenée à l'unité de champ électrique donne $V/D = 1{,}12\ V^{-1}$ ou 336 u.é.s. De telles mesures ont été effectuées aux températures 653, 730 et 775°C; elles

ont conduit à des valeurs analogues à 730° V/D = 300 u.é.s. La proportionnalité de v/D avec le champ électrique a été vérifiée (*fig.* 3).

En résumé nous avons trouvé pour V/D une valeur voisine de 300 u.é.s. variant peu avec la température; mais elle n'est pas comparable à celle que donne l'expression e/kT, soit $3{,}5.10^3$ u.é.s.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la détermination du covolume superficiel de quelques molécules en phase adsorbée sur le gel de silice.* Note de M. **Louis Robert**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Dans des Notes précédentes ([1]) j'ai montré que les composés organiques possédaient des adsorbabilités très différentes. En particulier, sur le gel de silice, l'heptane possède une très faible adsorbabilité vis-à-vis des composés comme le benzène et surtout vis-à-vis des composés polaires. En faisant passer à travers une colonne de chromatographie remplie de gel de silice un mélange d'heptane et d'un composé organique très adsorbable, on recueille au bas de la colonne en premier lieu de l'heptane pur. Puis quand le gel de silice a sa surface saturée du composé organique adsorbé, il devient inactif vis-à-vis du mélange, et c'est le mélange initial qui coule à travers la colonne sans subir de fractionnement. Connaissant les proportions du mélange heptane-composé organique, on peut déduire de la quantité d'heptane pur recueillie, la quantité de composé organique adsorbée. En opérant avec une quantité déterminée de gel de silice, de surface spécifique connue, on en déduit facilement le nombre de molécules adsorbées par mètre carré de surface de gel de silice et le covolume superficiel σ des molécules en phase adsorbée.

Composé.	Å².
Alcool éthylique	18
Acétone	22,5
Nitrobenzène	26
Aniline	27
Pyridine	35,9
Acide acétique	9,1
Benzène	50

Le tableau ci-dessus indique quelques résultats. Le gel utilisé est un gel de Saint-Gobain macroporeux de surface spécifique 400 m²/g. Pour la détermination du covolume superficiel de l'aniline et de la pyridine, j'ai dû me servir de cyclohexane à la place d'heptane pour des raisons de solubilité. Les résultats sont cependant comparables, le cyclohexane possédant comme l'heptane une faible adsorbabilité.

([1]) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 742 et 1103.

Ces quelques résultats appellent les remarques suivantes :

L'alcool éthylique s'adsorbe perpendiculairement à la surface, vraisemblablement par l'intermédiaire du groupement OH avec formation d'une liaison hydrogène avec les groupements OH de surface du gel de silice. La valeur de 18 Å² est voisine de celle trouvée pour le covolume superficiel des alcools lourds à l'interface liquide-vapeur et pour les alcools en phase solide.

L'acétone doit s'adsorber par l'intermédiaire du groupement C = O. Le covolume superficiel trouvé, 22,5 Å², est voisin de celui déterminé pour les cétones lourdes à l'interface liquide-vapeur.

Les valeurs trouvées pour le benzène (55 Å²), l'aniline (27 Å²) et le nitrobenzène (26 Å²), montrent que la molécule de benzène s'adsorbe à plat sur la surface, alors que l'aniline et le nitrobenzène s'adsorbent avec le plan du noyau benzène perpendiculaire à la surface et par l'intermédiaire du groupement polaire. En effet, à partir des données géométriques de l'encombrement du noyau de benzène, on trouve que la section transversale du noyau est égale à $3{,}6 \times 7{,}48 = 27$ Å².

La pyridine fournit un covolume de 35 Å² qui ne représente pas un assemblage compact.

Pour l'acide acétique on trouve une valeur anormalement basse : 9,1 Å². Ceci montre que l'acide acétique s'adsorbe en formant une double couche. Dans ces conditions, les molécules de chaque couche occupent une surface de 18,2 Å² qui correspond bien au covolume superficiel des acides lourds déterminés à l'interface liquide-vapeur.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Comportement des dispersions dans le champ magnétique.* Note de Mlle **Olga Tanaevsky**, transmise par M. Paul Pascal.

Faisant suite aux études des colloïdes du S ([1]), du As_2S_3 et de l'amidon ([2]) nous avons observé avec la diminution de la taille des particules le même phénomène de l'augmentation en valeur absolue de la susceptibilité spécifique de HgO et de SnO_2 à l'état de dispersion aqueuse, tandis que les dispersions d'Ag, de Hg, de Ag_2S, de ZnS et de CdS ne présentent aucune variation de leurs susceptibilités spécifiques.

Les dispersions étudiées ont été classées en lots de diamètres décroissants des micelles par ultrafiltration sur des membranes de porosité définie par la méthode de Grabar ([3]) et les susceptibilités magnétiques en ont été mesurées selon la technique habituelle ([4]). Les mesures magnétiques sont faites sur les

([1]) O. Tanaevsky, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 541.

([2]) O. Tanaevsky, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1301.

([3]) Membranes ultrafiltrantes préparées au laboratoire de M. Grabar de l'Institut Pasteur.

([4]) A. Pacault, *Ann. de Chimie*, 12, 1946, p. 537.

précipités déposés sur les membranes et repeptisés par de l'eau, la solution ultrafiltrée est passée sur la membrane suivante, nous avons ainsi des sols de diamètre sensiblement le même. L'absence de fer a été vérifiée chaque fois avec une solution à 0,2 % αα-dipyridyl dans ClH 0,2 N.

L'oxyde stannique fut dispersé selon la méthode de Zsigmondy ([5]) : action d'une faible quantité d'ammoniaque sur une solution de chlorure stannique, lavage du précipité et sa repeptisation dans de l'eau. Voici nos observations sur les solutions colloïdales de SnO_2 :

Diamètres des pores (mμ).	k_{SnO_2} colloïdal.	% de SnO_2 dans les solutions.
3660 (± 20)..........	$-0,257.10^{-6}$	15,6
2010 (± 31)..........	$-0,265$	10,4
997 (± 15)..........	$-0,275$	3,8
744 (± 5)..........	$-0,274$	4,1
497 (± 6)..........	$-0,279$	3,5

Susceptibilité spécifique de SnO_2 solide ([6]) : $-0,272.10^{-6}$.

L'oxyde mercurique dispersé a été préparé selon la méthode de Schoch ([7]) : addition d'alcali à une solution froide de chlorure mercurique. Voici ce que nous avons observé sur les solutions :

Diamètres des pores (mμ).	k_{HgO} dispersé.	% de HgO dans les solutions.
3660 (± 20).........	$-0,222.10^{-6}$	8,3
2010 (± 3).........	$-0,227$	6,2
997 (± 5).........	$-0,235$	7,1
664 (± 3).........	$-0,238$	5,6
497 (± 6).........	$-0,246$	4,2
429 (± 8).........	$-0,245$	5,1

Susceptibilité spécifique de HgO solide : $-0,236.10^{-6}$.

La susceptibilité spécifique de ces colloides augmente donc avec la diminution de la taille des particules. Pour les substances dispersées suivantes, la susceptibilité ne change pas ou varie très peu quand le diamètre des particules diminue.

L'argent dispersé a été préparé par la deuxième méthode de Carey Lea ([8]) : réduction d'une solution de nitrate d'argent par une solution sodique de dextrine, le sol est lavé et repeptisé par de l'eau.

Le mercure dispersé a été préparé par la méthode de Lobry de Bruyn ([9]) : réduction d'une solution d'oxyde mercurique par une solution sodique de dextrine.

([5]) *Ann.*, 301, 1898, p. 362.

([6]) P. Pascal, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 1063.

([7]) *Ann. Chem. J.*, 29, 1903, p. 321.

([8]) *J. Sci.*, 3, n° 37, 1889, p. 476.

([9]) *Rec. Trav. Chim.*, 19, 1900, p. 240.

Le sulfure de zinc β a été préparé par la méthode d'Alexander (10) : addition d'ammoniaque en présence de dextrine à une solution de sulfate de zinc puis passage d'un courant de H_2S, lavage et peptisation du sol.

Le sulfure de cadmium β a été préparé par la méthode de Zachariasen (11) : passage d'un courant de H_2S dans une solution saturée de sulfate de cadmium.

Le sulfure d'argent a été préparé selon la méthode de Deville et Troost (12), action d'une solution saturée de H_2S sur Ag dispersé.

Voici nos observations sur les colloïdes précédents :

Corps dispersé.	— k spécifique de la substance dispersée.	Micelles déposées sur les membranes de		— k spécifique du solide.
Ag..........	$0,160.10^{-6}$	3 660 mμ à	3 mμ	$0,20.10^{-6}$
SAg_2.........	0,332	3 660	500	0,342
Hg..........	0,150	3 660	1 000	0,19
SZnβ........	0,330	2 000	500	0,331
SCdβ........	0,385	1 000	185	0,395

Nous voyons d'après ces résultats que la susceptibilité est liée aux dimensions des particules. L'anisotropie structurale des particules intervient donc dans leur comportement magnétique; en effet les micelles qui ont toute chance d'être isotropes puisque les substances correspondantes cristallisent dans le système cubique ne présentent aucune variation de leur susceptibilité quand diminue leur diamètre, tandis que les autres voient leurs susceptibilités augmenter. Ce fait est en accord avec les conclusions théoriques de A. Pacault.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur une représentation rectiligne des isothermes de demixion des mélanges de solutions aquo-alcalines et certains solvants organiques.* Note (*) de Mlle **Marie-Jeanne Duhamel** et M. **Pierre-Alfred Laurent**, présentée par M. Louis Hackspill.

Dans les cas considérés, il est possible, par un changement de fonction convenable, de représenter avec une très bonne approximation les isothermes de demixion par une droite. Les coefficients angulaires sont indépendants du solvant.

A une température donnée, le mélange d'une solution aqueuse alcaline ou

(10) *U. S. Patent*, I, 259, 1918, p. 708.

(11) *Z. Krist.*, 62, 1925, p. 260.

(12) *Comptes rendus*, 52, 1861, p. 920.

(*) Séance du 31 mars 1952.

alcalino-terreuse avec un liquide organique peut donner lieu à trois phénomènes :

1° un phénomène physique immédiat : mélange ou demixion sans précipitation de phase solide;

2° une réaction chimique parfois assez rapide mais demandant un temps minimum et donnant souvent lieu à une précipitation (c'est le cas pour la baryte avec divers solvants organiques);

3° des réactions lentes.

Dans le présent travail, seul le phénomène physique a été étudié et dans la majorité des cas on peut négliger l'interférence de la réaction indiquée au 2° et *a fortiori* au 3°.

A 25° des solutions d'alcalis ($LiOH$, $NaOH$, KOH) de concentration variant de la saturation à zéro sont additionnées d'un liquide organique entièrement miscible à l'eau et dans lequel l'alcali est pratiquement insoluble (dioxane, acétone, pyridine). On note la quantité de solvant organique qui produit une demixion. L'isotherme de demixion ainsi obtenu peut être représenté de différentes façons.

La courbe 1 qui représente la variation $y = f(x)$ est d'allure hyperbolique. Un ajustement en ce sens est possible à l'intérieur des limites de précision des résultats expérimentaux. Pour cela nous avons pris comme points de repère :

1° le point représentant la solubilité de l'alcali dans l'eau pure;

2° le point représentant la solubilité de l'alcali dans le solvant organique pur (zéro pour tous les cas considérés).

Un changement de fonction

$$z = \frac{x}{y_0 - y}, \qquad (1)$$

où x et y sont les mêmes que ci-dessus (*fig.* 1) et où y_0 représente la solubilité de l'alcali (en molécules-grammes dans 100 g de solution) dans l'eau pure permet de ramener l'hyperbole de la figure 1 à une droite

$$z = ax + b \qquad (\textit{fig. } 2) \qquad (2)$$

ne passant pas par l'origine sur laquelle les points expérimentaux se placent remarquablement à l'intérieur de l'intervalle des limites d'erreur.

Le tableau ci-dessous donne les résultats obtenus pour les coefficients angulaires a pour les différents systèmes étudiés :

	LiOH.	NaOH.	KOH.
Acétone...............	1,903	0,747	1,025
Dioxane...............	1,927	0,749	1,024
Pyridine..............	1,926	0,752	1,029
Moyenne de a..........	$1,926_5$	$0,749_3$	$1,024_7$

L'erreur sur a est de l'ordre de 5.10^{-3}.

On constate que les coefficients angulaires sont les mêmes pour un alcali donné et indépendant du solvant. Pour LiOH acétone les résultats sont mal définis par suite de la formation rapide d'un composé d'addition cristallisé contenant 55,4 % de LiOH et 44,6 % d'eau et acétone.

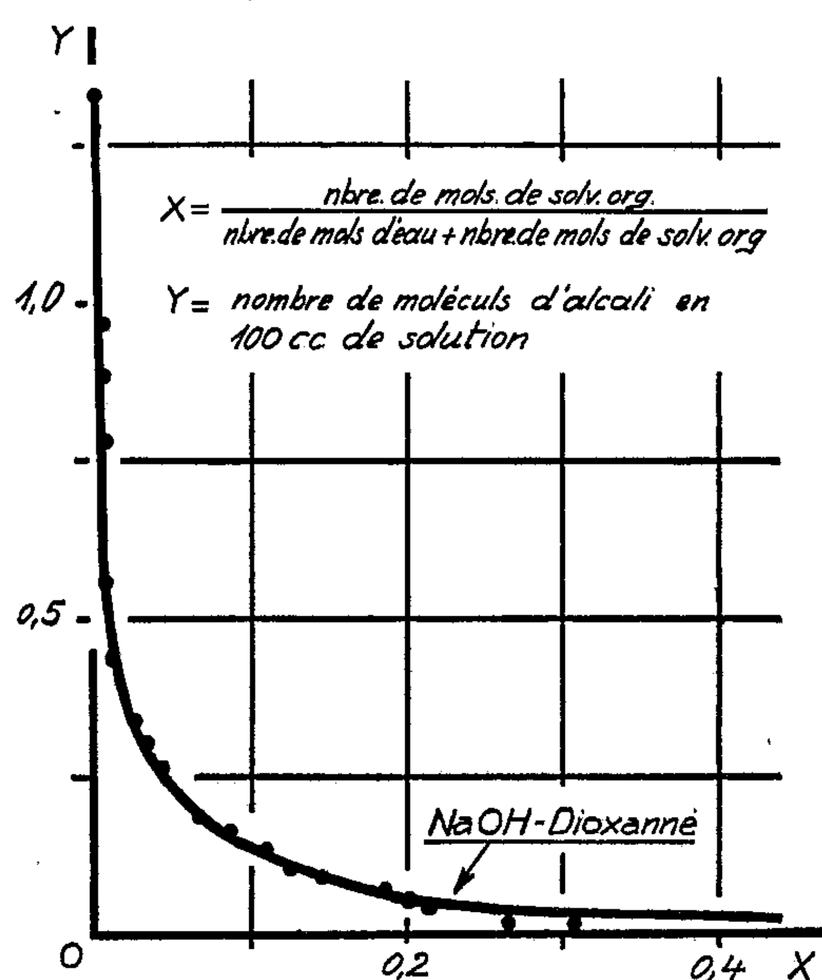


Fig. 1.

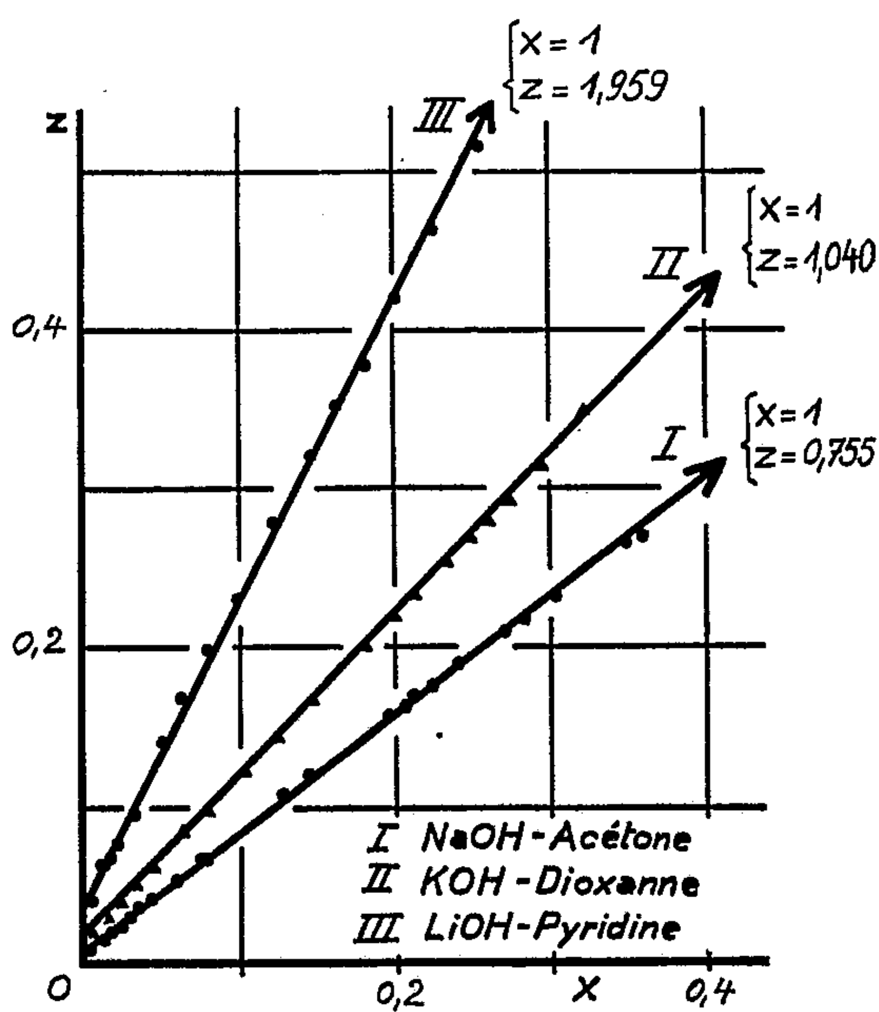


Fig. 2.

Soient M_A, M_S et M_E le nombre de molécules respectives d'alcali (LiOH, NaOH, KOH), de solvant (acétone, dioxane, pyridine) et d'eau contenues dans 100 g de solution, soit d'autre part M_{0A} le nombre de molécules d'alcali soluble dans 100 g de solution aqueuse saturée. Avec ces notations la relation (1) ou (2) $x/(y_0 - y) = ax + b$ devient

$$\frac{M_S}{M_E} = \left(\frac{M_{0A}}{M_A} - 1\right)(1 - aM_{0A}).$$

Si l'on remplace a et M_{0A} par leurs valeurs on trouve les nombres suivants pour le produit $a \times M_{0A}$:

	NaOH.	KOH.	LiOH.
$a \times M_{A0}$	0,992	0,987	0,984

avec une erreur de l'ordre de 5.10^{-3}.

Il semble donc que l'on puisse considérer en première approximation le facteur $(1 - aM_{0A})$ comme constant. La relation (3) devient ainsi

$$\frac{M_S}{M_E} = K\left(\frac{M_{0A}}{M_A} - 1\right),$$

où K est indépendant du solvant et de l'alcali et a une valeur voisine de 0,013.

Des résultats analogues ont été obtenus avec les systèmes

LiOH..............	Eau, diméthylamine
CO_3K_2.............	» acétone
KF................	» acétone

En réalité l'isotherme de demixion doit présenter autant de points anguleux qu'il existe de composés d'addition ou d'hydrates.

L'alignement des points sur la droite z montre que cet angle est faible au moins dans le phénomène de demixion immédiat en ce qui concerne les points singuliers dus aux différents hydrates d'alcalis.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur certaines structures d'hydrocarbures alternants considérées comme des biradicaux.* Note de M. **Claude Vroelant**, présentée par M. Louis de Broglie.

On pensait ([1]) que les structures d'hydrocarbures alternants possédant des électrons π, pour lesquelles il est impossible d'écrire des formules kékuléennes, sont des « biradicaux » (corps paramagnétiques dans l'état fondamental, donc dont l'état fondamental est triplet). Un exemple montre qu'il n'en est pas toujours ainsi, et il paraît préférable de prendre comme critère l'inégalité du nombre des spins α et β que l'on peut attribuer aux atomes dans l'état de spin alternant.

Nous avons étudié les deux structures suivantes :



auxquelles on attribue généralement le caractère de biradical, en raison de l'impossibilité d'écrire pour ces structures des formules kékuléennes.

Cette étude a été faite par la méthode exacte des états de spin ([2]) (donnant des résultats identiques à la mésomérie) et a donné les états suivants :

H désignant un état heptaplet;
Q » quintuplet;
T » triplet;
S » singlet.

(I)

Énergies (exprimées en intégrales d'échange).	États.
3	**Q**
2	**T T**
0	**S S**
—1	**T**

L'état le plus stable est donc bien un état triplet.

([1]) H. C. Longuet-Higgins, *Journal Chem. Phys.*, 18, 1950, p. 265.
([2]) C. Vroelant et R. Daudel, *Bull. Soc. Chim. France*, 16, 1949, p. 36.

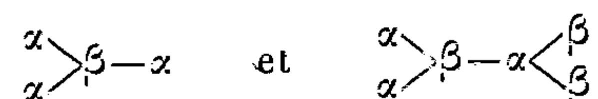
Pour (II), les lettres entre parenthèses désignent la symétrie de l'état, la première caractérisant la symétrie par rapport à l'axe vertical de la figure, la seconde par rapport à l'axe horizontal, S pour état symétrique, A pour antisymétrique.

Énergies.	États.					
5	**H**(S, S)					
4,3	....	**Q**(A, S)				
4,1413	....		**T**(S, S)			
4	....	**Q**(S, A)	**Q**(A, A)			
3,828	....			**S**(A, S)		
3	....		**T**(S, S)	**T**(S, A)	**T**(A, A)	
2	....	**Q**(S, S)	**T**(A, S)			
1,4849	....		**T**(S, S)			
1	....			**S**(A, S)	**S**(S, A)	**S**(A, A)
0,7	....	**Q**(A, S)				
0	....		**T**(S, A)	**T**(A, A)		
—1,6262	....		**T**(S, S)			
—1,828	....			**S**(A, S)		

On voit que l'état le plus stable est ici un état singulet, ce qui, dans le cadre de cette méthode, montrerait qu'il ne s'agit pas d'un bi-radical.

A notre avis, bien que la différence d'énergie soit assez faible (de l'ordre de 0,20 A), ce résultat devrait se conserver dans une méthode plus élaborée.

Si l'on construit les états de spins « alternants », c'est-à-dire tels que deux atomes voisins aient des spins différents, on obtient



On voit que pour (I), qui est un véritable bi-radical, le nombre des α et des β diffère, alors que pour (II) le nombre des α est égal au nombre des β.

D'ailleurs, dans la méthode des états de spin, le terme diagonal correspondant à chaque état de spin est maximum pour l'état alternant, et il paraît normal que ce soit l'état (singulet ou triplet) qui possède cette configuration qui soit l'état le plus stable de la structure considérée.

Aussi il nous semble que le résultat précédent doit pouvoir être généralisé, et nous proposons que l'on considère (à défaut de calculs plus complets) comme bi-radical les hydrocarbures alternants dont l'état de spin « alternant » laisse apparaître une différence de 2 entre le nombre des α et celui des β.

Notons que ces corps n'ayant pas de formules kékuléennes rentrent dans la classe de ceux définis par Longuet-Higgins, bien que la réciproque ne soit pas vraie.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Énergie d'activation et facteur de fréquence dans l'hydrolyse alcaline des phtalides.* Note (*) de MM. **Jean Vène**, **Jean Tirouflet** et **Robert Carrié**, présentée par M. Marcel Delépine.

On a étudié à 4 températures l'hydrolyse alcaline de 17 phtalides monosubstitués dans le noyau benzénique en 4, 5, 6 ou 7 par les groupes : NH_2, OCH_3, Cl et Br. Pour chacun des dérivés en 5, 6 et 7 et pour le méthoxy-4 phtalide les facteurs PZ et E de l'équation d'Arrhénius restent constants dans la limite des erreurs expérimentales. L'effet ortho des substituants halogénés en 7, responsable de la faible valeur du facteur PZ dans le cas des esters *o*-halogénobenzoïques, est considérablement diminué pour les phtalides.

Dans des travaux déjà publiés (1) (2) nous avons indiqué la synthèse de différents phtalides monosubstitués. L'un de nous (2) a étudié systématiquement l'influence de 9 substituants dans les 4 positions possibles du noyau benzénique du phtalide, sur la vitesse d'hydrolyse alcaline des phtalides correspondants, à la température de 25°.

Il était ressorti de ce travail une analogie étroite entre l'effet des substituants dans l'hydrolyse des benzoates d'éthyle substitués et des phtalides substitués. Toutefois la grandeur de l'effet ortho était apparue considérablement diminuée pour les phtalides. On sait que cet effet se traduit en général par une baisse considérable du facteur PZ intervenant dans l'équation d'Arrhénius : $k = \mathrm{PZ}\, e^{-\frac{\mathrm{E}}{\mathrm{RT}}}$ (3). Il était indiqué, pour chiffrer cet effet, d'expliciter PZ et E pour les différents phtalides.

Les mesures ont été faites à 4 températures (en général 15, 25, 35 et 45°) en milieu hydroalcoolique à 20 % d'alcool en poids. La concentration était en M/500 en phtalide et en alcali. La marche de la réaction a été suivie par dosage acidimétrique en présence de bleu de bromothymol. Dans certains cas on a observé une baisse faible mais systématique de la constante de vitesse au cours de la réaction; la valeur de k ayant servi aux calculs est une valeur moyenne. Le graphique obtenu en portant $\log k$ en fonction de $1/\mathrm{T}$ est linéaire pour chacun des dérivés en 5, 6 et 7 et pour le méthoxy-4 phtalide. Cette constatation permet de considérer E et PZ comme constants dans l'intervalle de température utilisé; pour l'amino-4, le chloro-4 et le bromo-4 phtalide, on note une variation de ces facteurs qui semble supérieure aux erreurs expérimentales.

(*) Séance du 12 mai 1952.

(1) J. Vene et J. Tirouflet, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 911; **232**, 1950, p. 2328-2329.

(2) Tirouflet, *Thèse*, Paris, 1952.

(3) Evans, Gordon et Watson, *J. Chem. Soc.*, 1937, p. 1430.

Le tableau ci-dessous donne les valeurs de k à 25°, E en calories et $\log_{10}$ PZ.

Phtalide non substitué.

	k (25°).	E.	Log_{10} PZ.
	9,31	13 210 ± 250	8,88 ± 0,19
	Phtalides substitués en 5.		
NH_2	0,503 (*)	14 900 ± 510	8,67 ± 0,08
OCH_3	1,96	13 130 ± 250	8,15 ± 0,25
Cl	23,6	13 610 ± 290	9,57 ± 0,24
Br	27,15	13 640 ± 510	9,65 ± 0,42
	Phtalides substitués en 6.		
NH_2	5,39	13 460 ± 450	8,82 ± 0,22
OCH_3	10,1	13 390 ± 300	9,05 ± 0,25
Cl	37,9	12 840 ± 430	9,21 ± 0,34
Br	44,7	12 940 ± 260	9,36 ± 0,21
	Phtalides substitués en 7 et diméthoxy-6.7 phtalide.		
NH_2	0,471	13 860 ± 100	8,06 ± 0,16
OCH_3 (6 et 7)	6,10	13 100 ± 200	8,63 ± 0,30
Cl	38,6	12 520 ± 530	8,98 ± 0,30
Br	38,7	12 550 ± 270	9,01 ± 0,29
	Phtalides substitués en 4.		
OCH_3	12,0	12 820 ± 90	8,80 ± 0,17

(*) Valeur pour $t = 30°$.

La valeur moyenne de E a été déterminée par la méthode des moindres carrés.

La connaissance de k à quatre températures fournit par ailleurs quatre équations qui, combinées deux à deux, permettent de déterminer dans chaque cas six valeurs expérimentales de PZ et E. L'erreur indiquée représente l'écart maximum entre ces dernières valeurs et la valeur moyenne précédemment calculée.

L'« erreur probable » est sans doute plus faible; à titre indicatif nous donnons ci-dessous en parallèle nos résultats et ceux obtenus par méthode conductimétrique ([4]) pour le phtalide :

	Solvant.	k_{25}.	E.	$\log_{10}$ PZ.
Hegan	alcool à 21,5%	9,41	13 200	8,89
Nos mesures	alcool à 20%	9,31	13 210	8,88

([4]) HEGAN et WOLFENDEN, *J. Chem. Soc.*, 1939, p. 508.

Malgré cette concordance remarquable pour le cas considéré, il serait prématuré d'essayer de tirer des conclusions rigoureuses et détaillées de l'ensemble des résultats obtenus. Les limites d'erreurs ne permettent souvent pas de trancher entre les valeurs relatives de deux énergies d'activation. Toutefois, il est possible, dès à présent, d'attirer l'attention sur deux points essentiels :

a. Le facteur $\log_{10} PZ$ varie notablement en fonction du substituant (8,15 à 9,65) alors que pour les esters benzoïques et pour les mêmes substituants $\log_{10} PZ$ restait compris entre 9,76 et 9,69;

b. le rapport P_{Hal}/P_H, caractéristique de l'effet ortho des halogènes, est ici très voisin de 1 : $P_{Cl}(7)/P_H = 1{,}02$ $P_{Br}(7)/P_H = 1{,}03$, alors que pour les esters benzoïques on avait $P_{Cl}/P_H = 0{,}078$.

Afin de préciser les résultats des mesures nous étudions actuellement les constantes de dissociation des acides-alcools correspondants et nous envisageons une étude cinétique parallèle des esters benzoïques et des phtalides à des concentrations plus grandes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une synthèse de la tétraméthylpyrazine.*
Note (*) de M. **René Guillaumin**, présentée par M. Paul Pascal.

La condensation de butylène glycol-2.3 et d'ammoniac sur catalyseur de déshydratation permet d'obtenir directement la tétraméthylpyrazine; une simple séparation la fournit à l'état de pureté.

La tétraméthylpyrazine $C_8H_{12}N_2$ est la première diazine connue, obtenue dans la réduction de l'isonitrosométhyléthylcétone [1]. Diverses méthodes furent mises au point par la suite; une des meilleures consiste à traiter, par l'ammoniac en solution alcoolique, la méthyléthylcétone-α chlorée [2]. Eiji Ochiai, Kyosuke Tsuda et Susumu Ikuma [3] ont obtenu la tétraméthylpyrazine à partir du mélange de la monoxime du diacétyle $CH_3COC(NOH)CH_3$ avec l'ester α-picoloylacétique par réduction dans l'acide acétique au moyen de la poudre de zinc. Ces méthodes sont assez complexes.

Nous avons réalisé une synthèse de la tétraméthylpyrazine en partant de butanediol-2.3 et d'ammoniac.

Nous avons fait passer le mélange de gaz ammoniac et de vapeurs du glycol sur un catalyseur de déshydratation : gel de silice ou alumine.

(*) Séance du 12 mai 1952.

(1) Gutknecht, *Ber. d. Chem. Ges.*, 12, 1879, p. 2291.

(2) Demetre Vladesco, *Bull. Soc. Chim.*, (3), 6, 1891, p. 820.

(3) *Ber. d. Chem. Ges.*, 68, B, 1935, p. 1551.

Différents gels de silice et diverses alumines ont été utilisés; une alumine (fournie par Prolabo) nous a donné les meilleurs résultats. Nous l'avons activée par une suite de lavages alternativement dans une solution nitrique à 20 % d'acide concentré, telle que le poids de l'acide (*d* 1,33) soit le 1/15 de celui du catalyseur, puis dans l'eau distillée. Nous lui faisons subir un dernier traitement en la maintenant à 100° au contact de la solution nitrique pendant une heure. Le catalyseur est ensuite chauffé à 400°. L'étude du rendement en fonction de la température montre que celle-ci est optima au voisinage de 400° C.

L'influence de promoteurs tels que les oxydes de fer, cobalt, vanadium, manganèse a été essayée. Un oxyde de fer obtenu par calcination du nitrate, après imprégnation de l'alumine, a l'action la plus favorable. Nous l'avons activé par chauffage progressif jusqu'à 400° dans un courant d'air. Rendement de glycol transformé en azine 6 %.

A la sortie du tube de catalyse, les vapeurs sont condensées et l'on recueille un liquide séparé en deux couches, contenant toutes les deux la diazine en solution. La couche supérieure colorée en brun est la plus riche.

L'azine est facilement entraînable à la vapeur d'eau, mais il est plus simple de l'extraire de ces deux couches par cristallisation suivie de filtration à — 50°. La diazine est purifiée par lavage avec de petites quantités d'éther de pétrole, puis sublimée.

Cristallisée en fines aiguilles qui se transforment en prismes à l'air, elle a une forte tension de vapeur, elle fond à 87° et bout à 190°; le picrate cristallise en aiguilles F 192°. Avec le brome en solution dans l'acide acétique, elle donne, après plusieurs jours, un dépôt cristallisé d'un produit d'addition signalé par Gutknecht (4).

Elle est soluble dans les solvants organiques et dans l'eau chaude, son hydrate ($3\,H_2O$) fond à 73-77°.

A côté de la tétraméthylpyrazine, il y a formation de bases pyridiques.

Cette synthèse présente l'intérêt de partir de corps industriels, d'être simple et directe, une fois fixés certains détails opératoires.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les acides camphane carboniques bornylique et isobornylique.* Note de MM. **Gustave Vavon** et **Marcel de Botton**, présentée par M. Marcel Delépine.

On peut à partir des « prismes » et des « aiguilles » (1) constituant la forme bornylique de l'acide camphane carbonique, faire les esters *p*-nitrobenzyliques dont la saponification permet de revenir, dans les deux cas, aux acides de départ. Il en est

(4) *Ber. d. Chem. Ges.*, 13, 1880, p. 1117.

(1) G. Vavon et Ch. Rivière, *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 251.

de même pour la forme isobornylique de cet acide. Celle-ci est isolée et obtenue pure, avec un bon rendement, *à l'aide de la menthylamine.*

L'acide camphane-carbonique présente les structures bornylique, *trans*, et isobornylique, *cis* (CO_2H par rapport au « pont »). Il a été montré précédemment que l'acide bornylique existe sous deux formes différentes, prismes et aiguilles, lesquelles se comportent comme deux isomères ([2]). Ce travail a été poursuivi en particulier par l'étude des esters *p*-nitrobenzyliques.

1. *Esters para-nitrobenzyliques des prismes et aiguilles.* — Ces esters s'obtiennent par action du bromure de *p*-nitrobenzyle sur un léger excès de camphane carbonate de potassium en solution alcoolique. L'ester est précipité par addition d'eau glacée, essoré et recristallisé dans l'alcool. Après deux cristallisations, le point de fusion ainsi que le pouvoir rotatoire de chacun des deux esters se stabilisent et *ne varient plus par de nouvelles cristallisations.* La saponification totale, réalisée par action à froid pendant 24 heures d'un excès de potasse alcoolique N, *redonne dans les deux cas l'acide de départ.*

	Acide de départ		Ester *p*-nitrobenzylique		Acide de retour	
	[α] ([3]).	F.	[α].	F.	[α].	F.
Prismes......	−16°,3	81°,5	+4°,9	50°,5	−17°,1	82°
Aiguilles.....	−7°,3	74-75°	+8°,2	49°,5	−7°,3	74-75°

On voit qu'en opérant avec des produits très purs, les prismes et les aiguilles conservent leur individualité ici, comme lorsque l'on passe par les esters *p*.phénylphénacylés ([3]).

II. — *Ester para-nitrobenzylique de la forme isobornylique pure.* — A. *Isolement de l'acide isobornylique.*

Le seul procédé ([4]) qui a donné jusqu'ici des résultats reproductibles consiste en de nombreuses cristallisations fractionnées dans divers solvants, effectuées sur un mélange des deux acides suffisamment riche en forme *cis*. Cette méthode est longue et n'aboutit qu'à de très faibles quantités d'acide *cis* pur (3 g [α] + 45°3 à partir de 77 g [α] + 28°).

L'action fractionnée de la soude ne conduit qu'à une séparation médiocre.

De même, de nombreuses amines (α et β naphtylamines, dibenzylaniline, tribenzylamine, triéthanolamine, éthyl-*p*.toluidine) et aussi la brucine et la quinoléine n'ont pas donné de meilleurs résultats; par contre, la *menthylamine*

([2]) G. Vavon et M. de Botton, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1288.

([3]) Tous les [α] ont été pris à *c* 0,05 et pour λ 578, dans le benzène pour les acides et dans l'alcool pour les esters.

([4]) Ch. Rivière, *Ann. de Chim.*, [12], 1, 1946, p. 208 à 210; G. Vavon, Ch. Rivière, J. Ducasse et M. de Botton, *Bull. Soc. Chim.*, [5], 18, 1951, p. C. 37.

a permis de séparer une *quantité appréciable de forme isobornylique* ayant un point de fusion et un pouvoir rotatoire *supérieurs* à ceux qui ont été donnés jusqu'ici.

Dans une solution hydroalcoolique (30 % d'alcool) N/6 de camphane carbonate de sodium, agitée mécaniquement, on introduit en quatre fractions (25, 30, 30 et 15 %) la quantité calculée de chlorhydrate de menthylamine dissoute dans le même solvant à la concentration N/10. Après chaque addition, le sel de menthylammonium précipité est essoré, lavé sur filtre avec de l'eau et recristallisé dans l'eau bouillante. Le point de fusion est sensiblement constant pour les 4 fractions : F 158°; on revient ensuite à l'acide par action de la soude N, puis de ClH dilué.

Pour un acide de départ [α] + 9°,6, les pouvoirs rotatoires de chaque fraction de sel et ceux des acides bruts de retour correspondants sont respectivement de :

Sel.............	— 23°,2	— 21°,5	— 10°,1	et	+ 3°,9
Acide...........	— 11°,2	— 8°,1	+ 18°,1	et	+ 52°,2

On peut donc, à partir d'un mélange de proportions quelconques, séparer un acide de pouvoir rotatoire supérieur à + 52°. En recristallisant dans le méthanol aqueux on aboutit à un acide [α] + 57°,8 et F 79°,5, au lieu de [α] + 45°,7 et F 77°, qui étaient les plus grandes valeurs obtenues jusqu'à ce jour ([4]).

Ce procédé peut se simplifier : on élimine la forme bornylique par une quantité suffisante de chlorhydrate de menthylamine, puis on acidifie le camphane-carbonate de sodium restant; on obtient ainsi *directement* la forme isobornylique pure, sans avoir à passer par son sel de menthylammonium. Ainsi à partir de 56 g d'un acide [α] + 14°,8, on a obtenu pour cette dernière fraction : 13 g [α] + 53°,7.

B. *Ester para-nitrobenzylique.* — L'acide camphane-carbonique isobornylique pur [α] + 56°,7, F 79°,5 donne, lui aussi, un ester *p*-nitrobenzylique [α] + 38°,8, F 50°,5 dont la saponification régénère l'acide initial α + 57°,1, F 79°,5.

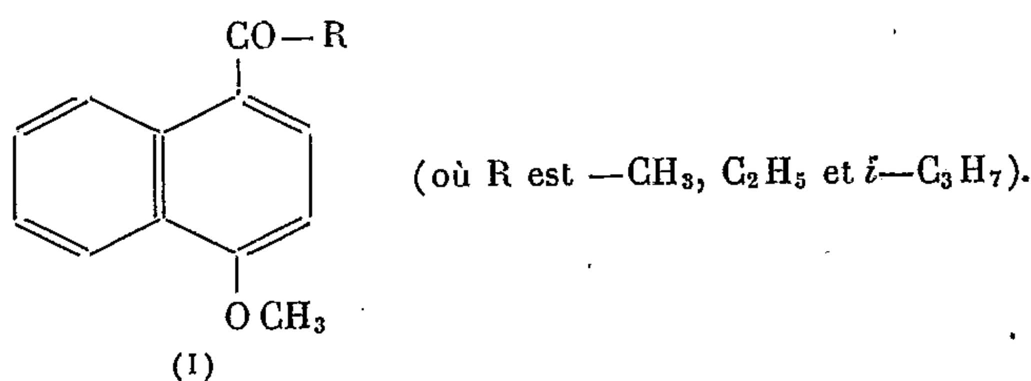
Signalons seulement ici qu'en passant par l'ester *p*-phényl-phénacylé on a pu revenir de même à l'acide de départ.

Nota : Nous poursuivons ces recherches en vue de séparer par la menthylamine les deux formes prismes et aiguilles; les premiers résultats obtenus *semblent apporter des faits nouveaux quant à cette isomérie.* Ceci fera l'objet d'une prochaine Note.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de cétones naphtaléniques à l'aide du fluorure de bore* II. *Préparation des acyl-4 méthoxy-1 naphtalènes*. Note de M. **Ephime Chapiro**, présentée par M. Marcel Delépine.

La condensation du méthoxy-1 naphtalène avec les acides gras, en présence de fluorure de bore, fournit, avec des rendements allant jusqu'à 93 %, les acyl-4 méthoxy-1 naphtalènes. Ont été ainsi préparés les acétyl, propionyl et isobutyryl-méthoxy-naphtalènes. La méthylation de ce dernier corps conduit au pivalyl-méthoxy-naphtalène. Les oximes et phénylhydrazones de ces cétones ont été obtenues par les méthodes habituelles.

Dans une Note précédente (1) j'ai montré que la condensation de l'α-naphtol avec les acides gras, en présence de fluorure de bore, permet de préparer avec d'excellents rendements, les acyl-2 naphtols-1. Il m'a paru intéressant d'essayer d'appliquer la même technique au méthoxy-1 naphtalène et j'ai effectivement obtenu, avec des rendements allant jusqu'à 93 % et à l'état très pur, les acyl-4 méthoxy-1 naphtalènes (I).



(I)

J'avais déjà (2) préparé ces cétones par la réaction de Friedel et Crafts classique, au sein du sulfure de carbone, selon la technique décrite par K. Kindler et T. Li (3). La comparaison des deux méthodes a montré que le fluorure de bore présente sur le chlorure d'aluminium des avantages très appréciables : meilleurs rendements, absence quasi totale de résines, possibilité d'utiliser l'acide au lieu de son chlorure et d'éviter le sulfure de carbone comme solvant.

J'ai réalisé ainsi la synthèse des acétyl-, propionyl- et *iso*-butyryl-4 méthoxy-1 naphtalène. Par contre, le pivalyl-4 méthoxy-1 naphtalène n'a pu être obtenu ni par l'une, ni par l'autre des deux méthodes. Cette cétone a finalement été préparée par méthylation de l'*iso*-butyryl-métoxy-naphtalène selon la technique de Haller et Bauer.

Alors que les oximes et phénylhydrazones des trois premières cétones se forment aisément, le pivalyl-4 méthoxy-1 naphtalène se combine très

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 966.
(2) *Thèse*, Paris, 1950.
(3) *Ber. d. Chem. Ges.*, 74, 1941, p. 327.

difficilement aux réactifs du groupe carbonyl. La phénylhydrazone, en particulier, n'a pu être obtenue.

Cétone.	Rendements avec AlCl$_3$.	BF$_3$.
Acétyl-	64	91
Propionyl-	70	84
Iso-butyryl	75	93

Partie expérimentale. — Un mélange de méthoxy-1 naphtalène (1 mol) et d'acide gras (2 mol), refroidi à 0°, est traité par un courant de BF_3. Après saturation, on chauffe au bain-marie à 70° pendant 10-15 h, et l'on décompose par l'acétate de sodium. Les cétones sont purifiées, selon le cas, par des cristallisations dans l'alcool ou dans l'éther de pétrole.

Acétyl-4 méthoxy-1 naphtalène : $C_{13}H_{12}O_2$ (formule I où R est CH_3.) — F 70°. *Oxime :* $C_{13}H_{13}O_2N$.F 120°. *Phénylhydrazone :* $C_{19}H_{18}ON_2$. Aiguilles blanches F 120° (alcool). Trouvé N % 9,81; calculé 9,65. *Acétylphénylhydrazone :* $C_{21}H_{20}O_2N_2$. Cristaux blanc crème F 114° (alcool). Trouvé N % 8,62; calculé 8,43.

Propionyl-4 méthoxy-1 naphtalène : $C_{14}H_{14}O_2$ (R : C_2H_5). — F 58°. *Oxime :* $C_{14}H_{15}O_2N$. F 174°. *Phénylhydrazone :* $C_{20}H_{20}ON_2$. Aiguilles blanches. F 147° (alcool). Trouvé N % 9,21; calculé 9,21.

Isobutyryl-4 méthoxy-1 naphtalène : $C_{15}H_{16}O_2$(R : *i*-C_3H_7). — Prismes blancs F 96° (éther de pétrole). Trouvé C % 79,11; H % 7,01; calculé 78,94 et 7,02. *Oxime :* $C_{15}H_{17}O_2N$. Cristaux blancs F 178° (alcool dilué). Trouvé N % 5,89; calculé 5,76. *Phénylhydrazone :* $C_{21}H_{22}ON_2$. Aiguilles blanches F 152° (alcool absolu). Trouvé N % 8,79; calculé 8,80.

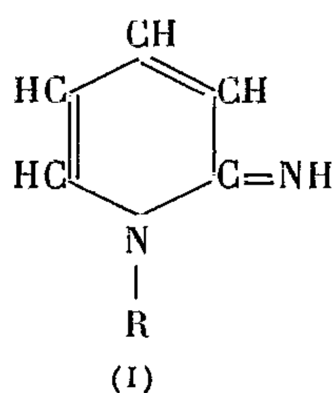
Pivalyl-4 méthoxy-1 naphtalène : $C_{16}H_{18}O_2$. — Paillettes blanches F 94° (alcool dilué). Trouvé C % 79,51, H % 7,56; Calculé 79,33 et 7,43. *Oxime :* $C_{16}H_{19}O_2N$. Prismes blancs F 200° (alcool dilué). Trouvé N % 5,34; calculé 5,44.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la mobilité de l'atome de soufre dans les thiopyridones-2 et les thiopipéridones-2.* Note de MM. **Jean A. Gautier** et **Jean Renault**, présentée par M. Marcel Delépine.

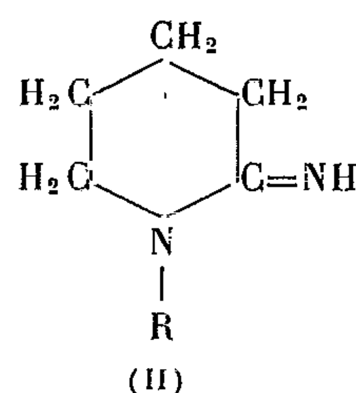
L'atome de soufre des thiopyridones-2 et des thiopipéridones-2 présente une certaine mobilité. Sous l'action de NH_3 en présence d'un agent désulfurant [OHg, OAg_2 $(CN)_2Hg$], ces molécules conduisent respectivement aux pyridonimines-2 et aux pipéridonimines-2. Cette réaction oppose ici encore les dérivés oxygénés aux composés soufrés.

L'absence de réactivité du groupement carbonyle des pyridones-2 et des pipéridones-2 substituées à l'azote semble être attribuable au fait que ces molécules se rattachent aux amides plutôt qu'aux cétones. Or il est connu que les thiamides possèdent, au contraire, des propriétés thiocétoniques marquées. Il nous a donc paru intéressant d'étudier la mobilité de l'atome de soufre des

thiopyridones-2 et des thiopipéridones-2 précédemment décrites ([1]). Nous envisagerons ici l'action désulfurante de NH_3 sur ces molécules. En milieu alcoolique et à froid, la mobilité de l'atome de soufre en présence de NH_3 apparaît comme nulle; à chaud au contraire la formation de $S(NH_4)_2$ est rapide, mais nous n'avons pu isoler aucun produit organique défini correspondant au noyau hétérocyclique. Toutefois l'addition d'un dérivé métallique (OHg, OAg_2, $(CN)_2Hg$) permet d'aboutir à froid à une désulfuration complète avec formation respective de pyridonimines-2 (I) et de pipéridonimines-2 (II); les premières sont toujours accompagnées de résines, ce qui en diminue le rendement.



(I)



(II)

Nous avons constaté que la thiopyridone-2 proprement dite reste inaltérée, alors que la thiopipéridone-2 conduit à un mélange de pipéridonimine-2 (II, R = H) et de pipéridone-2; cette dernière provient de la superposition d'une action désulfurante propre de OHg sur la thiopipéridone. Nous n'avons jamais retrouvé de dérivé oxygéné au cours de la désulfuration de leurs homologues.

Ainsi les thiopyridones-2 se comportent comme des thiamides tant par la mobilité de leur atome de soufre que par leur addition aux halogénures d'alcoyles, signalée antérieurement ([2]); on peut trouver dans cette analogie de réaction un argument supplémentaire en faveur du rapprochement pyridones-amides. Ces pyridones doivent cependant être tenues pour des amides bien particuliers, leur insaturation les conduisant à se comporter tantôt comme benzéniques ([3]), tantôt comme systèmes à deux doubles liaisons conjuguées ([4]).

DESCRIPTION DES DÉRIVÉS OBTENUS :

Pyridonimines-2 [formule (I)] :

N-méthylpyridonimine-2 ($R = CH_3$) ($C_6H_8N_2$) : chlorhydrate F 110°; picrate F 201°; Rdt 60 %. *Voir* aussi ([5]).

N-éthylpyridonimine-2 ($R = C_2H_5$) ($C_7H_{10}N_2$) : chlorhydrate F 150-151°; picrate F 167°; Rdt 60 %.

([1]) J. RENAULT, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 77.

([2]) J. RENAULT, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 182.

([3]) J. A. GAUTIER, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 816.

([4]) J. A. GAUTIER, *Thèse Doctorat ès sciences physiques*, Paris, 1937.

([5]) A. TCHITCHIBABINE et R. KONOWALOWA, *J. Russ. Phys. Chem. Ges.*, 53, 1921, p. 193.

N-propyl-*n*-pyridonimine-2 ($R = C_3H_7^n$) ($C_8H_{12}N_2$) : chlorhydrate F 176-177°; picrate F 117-118°; Rdt 60 %.

N-butyl-*n*-pyridonimine-2 ($R = C_4H_9^n$) ($C_9H_{14}N_2$) : chlorhydrate F 180-181°; picrate F 93°; Rdt 55 %.

Pipéridonimines-2 [formule (II)] :

Pipéridonimine-2 ($R = H$) ($C_5H_{10}N_2$) : picrate F 208-209° identique à celui préparé par Grave (6).

N-méthylpipéridonimine-2 ($R = CH_3$) ($C_6H_{12}N_2$) : chlorhydrate avec 1 OH_2 F 157°; Rdt 82 %.

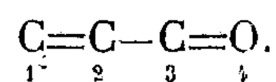
N-éthylpipéridonimine-2 ($R = C_2H_5$) ($C_7H_{14}N_2$) : chlorhydrate avec 1 OH_2 F 168°; Rdt 76 %.

N-propyl-*n*-pipéridonimine-2 ($R = C_3H_7^n$) ($C_8H_{16}N_2$) : chlorhydrate avec 1 OH_2 F 192; Rdt 74 %.

N-butyl-*n*-pipéridonimine-2 ($R = C_4H_9^n$) ($C_9H_{18}N_2$) : chlorhydrate avec 1 OH_2 F 204°; Rdt 80 %.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des organomagnésiens sur le β-butyl-tert.-cinnamate d'éthyle*. Note de M. **Georges Tsatsas**, présentée par M. Marcel Delépine.

Divers auteurs ont étudié jusqu'à présent l'action des organomagnésiens sur les éthers-sels α-monoéthyléniques. En particulier Kohler (1) par action de C_6H_5MgBr sur l'α-phénylcinnamate de méthyle, a obtenu le diphénylhydrocinnamate de méthyle. De même le C_6H_5MgBr en excès et soigneusement refroidi réagit sur le cinnamate de phényle avec formation d'une part, du diphénylpropionate de phényle, et d'autre part de la diphénylpropiophénone. Kohler explique ces résultats en admettant l'addition de l'organomagnésien en position —1.4 sur le système conjugué :



$$\underset{1}{C}=\underset{2}{C}-\underset{3}{C}=\underset{4}{O}.$$

Mais la formation de ces corps peut aussi s'expliquer par une addition du réactif sur la liaison —1.2 comme l'admettent Blaise et Courtot (2). Ainsi la preuve de la fixation des magnésiens en —1.4 n'est faite que dans quelques cas (formation d'éthers d'énols et de peroxydes).

L'étude de l'influence du radical butyle-tertiaire en position -β, en l'occurence l'action des organomagnésiens sur le β-butyl- tert.-cinnamate d'éthyle dans diverses conditions, fait l'objet de la présente Note.

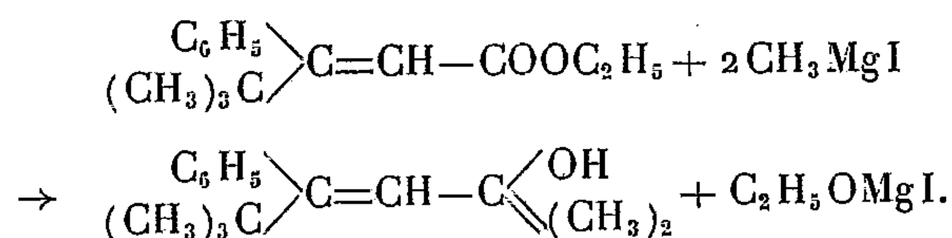
Comme on devait s'y attendre, l'action de CH_3MgI en excès sur le β-butyl.

(6) T. B. Grave, *J. Amer. Chem. Soc.*, 46, 1924, p. 1468.

(1) Kohler et G. Héritage, *Am. Chem. J.* 33, 1905, p. 153; 34, 1905, p. 508; Kohler, *Amer. Chem. J*, 36, 1906, p. 529.

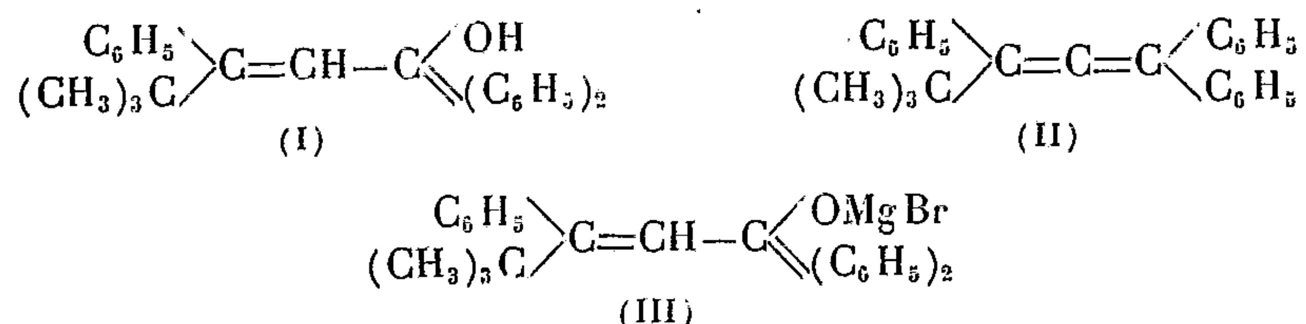
(2) *Comptes rendus*, 140, 1905, p. 370.

tert.-cinnamate d'éthyle conduit uniquement à la formation de l'alcool tertiaire éthylénique par la mise en action de la fonction éther-sel :



Le produit de la réaction cristallise dans l'éther de pétrole en longues aiguilles et fond à 66°. Il ne possède ni fonction cétone ni fonction éther-sel. L'hydrogène mobile ($OH\% = 7,45$) ainsi que l'analyse montrent que c'est un carbinol répondant à la formule ci-dessus. L'oxydation permanganique en sol. neutre et à froid a permis d'identifier la triméthyl-acétophénone (oxime F 167°) et l'acide hydroxybutyrique (anilide F 130°). Les mêmes résultats ont été obtenus en conduisant la réaction à l'ébullition de l'éther.

Contrairement aux observations faites dans d'autres cas par les auteurs précités, l'action de C_6H_5MgBr sur le même ester cinnamique à basse température ne donne aucune trace d'éther-sel ou de cétone saturés, mais elle conduit exclusivement comme dans le cas précédent, à l'alcool tertiaire éthylénique (I) par la mise en œuvre de la fonction éther-sel :



Ce carbinol fondant à 69° a été identifié par les produits d'oxydation. L'action du permanganate à froid est extrêmement lente et je n'ai pu identifier que la triméthylacétophénone; par contre, l'oxydation chromique à t^0 ordinaire ou permanganique à chaud, en dehors de la triméthylacétophénone a fourni la benzophénone (oxime F 140°). Par distillation sous pression réduite le carbinol (I) se déshydrate et le carbure obtenu (II) (E_{14} 229-230°, F 94°) décolore instantanément le brome. L'oxydation de ce carbure ($C_{25}H_{24}$) a fourni les mêmes produits que le carbinol (I), ce qui permet de le considérer comme un carbure allénique (II).

Mais si l'on conduit la réaction à chaud, c'est-à-dire si l'on fait réagir C_6H_5MgBr en excès sur l'ester cinnamique à t^0 ordinaire et si l'on chauffe ensuite le mélange à l'ébullition de l'éther, on trouve, à côté du carbinol (I) qui prédomine, une certaine quantité d'une substance qui devient prépondérante (jusqu'à 75 %) quand on remplace l'éther par le benzène et que l'on chauffe à l'ébullition de ce dernier durant 3 h. Ce corps, qui fond à 98°, est une cétone (oxime F 171°, semicarbazone F 194° par projection) et possède la même com-

position que le carbinol éthylénique, à partir duquel elle se forme par une transposition intramoléculaire. En effet, pour prouver que cette cétone se forme par une transposition du complexe (III) et non par fixation du magnésien sur la position — 1.2 ou — 1.4, j'ai effectué deux expériences :

1° J'ai conduit la réaction à — 10°, ce qui donne, comme il a été exposé plus haut, le carbinol éthylénique, et ensuite j'ai chauffé à l'ébullition;

2° j'ai fait réagir C_6H_5MgBr sur ce même carbinol (I) et j'ai chauffé ensuite le mélange en solution éthérée ou benzénique.

Dans les deux cas à côté du carbinol (F 69°), j'ai obtenu cette cétone (F 98°), ce qui prouve qu'il y a un réarrangement de la molécule et conversion de l'hydroxyle alcoolique se trouvant ainsi sur un carbone non saturé, en cétone. Il n'est pas possible à l'heure actuelle de préciser le mécanisme de cette transposition. L'oxydation chromique de cette cétone a fourni la triméthyl-acétophénone et la benzophénone, ce qui exclut la migration du phényle en position — 1, car on devrait trouver, parmi les produits d'oxydation, l'acide benzoïque, ce qui n'est pas le cas. L'étude se poursuit pour identifier cette cétone.

En conclusion, l'action de CH_3MgI sur le β-butyl- tert.-cinnamate d'éthyle à chaud ou à froid, conduit à la formation du carbinol éthylénique correspondant. Le bromure de phénylmagnésium réagit de la même manière à basse température; par contre, à chaud, on obtient surtout la formation d'une cétone saturée, produit d'une transposition que subit le complexe magnésien du carbinol éthylénique préalablement formé.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Structure des cristaux de soude à 4 mol d'eau.*
Note de M. PHILIP HEMILY, présentée par M. Charles Mauguin.

$NaOH.4H_2O$ fond à — 5°C environ. Pour la préparation et le transport des cristaux nous avons employé une technique expérimentale analogue à celle décrite par M. L. Bouttier ([1]). Les cristaux que nous avons obtenus se présentent sous la forme de minces lamelles perpendiculaires à l'axe cristallographique $\vec{a}$.

Au moyen de la chambre de Weissenberg nous avons exploré tout l'espace réciproque accessible au rayonnement K_α du cuivre.

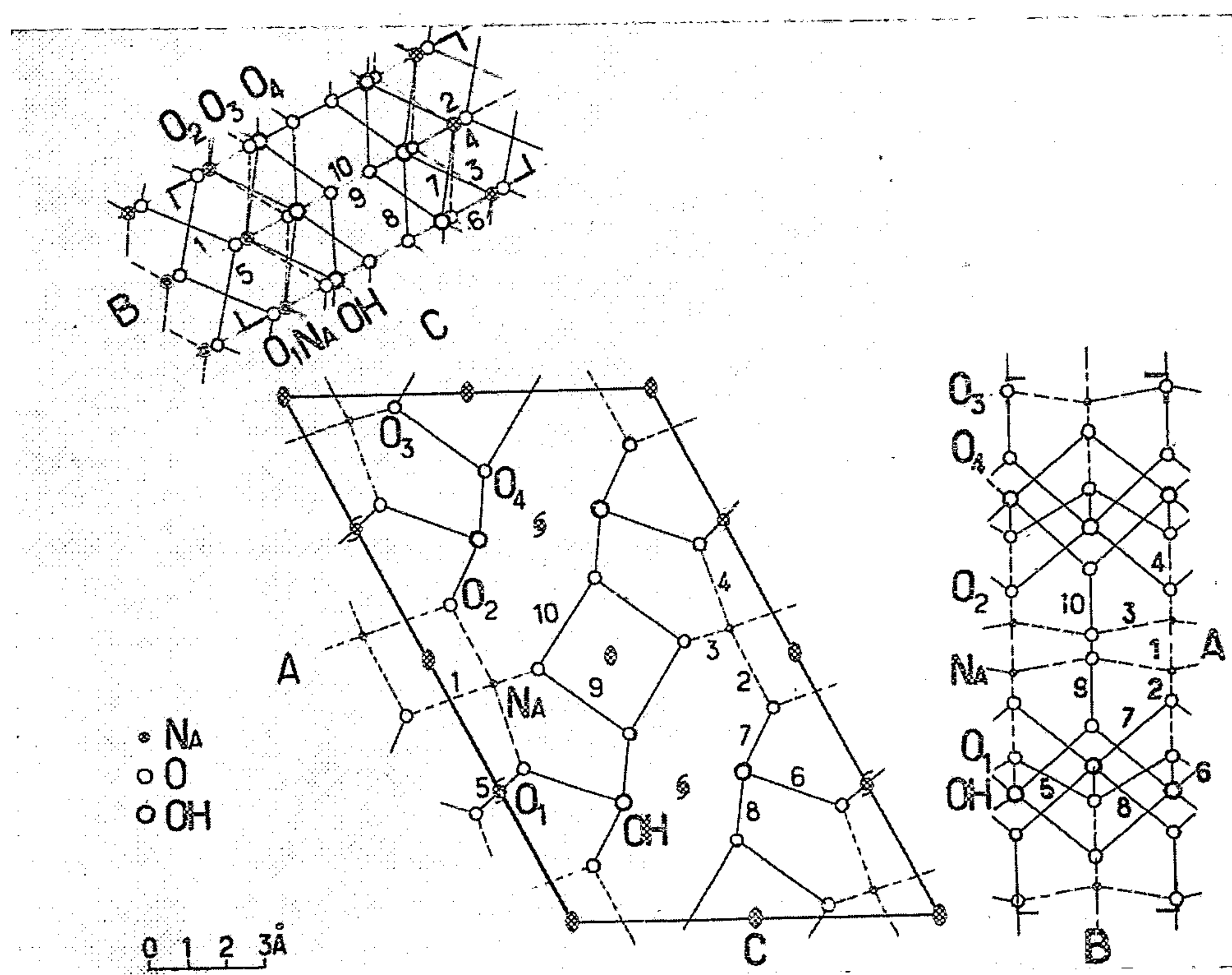
$NaOH.4H_2O$ cristallise dans le système monoclinique, groupe de symétrie $C2(C_2^3)$. La maille élémentaire contient $4(NaOH.4H_2O)$: elle est définie par les paramètres

$$a = 15,47 \text{ Å}, \quad b = 4,04 \text{ Å}, \quad c = 9,44 \text{ Å}, \quad \beta = 117°15'.$$

([1]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1419.

Pour rendre compte des intensités des taches de diffraction tous les atomes doivent être contenus dans les deux plans $y=0$; $y=b/2$: toutefois cette condition n'est pas imposée par le groupe de symétrie.

La structure a été résolue par l'interprétation de la fonction de Patterson calculée dans l'espace à trois dimensions. Les coordonnées définitives ont été mesurées sur la section ($y=0$) de la densité électronique, calculée au moyen des séries de Fourier.



Les coordonnées atomiques sont portées sur le tableau suivant :

	Na.	OH.	O_1.	O_2.	O_3.	O_4.
$\frac{x}{a}$	0,4547	0,2240	0,2921	0,6064	0,9780	0,8546
$\frac{y}{b}$	0	0	0	0	0	0
$\frac{z}{c}$	0,1417	0,3171	0,0975	0,1396	0,2836	0,4302

Les trois projections de la maille élémentaire, avec l'emplacement des atomes et des éléments de symétrie, sont représentées dans la figure. Nous avons indiqué par un trait interrompu les distances interatomiques sodium-oxygène; leurs longueurs sont :

Distance interatomique n°	1.	2.	3.	4.
Longueur (Å)	2,38	2,36	2,36	2,35

Les liaisons hydrogène ont été indiquées par un trait plein. On en reconnaît huit, une pour chacun des atomes d'hydrogène des molécules d'eau. Leurs longueurs sont :

Liaison n°	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Longueur (Å)	2,64	2,72	2,72	2,71	2,83	2,76

L'atome O_4 se trouve au centre d'un tétraèdre d'atomes d'oxygène, avec lesquels il échange des liaisons hydrogène (disposition similaire à celle qui existe dans la glace); les atomes O_2 et O_3 se trouvent aussi au centre d'un tétraèdre, défini par deux atomes d'oxygène avec lesquels ils échangent des liaisons hydrogène, et par deux atomes de sodium situés à une distance de 2,36 Å; l'atome O_1 se trouve au centre d'un tétraèdre formé par trois atomes d'oxygène, avec lesquels il échange des liaisons hydrogène, et par un atome de sodium.

On peut distinguer le groupe OH des autres oxygènes par la disposition différente des atomes qui l'entourent; il échange cinq liaisons hydrogène.

Autour de chaque atome de sodium se trouvent cinq atomes d'oxygène à des distances comprises entre 2,35 et 2,38 Å. Trois de ces atomes d'oxygène et l'atome de sodium se trouvent dans le même plan.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence d'une série métamorphique au Nord de Lattaquié (Syrie).* Note de M. **Maurice Chenevoy**, présentée par M. Charles Jacob.

La région de la Syrie située en bordure de la côte méditerranéenne, à hauteur du 40e parallèle, est formée d'un ensemble de roches éruptives basiques (gabbros, pyroxénolites, serpentines, diorites) reposant sur une série sédimentaire allant du Trias au Crétacé. Au Nord de la ville de Lattaquié, dans le massif montagneux du Bassit constitué par ces formations, pointent des terrains qui, dans l'attente d'une étude plus complète, ont été attribués jusqu'ici au Primaire (1).

En réalité, il s'agit d'une série métamorphique d'origine sédimentaire. Elle est redressée à la verticale et de direction générale SE-NW, en contradiction avec les directions structurales des formations plus récentes.

Du point de vue pétrographique, on peut y distinguer des quartzites à deux micas, des amphibolites feldspathiques, des calcaires métamorphiques à minéraux, ainsi qu'une roche noirâtre légèrement schisteuse qui, d'après ses caractères microscopiques, représente une ancienne lave, vraisemblablement andésitique.

Les quartzites sont blanc bleuté, massifs, à grain très fin, et présentent une schistosité soulignée par de nombreuses lamelles de biotite et de muscovite. Ils contiennent en outre un peu d'albite, de la tourmaline, de l'apatite et de grands cristaux séricitisés et squelettiques

(1) L. Dubertret, *C. R. Séances Société Géologique de France*, 17 mars 1947.

de sillimanite. La magnétite, très abondante, est responsable de la couleur bleutée de certaines parties de ces quartzites.

Les amphibolites se trouvent en abondance dans la série. Elles sont variées dans le détail, et peuvent être ou non feldspathiques. Le pyroxène joue dans certaines un rôle égal à celui de l'amphibole. Le quartz y est fréquent, ainsi que la calcite, la biotite et la chlorite. Magnétite, apatite, sphène et épidote peuvent y prendre un grand développement, tout en restant subordonnés.

Lorsque la calcite devient prépondérante, on passe à des calcaires dans lesquels on retrouve les minéraux précédents, en plus ou moins grande quantité. La schistosité de ces calcaires reste toujours marquée, en raison de la présence de phyllites.

Cette formation appartient tout entière, par ses caractères minéralogiques, à la zone des micaschistes inférieurs. Tout au plus peut-on noter une légère diminution de l'intensité du métamorphisme en direction du Sud, du Djebel Ayourane à Qastel Moaf; près de cette dernière localité, le caractère sédimentaire des assises est mieux conservé, tandis que la chlorite subsiste largement à côté de la biotite.

L'âge de cette série métamorphique ne peut être établi dans la région étudiée. Les schistes cristallins que l'on rencontre en Turquie, notamment dans le Taurus, et qui, par leur faciès, se rapprocheraient des nôtres, ne sont pas datés ([2]). Mais on sait qu'ils sont recouverts en discordance par des terrains dont les plus anciens appartiennent au Silurien.

D'autre part, on connaît dans l'Amanus, à une centaine de kilomètres au Nord du massif du Bassit, des schistes ordoviciens plissés, servant de substratum aux mêmes roches vertes ([3]), et qui ne montrent aucune trace de métamorphisme. Le Cambrien des affleurements les plus proches signalés, ceux de la Mer Morte, ne sont pas non plus métamorphiques.

Ces faits conduisent à penser qu'il peut s'agir d'une série très ancienne, peut-être précambrienne.

GÉOLOGIE. — *Sur la stratigraphie du Cambrien de Sardaigne.*

Note de M. **Bernard Gèze**, présentée par M. Paul Fallot.

La série stratigraphique du Cambrien sarde a été très discutée. L'identité des faciès avec le Cambrien de la Montagne Noire, jointe aux observations des plus récents auteurs, permet d'affirmer la succession suivante : grès à *Olenopsis* à la base, calcaires à *Archæocyathus* au milieu, schistes à *Paradoxides* au sommet, le Géorgien et l'Acadien étant donc à la fois représentés.

L'existence de terrains cambriens dans la région de l'Iglesiente (Sardaigne

---

([2]) A. Philippson, *Handbuch der regionalen Geologie*, 2, 1919.

([3]) L. Dubertret, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1173.

du Sud-Ouest) a été reconnue par Meneghini en 1882 ([1]). Cet auteur, puis Bornemann en 1886, ont décrit une succession qui, si elle était datée avec peu de précision, n'en paraît pas moins exacte dans ses grandes lignes : grès à la base, calcaires au milieu, schistes au sommet.

Mais cette série, qui se présente dans des conditions tectoniques complexes, a été rapidement mise en doute par les géologues ultérieurs, notamment Zoppi (1888), Pompeckj (1901), surtout Taricco (1912-1928) et Novarese (1914-1942), auteurs des cartes géologiques qui couvrent l'Iglesiente. Aussi, malgré quelques divergences de vues entre ces auteurs, une sorte de doctrine officielle en Italie, et admise d'ailleurs par des étrangers comme Teichmüller (1931), a fini par prévaloir, en établissant la succession des couches exactement en sens inverse et en les datant toutes de l'Acadien, au-dessous du poudingue de base transgressif de l'Ordovicien inférieur, ce qui constituait une anomalie unique pour le Cambrien de la Méditerranée occidentale.

Néanmoins, soit pour des raisons de paléontologie pure, soit grâce à des observations stratigraphiques et surtout à l'étude des stratifications entrecroisées, d'autres auteurs se sont élevés contre cette manière de voir. Ce sont : Havre (1932), Minucci (1935), Cadisch (1938), Schwarzbach (1939-1952), Vardabasso (1940-1952).

Malgré ce revirement, j'ai pu constater au cours de l'excursion de la Société géologique italienne, magnifiquement conduite par S. Vardabasso en Sardaigne (avril 1952), que l'unanimité des géologues était loin d'être faite; aussi me semble-t-il utile de mettre en relief l'identité presque absolue qui m'est apparue entre le Cambrien de Sardaigne et celui de la Montagne Noire.

Ce fait est important puisque, dans cette dernière région, le poudingue de base du Cambrien sur l'Antécambrien d'une part, la succession quasi continue vers le Silurien et le Dévonien d'autre part, garantissent absolument la succession stratigraphique reconnue ([2]).

Les terrains antécambriens ne sont pas connus en Sardaigne et les plus anciens appartiennent à une formation gréso-schisteuse (arenarie) identique à celle dite « de Marcory » dans la Montagne Noire. Vers le haut, les grès verdâtres deviennent jaunâtres et piquetés de limonite (faciès « Pardailhan » de la Montagne Noire) en même temps qu'apparaissent de nombreux bancs ou larges passées calcaires (niveau « des alternances gréso-calcaires » de la Montagne Noire). Dans les deux régions se rencontrent à ce niveau des *Olenopsis*, ce qui daterait la formation du Géorgien supérieur vers le haut, donc, peut-être, du Géorgien inférieur vers le bas.

Puis se développe une puissante masse de calcaires où se localisent la plupart des grands gisements miniers de Sardaigne (calcare metallifero). Comme dans la Montagne

---

([1]) Bibliographie détaillée dans : IDA GOMASCHI, *I Fossili della Sardegna* (*Istituto per gli Studi Sardi*, Cagliari, 27 + 410 pages, 1949).

([2]) B. GÈZE, *Mém. Soc. géol. Fr.*, 29, 1949, p. 215.

Noire, la base est le plus souvent dolomitique, le sommet formé de marbres blancs; mais les variations constantes du « front de dolomitisation » ont beaucoup troublé les géologues sardes qui en avaient parfois conclu à l'existence de deux niveaux discordants, ce qui est manifestement erroné. Ces calcaires, à *Archaeocyathus* dans les deux régions, datent sans doute du Géorgien supérieur et de l'Acadien inférieur.

Le passage se fait ensuite régulièrement à des calcschistes et schistes calcarifères versicolores (blanchâtres, lie-de-vin, verdâtres, jaunâtres), puis à des schistes à nodules calcaires, le tout étonnamment identique en Sardaine et dans la Montagne Noire. Très fossilifère dans les deux régions (faune à *Paradoxides*, *Conocoryphe*, Cystoïdes, etc.), ces terrains appartiennent avec certitude à l'Acadien inférieur (partie supérieure) et surtout moyen.

Progressivement les schistes deviennent plus monotones et fins, avec quelques passées plus gréseuses, sans arriver, semble-t-il, à de véritables quartzites comme dans le versant méridional de la Montagne Noire. Il s'agit sans doute d'Acadien supérieur, mais la Sardaigne ne paraît pas plus fossilifère que la Montagne Noire pour ces niveaux et l'existence de Potsdamien ne paraît pas probable, l'individualité de cet étage restant d'ailleurs à démontrer dans toute la Méditerranée occidentale.

Cette interprétation de la série est valable dans l'Iglesiente au sens large (comprenant le Fluminese au Nord et le Sulcis au Sud), mais rien de semblable n'a été trouvé dans les autres parties paléozoïques de la Sardaigne. Il est néanmoins permis de se demander si le Cambrien sous un faciès différent ne pourrait pas exister dans les régions du Sud-Est (Barbagia, Quirra, Gerrei), peut-être même du Nord-Ouest (Nurra), où des schistes très puissants et le plus souvent azoïques, quoique datés par places de l'Ordovicien, occupent de larges espaces.

Une telle possibilité reste à envisager si l'on songe à la disparition relativement rapide du faciès calcaire au sein d'une grande série compréhensive schisto-gréseuse allant de l'Antécambrien à l'Ordovicien compris, dans le versant septentrional de la Montagne Noire, ainsi que dans les Cévennes méridionales ou dans les Pyrénées Orientales, toutes régions relativement proches de la Sardaigne.

Quoi qu'il en soit de cette dernière question, il demeure incontestable qu'il n'y a plus actuellement de problème statigraphique dans l'Iglesiente et que la série cambrienne de Sardaigne ne se différencie en rien de notable de celle des autres régions classiques.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des calcaires de Timhadit (Moyen-Atlas).* Note de MM. **Georges Choubert**, **Henri Salvan**, **Henri Termier** et Mme **Geneviève Termier**, présentée par M. Paul Fallot.

L'âge des calcaires roses de Timhadit a donné lieu malgré leur richesse en fossiles, à diverses interprétations. L. Gentil en fit du Jurassique (1916). En 1921, J. Savornin les datait de l'Éocène moyen (1). En 1936, l'un de

(1) *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 322.

nous (H. T.) en s'appuyant sur l'avis autorisé de H. Douvillé qui avait étudié la faune de ces calcaires (*Nautilus* cf. *Forbesi*, *Ostrea multicostata*, *O. orientalis* et surtout *Cardita* cf. *Beaumonti*) ([2]) les attribuait au Danien. Cette attribution fut confirmée par J. Lambert qui assigna un âge crétacé supérieur à *Termieria Henrici*, forme nouvelle d'Échinide très abondante au sommet des couches de Timhadit ([3]). Enfin J. Pia et J. Pfender après avoir étudié les Foraminifères et les algues de cette formation, ne purent se prononcer sur son niveau exact ([4]).

De nouvelles récoltes de fossiles menées parallèlement avec des études de détail (1949-1951) ont permis de reconnaître, parmi les ensembles peu significatifs connus jusqu'à présent, quelques espèces qui permettent de dater toute la série.

1° Dans les couches de base : *Odontaspis substriata* var. *Atlasi* Arambourg, espèce caractéristique du Thanétien-Yprésien des phosphates marocains (détermination de C. Arambourg).

2° Un peu plus haut : *Echinolampas Goujoni* Pomel, espèce connue dans l'Éocène tunisien (détermination de J. Roman).

3° Calcaire rose de Timhadit à pinces de Crabes, Nautiles, etc.

4° Niveau à silex à *Termieria Henrici.*

5° Couche à *Cardita Mokattamensis* Opp., forme du Lutétien supérieur (bartonienne en Égypte). Cette dernière espèce, ainsi que *O. Fryryi* S. Meunier (du Lutétien du Sénégal) se retrouvent dans les niveaux plus élevés par lesquels se termine la série marine de Timhadit.

Sur la rive droite de l'Oued Guigou, à l'Est de la bifurcation de la piste d'Ain Nokra, ce dernier niveau marin a fourni à l'un de nous (H. S., 1951) une faune très riche comprenant notamment : *Cardita Mokattamensis* Opp., *O. multicostata* Desh, *O. Fryryi* S. M., *Turitella trivigiana* V. de Regny, *T. subtrivigiana* Moret, *T. Marocana* Moret, *Pseudoliva Michelini* Coq, *Pleurotoma ingens* M. E., *Mesalia* cf. *carounensis* Cuvillier, *M.* cf. *Scotti* Rutsch, *Campanile* cf. *cornucopiæ*, etc., ainsi qu'un chevron dentaire de *Myliobatis Dixoni* Ag. Or cette faune est tout à fait caractéristique du Lutétien supérieur. Certaines formes citées (*C. Mokattamensis*, *Pleurotoma ingens* ainsi qu'un certain nombre d'espèces nouvelles) sont abondantes dans la « Dalle à Thersitées » de Louis-Gentil; d'autres dans le Lutétien de Tamdakht (zone sub-atlasique méridionale) et du J. Ouanina (zone sub-atlasique septentrionale); *C. cornucopiæ* est surtout Lutétien et Auversien ([5]).

([2]) *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, n° 33, 2, 1939, p. 909-917.
([3]) *Mém. Soc. Géol. Fr.*, nouv. série, n° 16, 1931, p. 31.
([4]) *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, n° 20, 1932.
([5]) G. Delpey, *Ann. Paléon.*, 29, 1941-1942, p. 1-25.

Nous pouvons donc conclure que la *série de Timhadit proprement dite correspond à l'Éocène inférieur* (*Thanétien-Yprésien*). *Ses couches supérieures qui surmontent le niveau à* Termieria Henrici *sont lutétiennes.*

La base de la falaise éocène est masquée par des basaltes quaternaires à Timhadit. On peut néanmoins l'étudier dans le synclinal de Bou Angueur-J. Hayane, notamment à l'Est de la cluse du Foum Kheneg, où la série est transgressive sur le Domérien. Les couches inférieures (marnes noires et calcaires conglomératiques) ont fourni une faune abondante de dents de poissons (G. Ch. et G. Dubar, 1949) et en particulier *Corax pristodontus*, forme caractéristique du Maestrichtien-Danien, laquelle ne monte pas dans l'Éocène. Le synclinal de Bou Angueur est largement recouvert de laves quaternaires, aussi est-il parfois difficile de situer par rapport à la série type, les affleurements isolés entourés de champs basaltiques. C'est le cas de la petite carrière qui se trouve sur le flanc sud du synclinal à l'Ouest de la grande route Azrou-Midelt. Elle a fourni (G. Ch. et H. S., 1946) des *Clavator* parmi lesquels P. Jodot a pu reconnaître *Leucotænius Menchikoffi* Jod., forme de la Hammada de Bou Denib, dont l'âge est considéré comme Aquitanien.

La série marine du synclinal de Bou Angueur est surmontée au J. Hayane par des couches rouges contenant quelques niveaux de gypse et représentant sans doute l'Éocène supérieur. C'est également l'âge probable de la puissante série des gypses de Feleddi ([6]). En effet, comme l'a démontré R. du Dresnay (1950), cette formation lagunaire repose à l'Est sur des calcaires de la série de Timhadit. La série de Feleddi se termine par des calcaires lacustres (J. Terselt) qui pourraient être oligocènes. De tels calcaires lacustres sont largement développés dans le synclinal d'Oudiksou.

L'âge des *Clavator* de Bou Angueur, qui se placent au-dessous de la formation rouge attribuable à l'Éocène supérieur, reste donc pour le moment une énigme. Nous croyons utile de signaler néanmoins leur présence, car c'est la première fois que l'on rencontre ces fossiles essentiellement sahariens au Nord du Haut-Atlas.

GÉOLOGIE. — *Présence du Burdigalien dans la région d'El Milia, au centre du Massif ancien de Petite Kabylie* (*Nord-Constantinois, Algérie*). Note de

M. **Michel Durand Delga**, présentée par M. Paul Fallot.

Trois affleurements burdigaliens ont été découverts près d'El Milia. Leurs faciès et leurs faunes traduisent les conditions littorales de leurs dépôts. On peut y voir les vestiges des sédiments d'anciens bras de mer, ayant envahi d'étroites vallées déjà creusées dans le Massif de Petite Kabylie, dès la fin de l'Oligocène.

([6]) H. Termier, *loc. cit.*, p. 924.

On ne connaissait jusqu'à présent, dans le domaine de la Petite Kabylie, entre les méridiens du Cap Cavallo et du Dj. Filfila, que deux secteurs où le Miocène ait été daté. Au Nord de ce domaine, d'une part, M. Roubault découvrit [1], dans la Kabylie de Collo, quelques affleurements gréseux qu'il rapporta au Burdigalien; J. Hilly, dans des recherches contemporaines des miennes, vient [2] d'en confirmer l'âge et d'en préciser l'extension. A l'extrême Ouest de la Petite Kabylie, d'autre part, on connaît depuis longtemps, près de Tamentout, un lambeau burdigalien. J'ai découvert trois nouveaux affleurements, qui présentent la particularité d'être situés en plein centre du massif kabyle.

Le premier affleurement est localisé sur la rive gauche de l'Oued-el-Kebir, près de la Mechtat Daressem, à 10 km au Sud-Sud-Ouest d'El Milia; il est de très petites dimensions. Ses couches reposent tantôt sur les micaschistes, tantôt sur l'Oligocène. Elles semblent toutefois plonger sous l'Oligocène, contre lequel, en réalité, elles sont appuyées. La série, épaisse de 40 m environ, comporte : à la base, des galets de grès oligocènes, mal roulés, emballés dans des marnes; au-dessus, des marnes gréseuses alternant avec des grès sableux, calcarifères. L'âge burdigalien de ces couches est bien établi. Les bancs gréseux ont fourni une faune assez abondante, déterminée par M. J. Roger, et qui comporte : *Chlamys Justiana*, *Chl.* du gr. *varia*, *Hinnites Brussoni*; *Turritella* sp. cf. *vermicularis*; des Huîtres, des Bryozoaires. Les bancs marneux ont livré pour leur part une microfaune burdigalienne, où M. J. Magné a reconnu : *Rotalia beccarii*, *Globigerinoides trilocularis*, *Globigerina concinna*, etc.

Le deuxième affleurement, lui aussi sur la rive gauche de l'Oued-el-Kebir, est situé autour de Bou-Kelela, à 3 km au Sud-Ouest d'El Milia : il mesure environ 6 km². Ce lambeau paraît reposer partout sur ou contre les assises oligocènes, sauf à l'Est, où il est en contact anormal avec une large bande de Trias diapir. La série miocène comporte : à la base, vers la Mechtat Derdechane, des marnes gris-noires, avec quelques très gros nodules de calcaire jaune; au sommet, des conglomérats, épais de plus de 100 m, et dont les éléments, plus ou moins roulés, de taille variable, sont empruntés en presque totalité à l'Oligocène gréseux. F. Ehrmann avait cartographié [3] cette dernière formation en l'assimilant, en dépit de sa position et de ses éléments constitutifs, aux « conglomérats de base du Numidien » (Oligocène p. p.). Ici, l'âge burdigalien n'est encore établi que pour les marnes de base, qui ont fourni une microfaune de cet étage, assez encroûtée,

---

(1) *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, 2e série, n° 10, p. 181-182.

(2) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1073.

(3) *Carte géologique au* 50 000e, *feuille d'El Milia*, 1928.

où J. Magné a reconnu : *Globigerinoides trilocularis*, *Globigerina altispira*, *Gl. concinna*, *Gl. helicina*, etc.

Le troisième affleurement est localisé près du village d'Arago, à 10 km environ au Sud-Est d'El Milia. Il comprend en réalité deux lambeaux, reposant l'un et l'autre sur l'Oligocène argilo-marneux. *Le lambeau oriental*, recoupé par l'Oued-bou-Siaba (*alias* Oued Kef-el-Rhoul) est essentiellement constitué de sables calcareux roux, à peine consolidés, et à stratification souvent entrecroisée. Des galets d'Oligocène, surtout de grès « numidiens », s'y trouvent fréquemment incorporés, souvent vers la base de la formation (cote 236). La faune recueillie dans les sables n'est guère caractéristique. Elle comprend (J. Roger) : des Pectinidés (*Chlamys* sp. du gr. *opercularis*, *Pecten* sp. du gr. *arcuatus*, etc.), des Huîtres, des Oursins (Scutellidés ?) des Bryozoaires (*Celleporidæ*). *Le lambeau occidental*, tout proche du premier, se compose de marnes noires, à gros nodules de calcaires jaunes et qui ont fourni une microfaune burdigalienne (*Globigerinoides trilocularis*, *Globigerina bulloides*, *Gl. concinna*, *Gl. helicina*, *Plectofrondicularia* cf. *miocenica*, etc.; dét. J. Magné). Ces marnes semblent représenter l'équivalent latéral de la base du Miocène sableux du lambeau oriental.

Conclusions. — 1° *L'âge* de ces formations est nécessairement post-oligocène, puisqu'elles contiennent, remaniés, des éléments d'âge certainement oligocène (et même d'Oligocène élevé, comme les grès « numidiens »). L'attribution au Burdigalien est prouvée paléontologiquement dans la plupart des cas.

2° *Le faciès* de ces assises est très constamment néritique et en général grossier. Le caractère littoral en est encore souligné par la stratification entrecroisée et la nature des associations fauniques.

3° *La situation topographique* des lambeaux miocènes est remarquable. Les deux premiers, les plus occidentaux, sont sur la rive gauche de l'Oued-el-Kebir; le sommet du Burdigalien se trouve entre 250 et 500 m au-dessus de l'actuel cours du fleuve, et en contre-bas des reliefs voisins, dont l'altitude dépasse 1 000 m. Les lambeaux d'Arago, de leur côté, se placent presque au fond de la vallée de l'Oued-bou-Siaba. Autour de ces affleurements, *les territoires montagneux ne portent aucun témoin miocène.* Cette absence n'est pas attribuable aux effets d'une tectonique post-burdigalienne : celle-ci, très faible dans la « zone kabyle », a seulement relevé en bloc la partie sud du socle ancien. Il apparaît ainsi que ces dépôts burdigaliens sont les derniers vestiges de l'ancienne extension de bras de mer étroits, situés sur l'emplacement des actuelles vallées.

Le puissant mouvement épirogénique qui a exondé la plus grande partie de la Berbérie, vers la fin de l'Oligocène, fut suivi du creusement de certaines vallées de Petite Kabylie, avant le Miocène. La transgression du

Burdigalien a ensuite emprunté ces vallées, ainsi converties en rias, comme en ont décrites Ficheur en Grande Kabylie et R. Laffitte dans l'Aurès.

4° *En résumé*, outre les « lèches » littorales miocènes que J. Hilly vient de décrire ([2]) dans les sahels de Collo et du Cap de Fer (Massif de l'Edough), il apparaît que la transgression de la mer burdigalienne a envahi par d'étroits chenaux, atteignant plus de 50 km de développement, les parties les plus centrales de la Petite Kabylie. Il convient donc de modifier profondément les schémas paléogéographiques classiques qui, tous, admettaient l'émersion totale, à l'aurore des temps miocènes, de l'Atlas tellien littoral de l'Algérie orientale.

GÉOLOGIE. — *Complément à deux Notes sur la tectogénèse alpine.*

Note (*) de M. **André Amstutz**, présentée par M. Paul Fourmarier.

Dans l'embryotectonique qui se dégage de ce que j'ai noté dans ces pages-ci (5 et 12 mai dernier), la zone Mont-Rose-Grand-Paradis n'a évidemment rien d'une Nappe. Elle n'est qu'un vaste synclinorium, formé en deux temps par des subductions (déversements Saint-Bernard d'abord, Sesia ensuite), puis soulevé et bombé dans sa forme actuelle ([1]). La notion de nappe cinquième est ainsi écartée, et ceci rend naturellement hommage à la justesse des vues de Franchi et Novarese, qui ont tant fait avancer la géologie alpine par leur magnifique travail cartographique et qui sentaient bien qu'il fallait s'opposer à cet ultranappisme.

(*) Séance du 12 mai 1952.

([1]) Les subductions qui sont à mon sens la cause première des nappes et autres recouvrements envisagés dans ces pages-ci, impliquent naturellement : 1° des étirements très accentués dans les masses sous-jacentes à la surface principale de cisaillement; 2° des poussées constituant en même temps la réaction dans les masses sus-jacentes, avec plissements et imbrications; 3° des écoulements subséquents dans les dépressions créées par ces subductions à l'avant des poussées précédentes.

Ce mécanisme me paraît s'être répété plusieurs fois durant la seconde phase tectogène, en constituant chaque fois une nouvelle juxtaposition de déformations et de soulèvement, et en reliant ainsi pour chaque zone la phase orogène s. str. à la seconde phase tectogène; un amortissement graduel se faisant naturellement de la zone Sesia à l'avant-pays, jusqu'au socle du Jura inclusivement. Graphiquement, j'indiquerai bientôt ce qui me paraît devoir être particulièrement distingué dans cette série de mouvements et dans les justapositions successives qui se sont ainsi faites au cours du tertiaire, mais en attendant remarquons, parmi d'autres faits, que : les plissements modérés et tardifs du Jura, les plissements de l'helvétique postérieurs à l'écoulement des nappes préalpines, les distensions dans l'helvétique des grès de Taveyanne lors d'une sous-phase priabonienne créant des subductions et un soulèvement dans le pennique, la limitation de la nappe de la Dent-Blanche et de l'arc des Préalpes romandes aux abords de la ligne Borgosesia-Thoune, etc. sont bien en accord avec ce qui précède.

Pour la zone dite des racines, tout ce qu'il y a d'arbitraire et d'imaginaire non seulement dans la juxtaposition, mais aussi dans le renversement de ces six racines penniques « groupées et serrées avec tant d'ingéniosité les unes contre les autres » me paraît n'avoir que trop duré. Par une série de schémas embryotectoniques, je m'attacherai donc bientôt à faire ressortir graphiquement les structures et la genèse que j'ai envisagées dans ma Note du 12 mai dernier.

La culmination que constitue le massif Aar-Gothard, elle, s'insère fort bien dans la conception nouvelle qu'indiquent sommairement ces quelques pages, si on la considère comme alpine et non comme un môle-obstacle contre lequel auraient buté les nappes penniques venues de la « zone des racines ». Il est plus que probable, en effet, que les courants subcrustaux dirigés vers l'avant-pays ont duré plus longtemps sous le segment Ossola-Tessin que sous les segments contigus (l'inversion des courants entre l'avant-pays et le géosynclinal, dont dérive selon Rittmann la tectogénèse, paraissant avoir été ici relativement faible), et il en est vraisemblablement résulté sous ce tronçon une translation NS de parties inférieures du géosynclinal, qui a naturellement dû provoquer une participation particulièrement accentuée de l'avant-pays au soulèvement final, et créer comme conséquence ce massif hercynien Aar-Gothard dans son état de culmination actuel.

Cette culmination longitudinale s'enchaîne donc d'une manière simple et logique à la surrection tardive du synclinorium transversal Ossola-Tessin, et elle se comprend bien aussi par rapport à la disposition inverse du segment contigu : ensellement Aar-Mont-Blanc en regard de la culmination normale Mont-Rose, où un tel déplacement de racines sialiques n'a évidemment pas eu lieu. Les décalages (dans le temps et dans l'espace) que nous avons considérés plus haut entre le segment Ossola-Tessin et les segments valaisan ou grison, prennent ainsi d'autant plus de signification.

Remarquons d'ailleurs qu'il y a plein accord entre ce qui précède et la convexité vers le Nord que présente la zone d'Ivrée entre Biella et le lac de Côme. Et remarquons également qu'entre les intrusions de Traversella et de Biella, et celles de San Fedelino et du Berguell, il n'y a pas eu d'intrusions granitiques ou dioritiques post-alpines sur les arrières de la zone Ossola-Tessin, tandis qu'il s'en est probablement fait à l'intérieur de cette zone. N'est-ce pas dû, quant aux segments valaisan et grison, aux subductions de la seconde phase tectogène, qui ont vraisemblablement entraîné du côté de l'arrière-pays certains magmas anatectiques formés pendant cette phase au dessous de la zone Mont-Rose surtout, et qui leur ont ainsi permis de monter dans la zone Sesia durant l'orogénèse s. str. (2e paragraphe de la 1re Note), tandis que les magmas du segment Ossola-Tessin, n'ayant pas subi un tel déplacement, n'ont pu monter que plus près

des régions médianes du géosynclinal ? Et n'est-ce pas là un argument de plus pour le bien-fondé de la conception embryotectonique et structurale que je communique ici aux géologues alpins ?

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur les anomalies de Péchelbronn.* Note de M. **Georges Claude**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Dans une Note présentée le 21 janvier 1952 par M. E. de Margerie, j'ai proposé une explication des anomalies thermiques et gravimétriques de la région de Péchelbronn : A une certaine profondeur existerait une couche sédimentaire légère dont les pores et autres cavités seraient pleins d'eau à 200-250° venue des profondeurs, couche surmontée d'un revêtement infranchissable à l'eau.

Devant certaines objections, j'ai pensé à une variante possible de cette explication, encore basée sur une remontée d'eau des profondeurs, non plus liquide, mais à l'état de vapeur : l'eau descendante, au lieu de s'arrêter vers le niveau de sa température critique, le dépasserait notablement. Elle se transformerait donc en vapeur quelle que soit la pression. Elle remonterait alors sous cette forme, par des chemins portés au cours des âges à sa température jusqu'à la barrière qu'a pu créer à l'origine l'eau liquéfiée au voisinage de la température critique, en refoulant par sa pression l'argile préexistante ou résultant de son action.

Ainsi seraient réalisées, pour des raisons sans doute fort différentes, des conditions voisines de celles de Larderello, où l'on n'extrait du sol que de la vapeur sous pression.

Évidemment, cette couche à 360-400° serait plus profonde que celle à 200-250° de la première explication. D'après ce qu'on connaît du sous-sol de Péchelbronn, sa profondeur au point le plus favorable serait de l'ordre de — 4 000 m.

Si l'une des deux explications ci-dessus était exacte, un simple sondage pétrolifère pratiqué en ce point rencontrerait donc, soit vers — 2 500 à — 3 000 m l'eau à 200-250° présumée abondante de la première explication, soit vers — 4 000 m la vapeur à haute pression de la seconde partout présente dans les pores du sous-sol.

Les appareils permettant un tel forage existent en France, et quelques puits de cette profondeur y ont déjà été forés, mais en vue de la recherche du pétrole et dans des sous-sols à gradient thermique normal; dans la région de Péchelbronn, c'est à peine si deux ou trois forages atteignent — 2 000 m.

Il serait donc facile, peu coûteux et, sans doute, du plus haut intérêt, de réaliser le forage ci-dessus. Car, en dehors même de toute hypothèse,

on peut penser que le fait de pénétrer jusqu'à 400° dans un sous-sol aussi intéressant donnerait des résultats très importants, soit au point de vue de nos idées sur la genèse du pétrole, pour ne pas parler de la découverte possible de nouvelles zones productives, soit pour l'étude encore si peu avancée des conditions de la conquête industrielle de la chaleur terrestre. On sait, en effet, combien le point de vue thermique a été négligé dans les recherches ou les exploitations pétrolifères.

Et pourtant, c'est avec acuité que l'insuffisance des forces hydrauliques et l'étale, dès à présent en vue, de la houille et du pétrole posent, surtout en France, le problème de la conquête de nouvelles sources d'énergie capables de suivre la cadence du développement industriel. Si l'énergie thermique des mers, grâce aux usines flottantes, que M. Caquot suggère de supporter par des *icebergs artificiels*, peut subvenir dès qu'on le voudra aux besoins des régions tropicales, il n'est guère *actuellement* de remède pour nos pays d'Europe, sauf réalisation de stations marémotrices énormes, que l'utilisation intense de la chaleur terrestre. A cet égard, la réussite de Péchelbronn serait le plus heureux des démarrages, tout en n'étant encore qu'un modeste départ.

Il serait désirable que soit réalisé prochainement à Péchelbronn un forage, poussé jusqu'à 400° en y exécutant tous les essais nécessités par ce nouveau point de vue.

A ma connaissance, nulle part jusqu'à présent de telles études n'ont été entreprises.

PALÉONTOLOGIE. — *Découvertes d'ovicelles chez* Ceriopora tumulifera *C. et L. dans les faluns de Soulanger* (*Maine-et-Loire*). Note de M. **Pierre Balavoine**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Le genre *Ceriopora*, créé en 1827 par G. A. Goldfuss, dont le génotype *Ceriopora micropora* Goldf. a été pris, en 1830, par M. M.-D. de Blainville, fut défini par A. d'Orbigny en 1854 et refiguré en 1851 par Von Hagenow.

Ce genre discuté et circonscrit par J. W. Gregory en 1909 (¹) est basé sur l'aspect zoarial externe et interne.

En 1926, F. Canu et R. S. Bassler (²) en donnent la définition suivante :

« In *Ceriopora*, the colonies are unilamellar, more or less massive, or lobed. and formed of cylindrical tubes without peristome and with peripherical gemmation; in *Reptomulticava*, the zoaria are unilamellar. »

(¹) *The Cretaceous Bryozoa in the British Museum*, **2**, 1909, p. 156-158.

(²) *Proc. U. S. Nat. Mus.*, **67**, 1926, p. 19.

Elle fut reprise en 1934 par F. Canu et G. Lecointre (3) et, en 1949, E. Buge étudia ce genre à l'aide des rayons X (4).

Les *Ceriopora* ne possèdent qu'une seule sorte de zoecie; bien qu'ils se différencient des *Heteropora* qui en ont deux, ils sont classés dans la famille des *Heteroporidæ*, en l'absence d'ovicelles et d'après leur structure zoariale (5).

Celle-ci fut démembrée en un certain nombre de genres qui furent répartis dans d'autres familles, une fois leurs ovicelles connus.

A la suite des travaux de F. Canu et R. S. Bassler (6), les ovicelles des Bryozoaires sont devenus un important caractère de classification, surtout les cyclostomes par leur complexité zoariale et la rareté de leurs ovicelles mise en lumière en 1893 par S. F. Harmer (7) :

« Un grand embryon primaire donne naissance, par fissiparité successive, à un grand nombre de larves. »

A la suite de nouvelles recherches dans les faluns de Soulanger, récemment étudiés, j'ai récolté deux exemplaires de *Ceriopora tumulifera* C. etL. ovicellés.

En réunissant les études de Canu et Lecointre (8) et mes propres recherches, on peut établir la diagnose suivante :

Le zoarium est massif, globuleux, mamelonné, bien conservé, mesurant 1 à 6 cm de diamètre; dès le jeune âge, il se forme deux à trois lamelles enveloppantes dont les tubes sont différemment orientés; ils s'accroissent ensuite en lignées verticales partant dans toutes les directions.

Les orifices sont hexagonaux, adjacents, à parois communes très épaisses intérieurement et tapissées de spinules calcaires. Il existe des diaphragmes se développant à toutes les hauteurs et finement perforés.

Les zoécies des mamelons sont toujours plus petites que les orifices environnants; bien développé et bien conservé, l'orifice zoécial est placé au fond d'un petit entonnoir limité extérieurement par un hexagone disparaissant à la moindre usure.

Ces orifices, plus petits sur les mamelons, sont provoqués par un diaphragme presque superficiel plus ou moins perforé, visible en coupe.

Lorsque le capitulum lisse et plan est détruit, les ovicelles, constitués par des rigoles digitées, disposées en étoile, se forment à la place des mamelons zoéciaux qui se creusent en une cavité incubatrice, tapissée

(3) *Mém. Soc. Géol. Fr.*, 9, n° 4 1934, p. 200.
(4) *Bull. Mus.*, 1949, p. 162, pl. I.
(5) *Fossilium Catalogus*, Bryozoa, 1934.
(6) *Bull. U. S. Nat. Mus.*, n° 106, 1920; *Proc. U. S. Nat. Mus.*, n° 61, 1922; n° 67, 1926.
(7) *Quater. J. Microsc. Sc.*, part. 2, 1893, p. 169.
(8) *Loc. cit.*, p. 203-204.

intérieurement par un épithèque calcaire lisse; le centre de ces rigoles, en forme d'entonnoir, se trouve au centre des ovicelles étoilés.

Le genre de structure le plus voisin est celui de *Corymbopora Menardi* d'Orb., dont l'ovicelle a été étudié et figuré en 1917 par F. Canu (9).

Cet ovicelle diffère de *C. tumulifera* par ses rigoles digitées en général au nombre de trois; le centre de l'ovicelle est excentrique et distal.

Le zoarium de *Corymbopora Menardi* d'Orb. est érigé, branchu; le capitulum plan et lisse se trouve à l'extrémité des branches zoariales clavulées.

Les frondes sont décorées de sulcis longitudinaux réguliers et profonds, au fond desquels sont disposés des pores correspondant aux tubes.

Bien que le zoarium de *C. Menardi* soit très différent de *C. tumulifera*, c'est encore par son ovicelle que cette dernière espèce s'en rapproche le plus. Elle est aussi très différente de la famille des *Heteroporidæ*, si bien étudiée par F. Borg (10), en particulier *H. pelliculata* Waters : dans cette espèce, les tubes traversent l'ovicelle en forme de pustule allongée, comme dans les *Tretocycloeciidæ*.

Mesures micrométriques. — Zoécies : 0,14-0,18 mm; diamètre maximum d'un grand ovicelle : 4,80 mm; minimum : 4 mm; longueur des rigoles digitées : 0,80-1,40 mm; diamètre des deux zoaria : 15 et 18 mm.

En conclusion, je propose de reprendre la famille des *Cerioporidæ* créée par Henning en 1894 et de la placer à côté de celle des *Corymboporidæ*.

MICROSCOPIE ÉLECTRONIQUE ET MICROPALÉONTOLOGIE. — *Sur la structure fine de quelques coccolithes fossiles observées au microscope électronique. Signification morphogénétique et application à la systématique.* Note (*) de MM. **Georges Deflandre** et **Charles Fert**, présentée par M. Gaston Dupouy.

L'aspect anguleux, irrégulier, des perforations du fond criblé de certaines coccolithes fossiles semble être en rapport avec la nature cristalline du calcaire constitutif, dont les particules élémentaires orientées (d'après l'examen en lumière polarisée) n'ont pu être encore distinguées objectivement. La constance des caractères de diverses coccolithes permet d'inaugurer une systématique reposant sur l'observation au microscope électronique.

L'extraordinaire finesse et la grande variété des structures des micro-organismes siliceux (en particulier des Diatomées) ont motivé dès l'origine et favorisé par la suite leur étude au microscope électronique. Parmi les organismes calcaires, seuls certaines coccolithes ont une taille assez exiguë

(9) *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (4), 18, 1917, p. 349, pl. XI, *fig.* 1-2.

(10) *Rev. Recent Heteroporidæ, Zool. bidrag fran Uppsala*, Bd 14, 1933, pl. 3-4.

(*) Séance du 12 mai 1952.

pour justifier leur examen avec cet appareil. Des premiers résultats obtenus depuis plusieurs mois (¹) nous extrayons quelques faits saillants qui démontrent déjà l'intérêt de telles recherches, sur lesquelles l'attention a d'ailleurs été attirée (²).

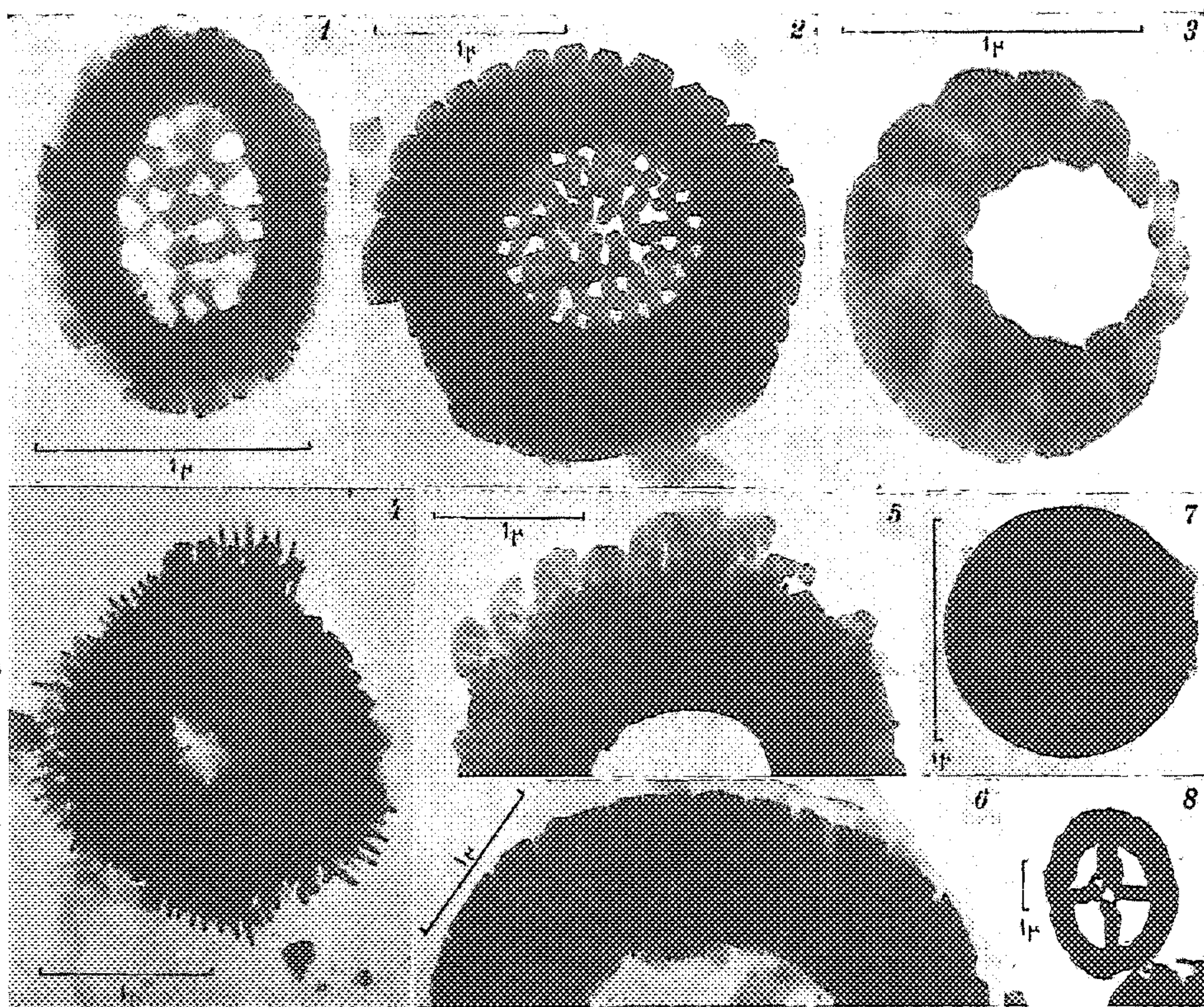


Fig. 1 à 8. — *Électromicrographies de coccolithes fossiles.* — 1, *Discolithus dupouyi* cent. nov., × 28 000; 2, *Discolithus oculus-electrae* cent. nov., × 19 600; 3, *Cyclolithus imbricatus* cent. nov., × 30 800; 4, *Discolithus spinosus* cent. nov., × 17 500; 5, *Cf. Tremalithus* sp., × 15 400; 6, *Cf. Tremalithus* sp. × 17 500; 7, *Calcidiscus obscurus* cent. nov., × 22 400; 8, *Discolithus crux* cent. nov., × 4 900. Marne lutétienne de Donzacq, Landes.

A. Le fond criblé de plusieurs discolithes (en écuelle), de 1,4 à 2 μ de long, montre des perforations irrégulières, *anguleuses*, *polygonales*, d'allure très particulière et de taille variant entre 400 et 2 000 Å environ (*fig.* 1 et 2). Le microscope électronique n'avait révélé, chez des coccolithes 5 à 10 *fois plus grandes*, que des structures à perforations *apparemment arrondies*, de 2 000

(¹) A notre connaissance, il n'a pas encore été publié d'électromicrographies de coccolithes. E. Kamptner (*Oest. Acad. Wiss. Anz.*, 1950, p. 154) a mentionné une seule observations; T. Braarud (*in litt.*) a annoncé à l'un de nous la prochaine publication (in *Nature*, London) de résultats relatifs à des formes vivantes.

(²) G. Deflandre, *Coccolithophoridés*, in *Traité de Zoologie* de P.-P. Grassé; 1, fasc. 1, p. 469, Paris, Masson et Cie, 1952.

à 4500 Å environ. Cette observation est très significative quant aux facultés morphogénétiques comparées de la silice et du calcaire. Elle permet d'aborder sous un angle nouveau un problème déjà énoncé par l'un de nous ([3]), concernant la finesse relative des structures des sécrétats cellulaires calcaires (cristallins) et siliceux (amorphes).

B. Nous n'avons pas encore de résultat décisif quant au problème de la disposition des particules élémentaires de carbonate de calcium, conditionnant leurs propriétés optiques décelées en lumière polarisée ([4]). Des zones partiellement transparentes au faisceau d'électrons semblent souvent presque homogènes (*fig.* 1 et 2). Nous hésitons à homologuer aux « micelles » à disposition radiale évoquées par E. Kamptner (*loc. cit.*), les structures visibles sur le bord partiellement corrodé du spécimen de la figure 5, ou encore les curieux bâtonnets rayonnants (épais de 100 à 400 Å) du spécimen de la figure 4, probablement aussi corrodé. Maintes images, malgré une certaine transparence (*fig.* 3 et 6) ne laissent point supposer l'existence de particules orientées : la détection de celles-ci ne relève peut-être pas du domaine de la microscopie électronique par transmission.

C. L'observation répétée de coccolithes d'aspect et de taille relativement constants, incite à considérer celles-ci comme des entités systématiques définissables, et, par conséquent, à instaurer une nomenclature reposant sur des caractères pouvant n'être perçus qu'au microscope électronique ([5]). C'est sans doute la première fois que des êtres organisés (ou leurs parties) reçoivent un nom créé dans de telles conditions.

CHIMIE BIOLOGIQUE VÉGÉTALE. — *Sur la répartition du lithium chez les Phanérogames.* Note de M. DIDIER BERTRAND, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Jusqu'en 1943 nous ne savions que très peu de choses sur la présence du lithium chez les végétaux. Neuf publications avaient bien été faites ([1]), mais, si l'on excepte le travail de Steinkoenig et Miller qui portait sur 28 échantillons analysés au moyen d'une méthode semi-quantitative ([2]), elles ne concernaient que très peu de plantes et n'indiquaient pratiquement pas de données quantitatives.

([3]) G. DEFLANDRE, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 917.

([4]) G. DEFLANDRE, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1156.

([5]) Dans le cadre, bien entendu, de la Systématique purement morphologique appliquée déjà dans le *Traité de Zoologie* (*loc. cit. supra*).

([1]) Bibliographie in ([3]).

([2]) *U. S. Dept. Ag. Bull.*, 600, 1917.

Ayant eu en 1943 ([3]) l'occasion d'analyser, avec une méthode chimico-spectrographique très fidèle et très sensible, mise spécialement au point à cette occasion ([4]), 54 échantillons végétaux, il avait été possible de confirmer et d'étendre la notion de la présence constante du lithium dans le règne végétal. La première démonstration d'un rôle physiologique éventuel de cet élément fut donnée en 1949 ([5]) à propos d'une étude sur la diffusion du lithium dans les graines. Quoiqu'il s'agissait d'une étude préalable, ne portant que sur 46 échantillons, le choix de cinq familles étudiées plus spécialement montrait nettement que les groupes végétaux se différencient entre eux par des teneurs moyennes très variables d'une famille à l'autre. Un tel fait, laissant prévoir des différences physiologiques vis-à-vis des besoins en lithium présentait un intérêt évident pour l'agriculteur.

Les végétaux, tirant du sol le lithium qu'ils renferment, il était certain que seule une étude statistique portant sur de nombreuses familles récoltées dans diverses régions de la France et, en cas d'anomalies, sur de nombreux échantillons d'une même famille, récoltés sur des sols différents, pouvait permettre d'infirmer ou de confirmer la notion amorçée par l'étude des graines, complétant ainsi le problème statique qu'il est préférable de résoudre avant d'aborder le problème dynamique.

Mettant à profit les échantillons récoltés pour l'étude du rubidium faite avec Gabriel Bertrand, il a été possible d'analyser 550 nouveaux échantillons de végétaux supérieurs appartenant à 68 familles les plus représentatives de la flore française. Ces échantillons récoltés sur une période de près de dix ans, dans toute la France et sur des terrains très variés reflètent de ce fait assez bien la teneur moyenne de la flore herbacée française. Pour 16 familles plus importantes, le nombre d'échantillons de chacune d'elles a été plus nombreux, en relation avec l'importance qu'elles ont effectivement; c'est ainsi par exemple que 68 composées ont été analysées ([6]).

L'étude statistique de chaque groupe montre des teneurs exceptionnelles évidentes, qui peuvent provenir soit d'une variation individuelle telle que celle que l'on rencontre par exemple pour le vanadium avec *Amanita muscaria* ([7]), ou bien du fait que la plante considérée avait poussé sur un sol riche en lithium, comme il en a été signalé par exemple en Limagne ([8]). Pour éviter toute erreur possible, ces cas ont été éliminés de la présente étude.

Les moyennes trouvées : 0,86 mg de Li par K sec pour les Monocotylédones

---

([3]) *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 707.

([4]) G. BERTRAND et D. BERTRAND, *Mikrochemie*, 36, 37, 1951, p. 1004.

([5]) D. BERTRAND, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949, p. 5.

([6]) Des détails plus nombreux paraîtront dans une autre publication.

([7]) D. BERTRAND, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 25, 1943, p. 194.

([8]) TRUCHOT, *Comptes rendus*, 78, 1874, p. 1022 et D. BERTRAND, *ibid.*, 22, 1947, p. 952.

et 1,52 mg pour les Dicotylédones sont plus faibles que celles que j'avais antérieurement publiées ([5]); mais le fait s'explique assez facilement; le hasard ayant fait récolter lors de la première étude une majorité de plantes riches en lithium.

Ce qui est particulièrement intéressant, c'est la constatation qu'un certain nombre de familles ont des teneurs systématiquement pauvres et d'autres systématiquement riches, ces différences se confirmant lorsque les échantillons de ces familles à teneurs exceptionnelles ont poussé sur un même terrain, indiquant de la façon la plus nette l'intervention d'une action physiologique et non une simple absorption passive.

Familles à teneurs exceptionnelles. (Teneurs moyennes en mg/K.)

Familles pauvres.			Familles riches.		
Papilionacées	(42)	0,77	Caryophyllées	(43)	2,18
Rosacées	(23)	0,82	Boraginées	(11)	1,80
Ombellifères	(22)	0,83	Solanées	(12)	7,96
Rubiacées	(7)	0,61	Salsolacées	(14)	3,80
Labiées	(43)	1,07			
Plantaginées	(9)	0,47			
Liliacées	(8)	0,86			
Graminées	(49)	0,83			

Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre d'échantillons analysés.

Les Graminées et les Liliacées ont une teneur moyenne de 0,83 mg de Li par K sec très voisine de la teneur moyenne des autres Monocotylédones étudiées, soit pour 13 familles. Si donc les Céréales peuvent se contenter d'une terre pauvre en lithium, il n'en n'est pas de même pour d'autres végétaux d'intérêt agricole comme l'Épinard et la Pomme de terre. D'autres, comme le Trèfle, restant d'une teneur moyenne, ont par suite des besoins moins élevés.

PÉDOLOGIE. — *Formation d'un minéral argileux par altération expérimentale d'un gabbro.* Note de Mlle **Simonne Caillère**, MM. **Pierre Birot** et **Stéphane Hénin**, présentée par M. Albert Demolon.

Dans le cadre d'une série d'expériences ([1]) ayant pour but d'élucider le mode de décomposition des roches cristallines, des échantillons non broyés d'un gabbro du Palatinat à augite pigeonitique et olivine se sont décomposés en donnant un produit riche en particules fines. Le traitement appliqué pendant six mois comportait une immersion quotidienne pendant 12 h dans l'eau distillée ou dans une solution de carbonate de

([1]) P. Birot, *Revue de Géomorphologie dynamique*, 1950.

sodium à 2 °/₀₀, à la température du laboratoire (environ 20°) suivi d'un séchage pendant 12 h à l'étuve à 80°. Dans une seconde série d'essais, l'eau distillée était remplacée par une solution saturée de sulfate de soude. Ces deux traitements ont d'ailleurs donné les mêmes résultats, mais avec une marche plus rapide avec le second peut-être attribuable à un effet de « salzsprengung ». Avec l'eau distillée huit fragments d'un poids total de 740 g ont donné 7 g de produits fins, tandis qu'avec le sulfate de soude il s'est formé avec sept morceaux pesant ensemble 278 g, 17 g d'éléments fins. Le gabbro résiduel profondément altéré s'effritait sous le choc.

L'examen microscopique de la roche traitée montre que les feldspaths sont plus ou moins séricitisés alors que l'augite a presque complètement disparu.

Il a été possible d'isoler par sédimentation à partir des éléments détritiques une petite quantité de particules inférieures à 2 μ. L'aspect de la suspension et des dépôts qui en proviennent est celui d'un matériel argileux. L'examen aux rayons X a permis de constater qu'il était essentiellement constitué par un minéral de la famille de la montmorillonite, probablement la saponite. En effet, le diagramme du produit chauffé à 500° et celui de la substance imprégnée de glycérine présentaient une variation de l'équidistance principale de 10 à 17,5 Å caractéristique de ces minéraux ([2]).

Il semble donc que la transformation qui se manifeste par l'apparition de produits aréniformes n'est que la conséquence d'un processus chimique qui aboutit à la genèse de nouveaux minéraux.

Cependant, il convient de signaler que nous avons observé dans une plaque mince de gabbro non traité des traces évidentes d'altération. D'une part, les feldspaths présentent une amorce de séricitisation et d'autre part, quelques petites plages brunes au contact du pyroxène pourraient être déjà de la saponite. Bien que la quantité de ce constituant paraisse très inférieure à celle obtenue au cours de l'expérience, en l'absence d'une mesure suffisamment précise, on ne peut pas être certain de la genèse de la saponite au cours de l'essai quoiqu'elle soit très probable.

Une preuve supplémentaire de ce fait nous est fournie par les courbes de thermobalance du produit initial et des différentes fractions de la roche altérée expérimentalement. La perte de poids à 250° passe de 0,5 % avec le produit initial à 6,5 % avec le sable.

A 700°, les quantités d'eau perdues sont respectivement de 2 et de 11 %, ce qui traduit bien l'hydratation du matériel au cours de l'expérience.

Par ailleurs, A. Lacroix ([3]) a signalé dans divers gabbros de petites

---

([2]) S. Caillère et S. Hénin, *Clay Minéral Bull.*, n° 5, 1949, p. 138-144.

([3]) *Minéralogie de la France et de ses Colonies*, Paris, 1893-1895, 1, p. 446.

plages de bowlingite (saponite). Le phénomène que nous avons observé semble se produire également dans le milieu naturel.

Pendant une période de deux années, de nombreuses roches (granites, granulites, foyaite, dissogénite) et divers minéraux (hypersthène, labrador, anorthite) ont été traités de la même manière que le gabbro, mais s'ils se sont parfois arénisés, ils n'ont jamais donné d'argile. La différence entre le comportement de ces matériaux fait apparaître clairement que le résultat obtenu avec le gabbro est dû à l'attaque de la pigeonite, ce que confirme l'examen microscopique de l'échantillon après 15 jours d'expérience.

Le traitement de ce pyroxène a permis d'obtenir des éléments argileux qui n'ont pu être identifiés par leur diagramme de rayons X. Cependant ce minéral, sans doute parce qu'il ne possédait pas la porosité du gabbro, s'est disloqué beaucoup moins rapidement.

En conclusion, par une série d'humectations et de dessiccations, il a été possible de provoquer la dislocation d'un gabbro. Les produits détritiques obtenus contiennent un minéral de la famille de la montmorillonite très probablement formé au cours de l'altération à partir des éléments chimiques de la pigeonite.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE — *Une variation transmissible du bourgeonnement de* Chlorhydra viridis. Note de M. **Paul Brien**, présentée par M. Maurice Caullery.

On connaît, chez les végétaux, des « mutations de bourgeons », ou « mutations de rameaux », qui n'atteignent point la plante entière. Les horticulteurs les appellent *sports*. De pareilles mutations somatiques ne sont pas signalées parmi les animaux, alors qu'on y observe pourtant des cas de polymorphisme de bourgeons. Or, la forme gonozoïde, parmi les blastozoïdes des Hydroïdes, transmet par voie asexuée, lorsqu'elle bourgeonne, les particularités structurales qui en font une méduse. Une variation dans le comportement de l'Hydre verte, observée en nos élevages, en est peut-être un autre exemple.

Dix individus de *Chlorhydra viridis, nés par bourgeonnement*, ont été placés, en phase sexuelle, dans de l'eau à 10°, afin de vérifier l'inhibition exercée par les températures basses sur la gamétogénèse ([1]) *b*. Dans de telles conditions, lorsqu'ils sont nourris, ces blastozoïdes bourgeonnent d'une façon typique. L'un d'entre eux manifesta brusquement, après un mois de séjour en eau froide, la stolonisation pédonculaire. Il fut isolé pour être la souche d'une lignée dont tous les individus sont atteints de la même particularité.

Dans cette lignée, le pédoncule du polype est épais et puissant; il s'allonge régulièrement, alors que le pédoncule d'une Hydre normale présente, au

contraire, la régression au niveau de la sole d'adhésion (¹) *a*, (¹) *b*. Il devient d'un vert intense, se boudine et acquiert la taille de la colonne gastrique. A ce moment, une enflure annulaire de l'ectoderme y démarque une moitié proximale et une moitié distale. La première, d'un vert plus léger, représente le pédoncule proprement dit, la seconde, d'un vert sombre, constitue le stolon. L'enflure annulaire sécrète un mucus abondant; elle est le siège d'un étranglement qui sépare deux soles adhésives nouvellement formées, l'une qui appartiendra au pédoncule de l'Hydre, l'autre qui représentera l'extrémité antérieure du stolon. Le stolon se détache et possède donc, à chacun de ses bouts, une sole adhésive à sécrétion muqueuse. Le pédoncule de l'Hydre, après cette amputation, s'allonge à nouveau, forme un deuxième stolon. Le phénomène se répète. Après chaque période de croissance pédonculaire, la strobilisation stoloniale se produit. L'abondance de mucus, au niveau de l'étranglement, a parfois pour effet de retarder la libération des stolons. Le pédoncule se prolonge alors par une chaîne de 2 à 3 stolons.

Détaché, le stolon a une longueur de 2 à 3 mm. Il adhère au fond du cristallisoir par ses deux extrémités pourvues chacune d'une sole pédieuse, il prend ainsi la forme d'une anse plus ou moins accentuée. Au sommet de cette anse, qui correspond au milieu du stolon, apparaît un bourgeon. Celui-ci se développe en une Hydre selon les processus normaux de la blastogénèse (¹) *a*, (¹) *b*. Toutefois, la jeune Hydre, au lieu de se pincer à sa base pour se détacher de sa souche, incorpore le stolon dont elle provient. Elle se dresse ainsi sur un pédoncule bifurqué et adhère au support par deux soles adhésives.

Dans la lignée d'Hydres envisagées en ce moment, ce stolon étant un fragment du pédoncule, il en résulte que celui-ci récupère un pouvoir de régénération que ne peut présenter le pédoncule normal appauvri en cellules interstitielles (¹) *a*, (¹) *b*. Disons cependant que la régénération ne s'y produit pas comme elle se réalise dans un tronçon d'Hydre isolé par deux sections transversales. Dans un tel tronçon, en effet, un territoire hypostomial et tentaculaire se reconstitue au niveau de la section antérieure; un pédoncule se reforme à la section postérieure. En réalité, le stolon pédonculaire ne se régénère pas au sens strict du mot, il bourgeonne. Il conserve néanmoins la polarité de la souche, mais, en fait, il a la valeur d'une zone blastogénétique capable d'émettre un bourgeon, rarement deux, mais pas davantage, puisque étant isolé il ne se renouvelle pas par la croissance de l'Hydre comme la zone blastogénétique d'une colonne gastrique normale (¹) *a*, (¹) *b*. L'émission successive des stolons est donc

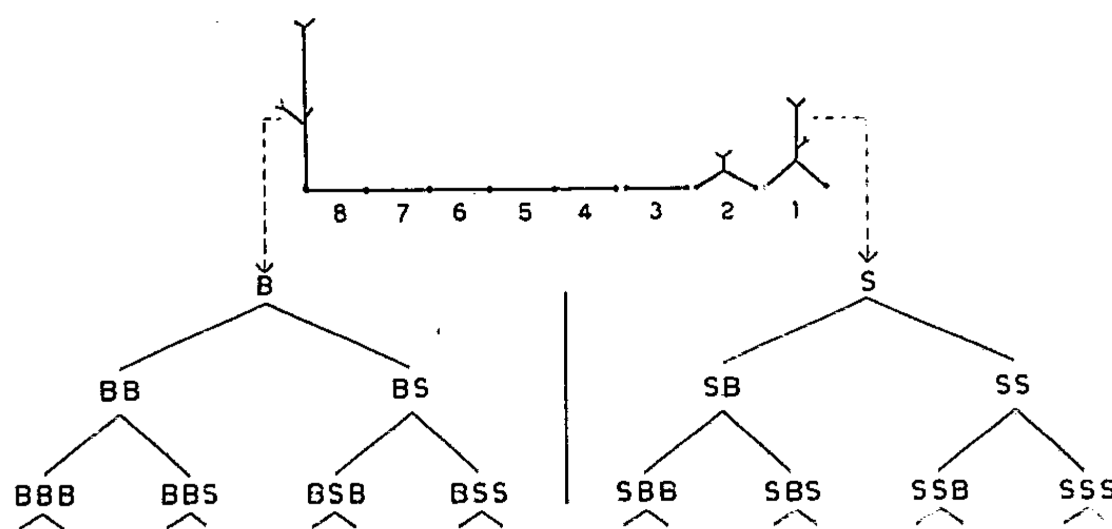
(¹) *a*. *Hydrafusca : Bull. Biol. France-Belgique*, 83, 1949; *b*. *H. viridis : Ann. Soc. Roy. Zool. Belgique*, 81, 1950; *c*. *H. attenuata à : Ibid.*, 82, 1951.

comparable à la formation intermittente d'une zone blastogénétique autonome et autotomisée.

Tout se présente comme si l'allongement continu du pédoncule entraînait la portion distale de ce dernier, dans une sorte « d'isolement physiologique », où elle réacquiert la structure histologique et le comportement physiologique de la zone blastogénétique formée à la base de la colonne gastrique en conséquence même de la croissance de l'Hydre.

L'Hydre émise par le stolon et qui incorpore ce stolon en son pédoncule bourgeonne d'une façon typique et stolonise à son tour. Tous les bourgeons normaux bourgeonnent et stolonisent également.

Dans cette lignée d'Hydres, la propagation agame se fait donc selon deux procédés : le bourgeonnement et la stolonisation. Elle peut se schématiser selon la figure ci-jointe.



La descendance a été suivie jusqu'à la septième génération. La stolonisation pédonculaire, apparue brusquement, chez un blastozoïde placé à 10°, s'est donc transmise à tous les individus nés par bourgeonnement normal et par bourgeonnement stolonial. Elle se comporte comme une « mutation de bourgeon ». Précisons cependant que des œufs autofécondés ont été recueillis sur les individus de cette lignée d'Hydres. Ni les oozoïdes, ni les blastozoïdes qui en dérivent n'ont manifesté la stolonisation si constante cependant dans la propagation asexuée.

PHARMACODYNAMIE. — *Association de la cortisone au chloramphénicol dans la typhoïde expérimentale du Rat.* Note de MM. **Louis Chedid** et **Fernand Boyer**, présentée par M. Robert Courrier.

Il est possible de provoquer la mort par collapsus du Rat surrénalectomisé et infecté par *Salmonella enteritidis* en lui administrant des doses de charge de chloramphénicol.

Cet accident est lié à l'état fonctionnel de la surrénale et on l'évite, expérimentalement, en associant la cortisone à l'antibiotique. Injectée en une seule fois, cette hormone n'est pas nocive, alors qu'elle l'est à doses répétées.

Reilly et ses collaborateurs [1] ont mis en évidence le mécanisme du « collapsus chloromycétinique » au cours de la fièvre typhoïde : la lyse brutale des germes par l'antibiotique libère l'endotoxine, contre laquelle celui-ci est impuissant. En regard de la régularité de l'expérimentation chez le Cobaye, les accidents cliniques sont cependant rares. Si les auteurs attribuent ces variations à la différence de toxicité des souches typhiques, ils admettent qu'il existe aussi un facteur constitutionnel. Nous nous sommes demandé dans quelle mesure celui-ci serait lié au cortex surrénalien.

Dans nos expériences, les animaux sont infectés avec la souche de *Salmonella enteritidis* (variété Danysz) qui détermine une véritable typhoïde expérimentale chez le Rat, maladie à laquelle il ne succombe qu'exceptionnellement (dans 16 % des cas). Il est possible d'élever considérablement la mortalité en surrénalectomisant cet animal 48 h avant de l'infecter [3]. Dans ce cas, le nombre de morts augmente d'une façon progressive à raison de 5 à 10 % par jour. Si l'ablation des surrénales est faite au cours de l'infection, le taux de mortalité est plus élevé, surtout dans les 24 h qui suivent l'opération. Nous rapporterons ailleurs les détails de notre expérimentation, nous bornant à étudier ici le rôle de la surrénale dans le « collapsus chloromycétinique ».

Il ne nous a pas été possible de provoquer ou de hâter la mort d'animaux normaux infectés (Rat ou Souris) en leur administrant du chloramphénicol même à très fortes doses. Au contraire, administré au Rat infecté depuis 5 à 8 jours et surrénalectomisé la veille du traitement, cet antibiotique provoque, en quelques heures, la mort, précédée par les signes caractéristiques de l'intoxication typhique chez un grand nombre d'animaux. Sur 31 rats surrénalectomisés, pesant de 70 à 100 g et ayant reçu 1 mg de chloramphénicol par gramme de poids [4], 21 sont morts en moins de 16 h. Dans le même laps de temps, dans le lot de témoins surrénalectomisés et infectés mais non traités, il n'y a eu que 4 morts sur 21.

On sait que l'animal surrénalectomisé est 100 fois plus sensible à l'antigène glucido-lipidique que l'animal normal [3]. Les quantités d'endotoxine libérée sous l'action du chloramphénicol sont certainement insuffisantes pour tuer l'animal surrénalectomisé.

Ces résultats permettent de supposer que les accidents cliniques [5]

---

(1) REILLY, COMPAGNON, TOURNIER, BASTIN et DU BUIT, *Ann. de Méd.*, 51, 1950, p. 597.

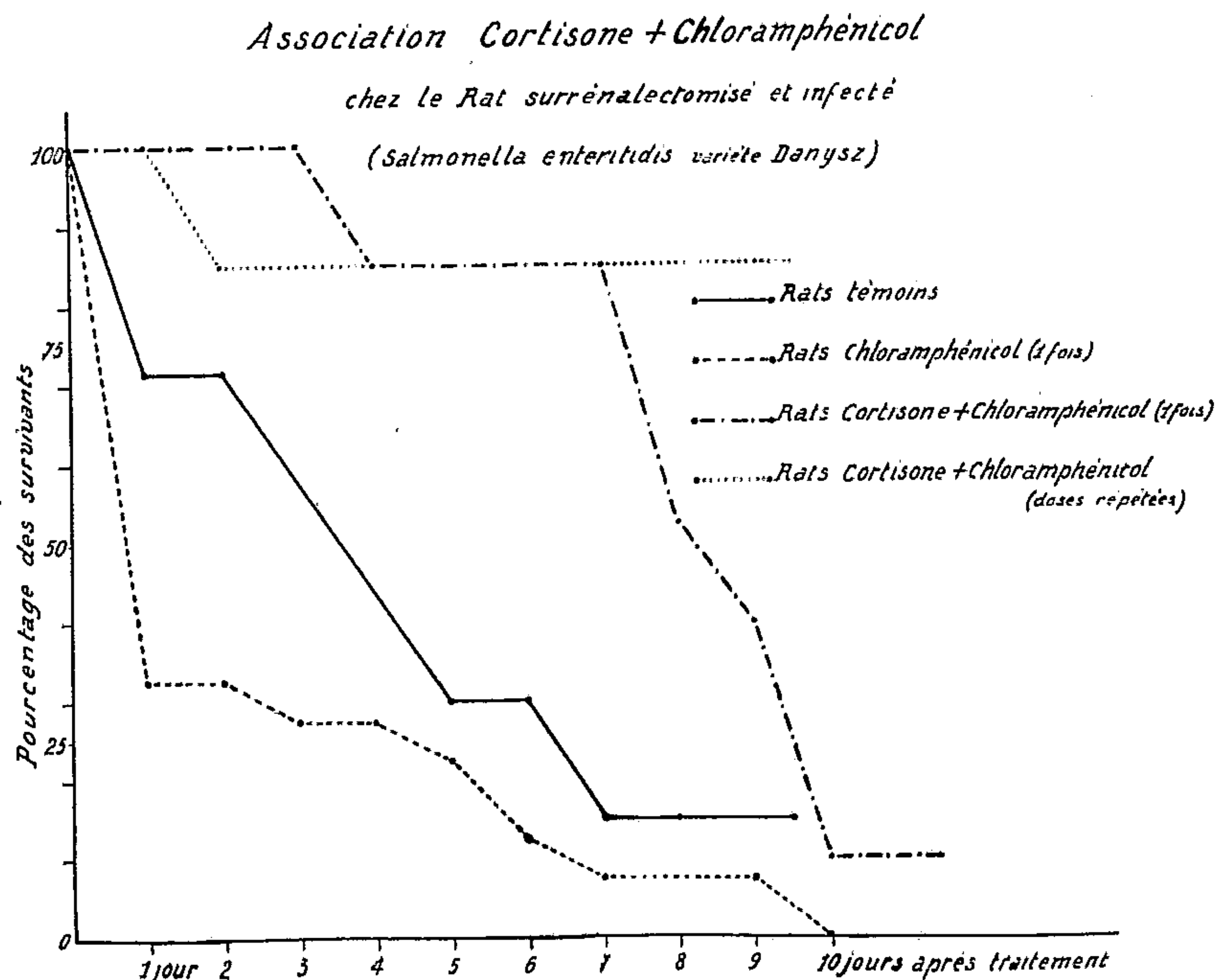
(2) La cortisone utilisée dans nos expériences est la « Cortone » (Merck) que nous a fournie l'Institut National d'Hygiène.

(3) CHEDID, BOYER et SAVIARD, *Ann. de l'Inst. Pasteur*, 1952, à paraître.

(4) Les rats surrénalectomisés et non infectés tolèrent sans trouble apparent plus de 3 mg de chloramphénicol par gramme.

(5) SEDALLIAN, MARAL, EXBRAYAT et GAILLARD, *Bull. Mém. Soc. Méd. Hôp. Paris*, 66, 1950, p. 50.

et (6), provoqués par les doses de charge de cet antibiotique ne sont pas étrangers à l'état fonctionnel du cortex surrénalien des sujets traités. Il est cependant possible expérimentalement d'administrer le chloramphénicol à des doses élevées, même chez le Rat surrénalectomisé, et d'éviter tout danger en lui associant la cortisone.



Nous avons décrit l'action antitoxique de cette hormone injectée en une seule fois, vis-à-vis de l'antigène glucidolipidique (7). En vue de neutraliser l'endotoxine libérée sous l'action de fortes doses d'antibiotique, nous avons administré la cortisone dans les conditions suivantes :

Des rats pesant environ 100 g sont infectés avec 1 cm³ (4 milliards de germes environ) de *Salmonella enteritidis* par voie buccale, et sont surrénalectomisés 5 jours plus tard. Le lendemain, les survivants sont divisés en quatre groupes :

1° le premier n'est pas traité et sert de témoin;

2° le deuxième lot reçoit du chloramphénicol : une dose unique de 100 mg;

3° le troisième lot reçoit l'antibiotique dans les mêmes conditions et 12,5 mg de cortisone par voie sous-cutanée;

4° le quatrième lot est traité comme le troisième, mais l'administration

---

(6) MOLLARET, REILLY, BASTIN et TOURNIER, *Bull. Mém. Soc. Méd. Hôp. Paris*, 66, 1950, p. 185.

(7) BOYER et CHEDID, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1232.

de la chloromycétine est poursuivie (50 mg pendant les deux premiers jours, puis 25 mg pendant les 6 jours suivants).

Les résultats de plusieurs expériences sont groupés dans le cliché ci-contre.

Certains auteurs ([8]), ([9]) administrant de la cortisone à des doses répétées au cours de la typhoïde humaine, ont constaté une amélioration très nette de l'état général des malades; mais cette thérapeutique inspire quelques réserves. L'expérimentation ainsi que de nombreuses observations cliniques indiquent que l'usage répété de cette hormone diminue la résistance de l'organisme à l'infection. De même des souris infectées avec *Salmonella enteritidis* et recevant des doses quotidiennes de 2 mg de cortisone meurent avant les témoins. Au contraire, une dose unique de 2 mg de cortisone ne présente pas de danger.

PHARMACODYNAMIE. — *Concentration thermodynamique* liminaire *des hydrocarbures et dérivés polaires au seuil de leur action physiologique sur le Poisson.* Note de MM. **Claude Gary-Bobo** et **Bernard A. Lindenberg**, présentée par M. André Mayer.

L'hydrosolubilité ne manifeste son influence sur la grandeur de *l'activité thermodynamique-seuil* que dans le cas des narcotiques très peu solubles dans l'eau, de dilution *molaire* extrême au niveau de la phase réceptrice.

L'indice thermodynamique permet d'évaluer le degré de toxicité intrinsèque de différentes fonctions organiques : hydrocarbure aliphatique $<$ éther-oxyde $<$ alcool, cétone $<$ carbamate $<$ ester, hydrocarbure cyclique.

Nous avons montré ([1]) qu'au moment de l'abolition des réflexes, les concentrations thermodynamiques de différents alcools dans l'eau des tissus des poissons étaient moins élevées et plus rapprochées en narcose rapide, obtenue au bout de 10 à 20 m de séjour de l'animal dans des solutions sur-narcotiques, qu'en narcose lente, quand le poisson est insensibilisé dans des solutions liminaires. Nous avons alors admis que les concentrations trouvées en narcose rapide peuvent être considérées comme les concentrations-seuil de la narcose.

Si, au lieu de considérer comme seuil de l'action physiologique l'abolition des réflexes, on choisit la perte de l'équilibre de l'animal, on constate que même lorsqu'on emploie des solutions à la concentration liminaire, cette perte de fonction se manifeste pour des concentrations d'alcools peu variables et assez voisines de celles trouvées dans les tissus lors de la narcose rapide.

([8]) Smadel, Ley et Diercks, *Ann. Interm. Med.*, 34, 1951, p. 1.

([9]) Woodward, Hall, Dias-Rivera, Hightower et Martinez, Parker, *Ann. Interm. Med.*, 34, 1951, p. 10.

([1]) *Arch. Sci. Physiol.*, 6, 1952, p. 3-24.

Nous avons alors utilisé le test de la perturbation d'équilibre pour comparer les concentrations thermodynamiques physiologiquement actives des hydrocarbures et de leurs dérivés oxygénés, afin de dégager la toxicité inhérente aux différents groupes fonctionnels.

Les expériences ont été effectuées sur des goujons de 8 à 12 g placés dans des solutions (10 l) de concentration soit croissante soit décroissante en narcotique, de manière à préciser à $\pm 7,5$ % près les concentrations liminaires.

Les activités thermodynamiques (a) des liquides miscibles à l'eau ont été calculées à l'aide de leurs coefficients d'activité (2), celles des substances moins hydrosolubles ont été simplement évaluées par le degré de dilution (D) qu'on a fait subir à la solution saturée du narcotique à la température de l'expérience ($a = 1/D$).

Concentrations thermodynamiques dans le milieu extérieur de Gobio fluviatilis *correspondant au seuil d'action physiologique* (a_1) *et à l'abolition des réflexes* (a_2), *à* 10-11°.

	a_1.	a_2.		a_1.	a_2.
Pentane	0,2	0,285	Heptanol	–	0,02
Hexane	0,33	inactif	Octanol	–	0,03
Heptane	1,0	inactif	Décanol	–	0,18
Triméthyl-pentane	1,0	1,0	Isopropanol	–	0,02
Cyclohexane	0,06	0,066	Butanol tertiaire	–	0,026
Chloroforme	0,087	0,015	Isopentanol	0,013	0,024
Méthanol	–	0,009	Cyclohexanol	0,0135	0,033
Éthanol	0,0095	0,011	Acétone	0,0105	0,014
Propanol	0,0105	0,013	Cyclohexanone	–	0,0165
Butanol	0,01	0,02	Éther éthylique	0,022	0,039
Pentanol	–	0,022	Acétate d'éthyle	0,0055	0,006
Hexanol	0,0105	0,021	Carbamate d'éthyle	0,0086	0,013

On voit d'abord que la concentration thermodynamique-seuil, déjà élevée pour le pentane, augmente encore rapidement avec l'accroissement de la chaîne carbonée hydrophobe. Dans la série des alcools aliphatiques normaux, d'autre part, la concentration-seuil a_1 augmente à partir de l'octanol, dont la solubilité dans l'eau est déjà très faible.

Il apparaît ainsi que *l'hydrosolubilité n'intervient sur la grandeur de l'activité thermodynamique-seuil que lorsque cette solubilité descend au-dessous d'une certaine valeur minimum.* Un effet de nature catabolique peut alors devenir prépondérant pour réduire considérablement le nombre des molécules étran-

---

(2) B. A. Lindenberg et G. Gary-Bobo, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 212.

gères atteignant les centres sensibles. Peut-être intervient-il en outre un effet de diffusion et de partage ([3]), en défaveur de la concentration du narcotique très hydrophobe dans la phase réceptrice.

On voit aussi que les alcools (jusqu'à C_8) ainsi que l'acétone, l'uréthane et le chloroforme, déterminent la perturbation de l'équilibre chez le Goujon à une activité liminaire voisine de 0,01. En revanche, l'éther éthylique agit à une concentration thermodynamique deux fois plus grande et l'acétate d'éthyle deux fois plus petite que celle des alcools, l'ester exerçant une action léthale de « tout ou rien ».

Ainsi le groupement éther-sel, le moins polaire, serait plus toxique que le groupement carbamate ou les fonctions alcool et cétone, elles-mêmes cependant moins indifférentes que la liaison éther-oxyde. Il nous appartiendra de préciser si la toxicité de la liaison ester est due à son affinité spéciale pour les molécules réceptrices, ou à son pouvoir acidogène.

IMMUNOLOGIE. — *Sur la sensibilisation du Cobaye par des liquides ou des tissus embryonnaires.* Note de MM. **Jean Verge** et **Louis Placidi**, présentée par M. Gaston Ramon.

A la suite d'accidents difficilement explicables observés chez des animaux revaccinés à l'aide d'un vaccin à base d'embryons de poulet, nous avons été conduits à reprendre les expériences déjà anciennes d'autres auteurs sur la sensibilisation possible des organismes par de tels vaccins.

Nous avons étendu nos recherches à la sensibilisation par les liquides et les tissus embryonnaires normaux.

Nos expériences ont porté sur le Cobaye.

Cinq lots de 10 cobayes ont été préparés de la façon suivante :

le premier lot a reçu dans la plèvre 0,5 cm^3 de sérum normal de cheval;

le deuxième, 0,5 cm^3 de broyat d'embryon de poulet, accompagné des annexes amniotique et allantoïdienne avec leurs liquides;

le troisième, 0,5 cm^3 du mélange des liquides seuls;

le quatrième, 0,5 cm^3 du broyat d'embryons seuls, débarrassés des annexes et lavés en eau physiologique;

le cinquième, 0,5 cm^3 du vaccin normalement employé (broyat d'embryons et liquides), adsorbé sur hydroxyde d'alumine et formolé.

Trois semaines après, deux cobayes de chaque lot sont éprouvés respec-

(3) B. A. Lindenberg et M. Polonovski, *Mécanisme de la narcose* (C. N. R. S., Paris, 1951, p. 133-38).

tivement par une injection intrapleurale de chacun des produits ayant servi à leur sensibilisation.

Le tableau suivant, qui résume ces essais, montre :

1° que les cobayes sensibilisés au sérum de cheval réagissent à l'injection déchaînante de liquide embryonnaire seul, ou du broyat d'embryons seul, ou du mélange des deux, mais restent insensibles à l'inoculation du vaccin;

2° que dans les lots primo-inoculés avec le broyat embryonnaire total (embryon et liquides), ou les liquides embryonnaires seuls ou le broyat d'embryon débarrassé de ses annexes et des liquides, la réaction peut être obtenue par l'injection seconde de sérum de cheval, ou d'un des produits embryonnaires seuls ou de leur mélange, *mais pas par l'injection de vaccin.*

	Épreuve.				
Sensibilisation.	Sérum normal de cheval.	Embryon et liquides.	Liquides embryonnaires seuls.	Embryon seul.	Vaccin total.
Sérum normal de cheval......	+ +	+ ±	± ±	+ —	— —
Broyat, embryon et liquides...	+ —	+ +	± ±	+ +	— —
Liquides embryonnaires seuls.	— ±	+ +	— ±	+ +	— —
Broyat, embryon seul........	+ —	+ +	— —	+ —	— —
Vaccin total adsorbé et formolé......................	— —	— —	— —	— —	— —

+ mort ou symptômes graves; ± réaction nette; — aucune réaction apparente.

L'expérience a été reprise en utilisant des liquides embryonnaires seuls et des embryons débarrassés des annexes et lavés en solution physiologique, prélevés, pour les premiers, les 6e, 9e et 12e jours; pour les seconds, les 9e et 12e jours. On constate alors les faits suivants :

1° sur six cobayes, sensibilisés avec les liquides du 6e jour et éprouvés 3 semaines après avec le même liquide, deux meurent en quelques minutes avec les symptômes classiques du choc; trois manifestent des symptômes passagers, mais nets; un ne présente rien d'anormal;

2° sur un même lot sensibilisé avec les liquides du 9e jour, cinq sujets montrent des symptômes évidents; l'un est épargné;

3° sur un troisième lot, sensibilisé et éprouvé avec les liquides du 12e jour, deux cobayes sont assez sévèrement touchés; quatre ne manifestent aucun dérangement.

Le résultat est sensiblement le même avec les lots de cobayes sensibilisés avec le broyat d'embryon prélevé les 9e et 12e jours et lavé, lorsqu'ils

reçoivent, 3 semaines après une injection déchaînante du même broyat ou des mêmes liquides prélevés dans les conditions indiquées.

On peut en conclure que les liquides embryonnaires sont sensibilisants à tous les stades du développement; il en est de même pour le tissu de l'embryon lui-même. Les liquides seuls et l'embryon broyé sont également capables de déchaîner une réaction allergique dans l'organisme sensibilisé par les premiers ou par le second, pendant toute la période où leur utilisation est pratiquement possible.

Conclusions. — 1° Un vaccin préparé avec des embryons de poulet prélevés le 12e jour, adsorbé sur hydroxyde d'alumine et formolé, ou simplement formolé, ne sensibilise pas l'organisme et ne paraît pas pouvoir déchaîner le choc, si on l'inocule dans un organisme sensibilisé par du sérum de cheval par exemple.

2° Les liquides embryonnaires ou le broyat d'embryon lavé, prélevés du 6e au 12e jour, sont, au contraire, susceptibles de sensibiliser le Cobaye et de déchaîner des réactions dans son organisme sensibilisé à l'égard de ces substances ou à l'égard du sérum de cheval.

3° L'intérêt de ces expériences apparaîtra nettement, si l'on veut bien songer aux applications actuelles des produits embryonnaires.

Des expériences en cours nous fourniront des précisions complémentaires sur la sensibilisation par applications ou frictions sur la peau rasée et sur l'action dans le même sens d'organes embryonnaires de Mammifères.

PARASITOLOGIE. — *Cycle évolutif d'une filaire parasite de Mérion.* Note (*) de MM. **Marcel Baltazard**, **Alain G. Chabaud** et **Asgar Minou**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Plusieurs spécimens de *Meriones libycus* Licht., capturés en juin 1951 dans la région de Méched, en Iran, ont été trouvés porteurs d'une Filaire qui a été décrite récemment sous le nom de *Dipetalonema blanci* Chabaud 1952.

Parmi les Arthropodes qui ont été mis à piquer sur les Mérions infestés, deux espèces ont permis l'évolution larvaire jusqu'au stade infestant. Dans tous les cas, les hôtes vecteurs ont été conservés pendant la durée de l'expérience à une température voisine de 28°.

a. Un *Rhipicephalus* sp., récolté dans un terrier de Mérion, ayant pondu, les larves issues de cette ponte ont été mises à piquer le 3 août 1951 sur

(*) Séance du 12 mai 1952.

un Mérion présentant deux microfilaires par goutte de sang; après la mue nymphale, ces Rhipicéphales ont été nourris sur un Mérion neuf. Soixante jours après le repas infestant, la dissection de ces nymphes montre un petit nombre de Filaires au troisième stade larvaire.

b. Le 30 septembre 1951, un lot d'*Ornithodorus tartakovskyi* Olenev (nymphes ayant déjà subi trois mues) est gorgé sur un Mérion présentant une microfilaire par goutte de sang. De nombreuses Filaires du troisième stade (environ 30 en moyenne par Ornithodore), sont trouvées à la dissection à partir du 30e jour et, dans l'état actuel de nos expériences, jusqu'au 96e jour. Les larves ne paraissent subir aucun tropisme vers les pièces buccales. L'inoculation au Mérion neuf a donc été tentée, tantôt par voie bucale, tantôt par voie sous-cutanée. Seuls les Mérions inoculés par cette seconde méthode se sont infestés.

Un *Meriones libycus* qui avait reçu sous la peau environ 20 larves infestantes, trouvées chez un Ornithodore disséqué 40 jours après le repas infestant, a été sacrifié 115 jours plus tard. Deux femelles et quatre mâles matures ont été récoltés dans les aponévroses musculaires et de nombreuses microfilaires ont été trouvées dans le sang du cœur. La transplantation des Filaires adultes sous la peau d'un *Meriones persicus* Blanf. neuf a parfaitement réussi.

Un *M. persicus* (1), inoculé avec environ 10 larves infestantes au 53e jour de leur évolution chez l'Ornithodore, a présenté, 100 jours plus tard, des microfilaires dans le sang périphérique et continue de montrer, depuis un mois, une très riche infestation.

Ce cycle évolutif peut être rapproché de celui de deux espèces de Filaires parasites du Chien. S. Calandruccio (2), à la suite de Grassi (3) et Grassi (4), a décrit l'évolution de *Dipetalonema reconditum* [Grassi (1889)], chez la Puce du Chien et chez *Rhipicephalus sanguineus* (Latr.). G. Noé (5) a observé l'évolution de *D. grassii* [Noé (1907)] chez *R. sanguineus*.

Ces travaux n'ont pas été admis par tous les auteurs, car ils comportent quelques erreurs et le cycle n'a pas été suivi jusqu'à l'hôte définitif. Le cycle de la Filaire du Mérion paraît pouvoir permettre une interprétation de ces anciennes expériences.

---

(1) Les Mérions neufs utilisés pour ces expériences ont été récoltés dans le Kurdistan. Bien que de très nombreux Mérions aient été autopsiés depuis plusieurs années en Iran, la filariose n'a, jusqu'à maintenant, jamais été retrouvée en dehors de la région de Meched.

(2) *Atti dell'Acc. Gioenia di Sc. Nat. in Catania*, 5, 1892, p. 1-15 du tiré à part.

(3) *Centralbl. f. Bakt. u. Parasit.*, 11 Jahrg., 4 Bd., 1888, p. 609.

(4) *Centrabl. f. Bakt. u. Parasit.*, 7 Bd., 1890, p. 18.

(5) *Rend. R. Acc. Lincei. Classe di Sc. fisiche, math. e natur.*, 17, 1908,, p. 28.

Le stade décrit comme infestant pour *D. grassii*, correspond en réalité au second stade larvaire, mais la mue largement décollée paraît indiquer une évolution très avancée vers le troisième stade. Pour *D. reconditum*, Calandruccio décrit un quatrième stade larvaire qui paraît être, en réalité, une larve de Spiruride, mais le troisième stade larvaire correspond bien à nos formes infestantes. Les échecs des expériences de transmission au Chien s'expliquent aisément car, seule, l'inoculation par voie bucale a été tentée. Nous croyons donc que ces expériences anciennes sont parfaitement valables et les *Ixodidæ* nous paraissent être ainsi les principaux vecteurs des *Dipetalonema* primitifs.

La conservation et la transmission de *Dipetalonema blanci* est beaucoup plus aisée que celle des Filaires actuellement utilisées dans les laboratoires et nous espérons que ce Nématode pourra fournir un matériel de choix pour les recherches de chimiothérapie concernant les filarioses.

A 15 h 35 m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 h 20 m.

R. C.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 31 mars 1952.)

Note présentée le 24 mars 1952, de M. *Jean-François Joliet*, Sur le calcul du débit cardiaque :

Page 1478, 7e ligne, *au lieu de* $f(H, Q)$, *lire* $kf(H, Q)$.
» » tableau, 7e colonne, *au lieu de* $f(Q, H)$, *lire* $Kf(Q, H)$, et *au lieu de* 0,95, *lire* 9,5.

(*Comptes rendus* du 28 avril 1952.)

Note présentée le même jour, de MM. *Raymond Poisson* et *Pierre Razet*, Recherches sur les uréides glyoxyliques et leurs enzymes chez le Phasme *Carausius morosus* Br. (Insecte Chéleutoptère) :

Page 1804, 13e ligne en remontant, *au lieu de*

$$\xrightarrow{\text{Allantoïcase}} \text{Urée} + \text{Acide glyoxylique} \xrightarrow{\text{Uréase}} \text{Ammoniaque,}$$

lire

$$\xrightarrow{\text{Allantoïcase}} + \begin{matrix} \text{Urée} \xrightarrow{\text{Uréase}} \text{Ammoniaque.} \\ \text{Acide glyoxylique.} \end{matrix}$$

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'AVRIL 1952

(*suite et fin*).

Extraits de *Fundamenta mathematicæ*. T. XXXVIII. Pages 1 à 13 : *Sur quelques propositions concernant la puissance du continu*. Pages 204 à 208 : *Sur les fonctions continues d'une variable ordinale*, par WACLAW SIERPINSKI. Warszawa, 1951 ; 2 fasc. 24 cm.

International Conference « Some crop protection problems in world agriculture », 26th, 27th *and* 28th *June* 1951. Fernhurst Research station, near Haslemere, Surrey. London, Plant protection Ltd, 1952 ; 1 vol. 30,5 cm.

Gouvernement général de l'Afrique occidentale française. *Carte géologique de reconnaissance à l'échelle de* 500 000e, et *Notice explicative sur la feuille Daloa-Ouest*, 1946; *sur la feuille Daloa-Est*, rédigée par MICHEL BOLGARSKY, 1950 ; *sur la feuille Tenkodogo-Est*, 1950 et *Tenkodogo-Ouest*, 1950, rédigées par J. SAKATZKY ; *sur la feuille* **Kayes-Est*, 1950; et **Kayes-Ouest*, 1950, rédigées par LOUIS BAUD; *sur la feuille Kita-Ouest*, 1946; *sur la feuille Kita-Est*, 1950, rédigées par LOUIS BAUD et ROSTISLAV GOLOUBINOW; *sur la feuille Kankan-Ouest*, 1946; *sur la feuille Kankan-Est*, 1950, et *Bougouni-Ouest*, 1950, rédigées par ROSTISLAV GOLOUBINOW; *sur la feuille Abidjan-Ouest*, rédigée par MICHEL BOLGARSKY, 1951, Paris, Imprimerie nationale, 1946. Dakar, Grande imprimerie africaine, 1950 et Dakar, Direction Mines A. O. F., 1951; 12 fasc. 24 cm, 10 cartes 54 × 61 cm et 2 cartes* 5 × 68,5 cm.

Transmission hidraulica y comando electronico en maquinas herramientas, por PASCUAL PEZZANO. Conferencia pronunciada en el Salón de Actas del Instituto politecnico superior de la Nación OTTO KRAUSE, auspiciada por el Instituto tecnologico, dependiente del Ministerio de Industria y Comercio de la Nación. Buenos Aires, 1950; 1 fasc. 23 cm.

Jean-François Clouet, chimiste ardennais. Sa vie. Son œuvre, par RENÉ TATON, in *Présence ardennaise*, n° 10, 1952. Charleville, Éditions du groupe artistique « Arthur Rimbaud », 1952; 1 fasc. 22 cm.

Encyclopédie biologique. Vol. XXXVIII, XXXIX et XL. Flore illustrée des jardins et des parcs. *Arbres, arbustes et fleurs de pleine terre*, par PAUL FOURNIER. *Texte*. T. I et II et *Atlas*. Paris, Paul Lechevalier, 1951 et 1952; 3 vol. 24,5 cm (présenté par M. A.Chevalier).

Cérémonies du cinquantenaire de l'Institut polytechnique de Grenoble, 8-13 *juillet* 1950. Textes présentés par L. SANTON. Grenoble, 1951 ; 1 fasc. 27 cm.

Esquema ecologico de Selva, Sabana y Cordillera en Bolivia, por GUILLERMO MANN F. Publicacion nº 3 del Instituto de geografia, Facultad de filosofia, Universidad de Chile, 1951; 1 vol. 23 cm.

Le manioc à Madagascar, par GILBERT COURS, in *Mémoires de l'Institut scientifique de Madagascar.* T. III. Fasc. 2, 1951. Série B. *Biologie végétale;* 1 vol. 27,5 cm (présenté par M. H. Humbert).

Flore de Madagascar et des Comores (Plantes vasculaires). 88e famille, *Podostémonacées.* 89e famille, *Hydrostachyacées.* 166e famille, *Oléacées,* par HENRI PERRIER DE LA BÂTHIE. Paris, Typographie Firmin-Didot, 1952; 2 fasc. 25 cm.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 MAI 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Emile Briner**, Correspondant de l'Académie, Professeur à l'Université de Genève, **J. O'M. Bockris**, Professeur à l'Université de Londres, **Wilhelm Karl Klemm**, Professeur à l'Université de Mayence, **Gustav Ferdinand Albert Kortüm**, Professeur à l'Université de Tubingen, **Benton B. Owen**, Professeur à l'Université Yale, à New Haven, **Friedrich Adolf Paneth**, Membre de la « Royal Society », Professeur à l'Université de Durham, **William Francis Kenrick Wynne-Jones**, qui assistent à la séance.

M. le **Président** informe l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de la Pentecôte, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 4 juin, au lieu du lundi 2.

M. **Albert Caquot** s'exprime en ces termes :

La soufflerie sonique, construite à Modane-Avrieux par l'Office national d'études et de recherches aéronautiques (ONERA) pour le Secrétariat d'État à l'Air, vient d'enregistrer un résultat important.

Il y a un mois, après cinq ans de travaux de construction et une série d'essais préliminaires, la section d'essai, d'un diamètre de 8 mètres, a été parcourue par une trombe d'air circulant à la vitesse du son, soit 330 mètres/seconde. Débit d'air : 10 tonnes/seconde. Puissance hydraulique utilisée : 70000 CV sur 110000 disponibles.

Notice nécrologique sur Hendrik Anthony Kramers,
par M. **Jean Becquerel.**

Un éminent physicien, notre correspondant **Hendrik Anthony Kramers**, vient de disparaître. Il avait été opéré, le 16 avril, d'une tumeur pulmonaire; une attaque d'hémiplégie est survenue quelques jours après; il a horriblement souffert et est mort à Leyde, le 24 avril.

Né à Rotterdam, le 17 décembre 1894, Kramers commença ses études de Physique théorique en 1912, à l'Université de Leyde où il eut pour maîtres Lorentz et Ehrenfest.

En 1916, il devint, à Copenhague, élève et assistant de M. Niels Bohr. Ses premiers travaux personnels ont attiré sur lui l'attention des physiciens, car dès ses débuts, il joua un rôle essentiel dans le développement de la théorie quantique de l'atome et du rayonnement : c'est lui, en effet, qui a, le premier, appliqué le « principe de correspondance » de Bohr au problème de l'intensité des raies spectrales et, en particulier, à la détermination des intensités dans l'effet Stark (décomposition des raies spectrales par un champ électrique). Les résultats de ces recherches ont fait l'objet de sa remarquable thèse de doctorat, soutenue à Leyde en 1919. Dès l'année suivante, il fut nommé « lecteur » à Copenhague.

L'activité de Kramers, pendant son séjour au Danemark jusqu'en 1926. s'est manifestée principalement dans deux travaux. L'un donne une théorie détaillée de l'absorption des rayons X, ainsi que du spectre d'émission continu de rayons X, qui prend naissance quand des électrons émis par une cathode bombardent les atomes d'une anticathode. On sait que, dans la célèbre théorie de Bohr (antérieure à la Mécanique ondulatoire), les électrons de l'enveloppe d'un noyau atomique étaient considérés comme décrivant autour du noyau des orbites stationnaires quantifiées, sur lesquels ils ne rayonnent pas; l'émission d'un photon se produit seulement quand un électron passe d'une orbite stationnaire à une autre orbite correspondant à une valeur moindre de l'énergie, et comme les énergies forment une suite discontinue, le rayonnement donne un spectre de raies. De même, Kramers considère que les électrons venant d'une cathode, comparables cette fois à des comètes n'appartenant pas à un système atomique de l'anticathode, décrivent près des noyaux de celle-ci des orbites hyperboliques. Le rayonnement X a encore lieu par passage d'une orbite à une autre, mais les orbites hyperboliques, où toute périodicité fait défaut, ne sont pas quantifiées : elles sont toutes possibles et, de ce fait, le spectre du rayonnement est continu. La répartition des intensités dans ce spectre continu a été calculée par Kramers et les résultats essentiels ont été confirmés plus tard par la Mécanique quantique.

Dans un autre travail, par l'application du principe de correspondance, Kramers a fait le passage de la théorie classique à la théorie quantique de la dispersion de la lumière. Cette théorie de Kramers, développée ensuite en collaboration avec M. Heisenberg, prévoit même l'effet Raman, découvert quelques années plus tard. La formule de dispersion due à Kramers, bien qu'elle ne fut que devinée grâce au principe de correspondance, est exacte : on la retrouve, en effet, en partant des formules qui, selon la Mécanique quantique, régissent l'interaction entre le rayonnement et les atomes. Il convient, de plus, d'insister sur le fait suivant : c'est la théorie de Kramers qui fut l'origine des travaux qui ont conduit M. Heisenberg à sa Mécanique quantique; l'importance de cette théorie de la dispersion réside donc, non seulement dans les résultats qu'elle a donnés, mais aussi dans l'influence qu'elle a exercée sur le développement ultérieur de la Physique théorique.

Kramers revint en Hollande en 1926 : son œuvre, déjà remarquable, lui avait valu d'être choisi, à l'âge de 32 ans, pour occuper une chaire de Physique théorique à l'Université d'Utrecht. En 1934, il fut déplacé à Leyde, où il succéda à Ehrenfest. Il fut aussi, depuis 1931, « Professeur spécial » à l'École Polytechnique de Delft. Son activité scientifique, pendant les 25 dernières années, a été trop riche et trop variée pour qu'il soit possible d'en donner une vue complète dans la présente Notice, et je dois me borner à indiquer ceux de ses travaux qui me paraissent les plus importants.

En Mécanique ondulatoire, une méthode approximative de calcul des fonctions d'onde a été trouvée presque simultanément par M. Wentzel, par M. Léon Brillouin et par Kramers. Il appartient à Kramers et à ses élèves d'en avoir fait un instrument puissant pour résoudre de nombreux problèmes et, en particulier, pour le calcul des intensités des raies spectrales. Kramers a adapté des méthodes de la théorie des groupes au calcul des intensités du rayonnement multipolaire. Il a calculé les niveaux d'énergie d'une molécule asymétrique et l'intensité du rayonnement d'une telle molécule. Il a traité des problèmes de dispersion et d'absorption, en particulier dans le domaine des rayons X, au point de vue de la Mécanique quantique; certains résultats obtenus par Kramers à cette occasion sont d'une grande utilité pour la théorie d'un effet important : la relaxation paramagnétique.

Depuis longtemps, les physiciens ont attaché un grand intérêt à l'étude du magnétisme : aussi convient-il d'insister sur le rôle capital des travaux de Kramers dans ce domaine. On avait cherché à rendre compte des propriétés magnétiques des cristaux en attribuant aux ions qu'ils contiennent les mêmes moments magnétiques qu'à l'état libre. Pour les terres rares, la théorie et l'expérience étaient à peu près d'accord à la température du laboratoire, mais non aux basses températures et pour les

éléments du groupe du fer, le désaccord était profond, même à la température ordinaire. Or, en 1929, il fut établi, par des travaux de magnéto-optique faits au « Kamerlingh Onnes laboratorium » de Leyde, que les niveaux d'énergie des ions sont décomposés par un champ électrique naturel qui règne dans les cristaux et que cette décomposition domine la question du magnétisme des cristaux, car à chacun des niveaux provenant de la décomposition correspond, pour un même ion, un moment magnétique particulier. Kramers entreprit aussitôt l'étude théorique du champ cristallin et de ses effets : une telle étude intéresse à la fois les physiciens et les cristallographes, car la décomposition des niveaux d'énergie d'un même ion et les propriétés magnétiques qui en résultent dépendent essentiellement de la structure du champ cristallin qui, elle-même, est liée dans chaque cristal, à la structure du réseau. Sans méconnaître les importants résultats obtenus dans la même voie par d'autres grands théoriciens, il est de toute justice de dire que ce sont les travaux de Kramers qui sont la base de la théorie des propriétés magnétiques des cristaux. En particulier, Kramers a établi un théorème général, démontrant que si un système atomique est dans un champ purement électrique, les niveaux d'énergie gardent toujours une dégénérescence lorsque le système contient un nombre impair d'électrons et que le degré de dégénérescence est pair. La grande importance de ce théorème est reconnue par les physiciens qui étudient le magnétisme des cristaux.

Il faut encore citer une discussion générale du problème du ferromagnétisme, en particulier du modèle de Heisenberg, ainsi que la théorie de l'interaction des atomes magnétiques par « échange indirect », lorsque ces atomes sont séparés par d'autres.

La désaimantation adiabatique a permis l'obtention de températures excessivement basses et la première expérience, réalisée avec un plein succès par notre confrère W. J. de Haas, a ouvert un nouveau domaine de recherches. Il ne faut pas oublier que Kramers est intervenu dans la théorie du phénomène, si bien que le Mémoire décrivant cette expérience historique est signé par de Haas, Wiersma et Kramers.

Kramers est l'auteur de recherches concernant la théorie des particules élémentaires et des « lacunes » de Dirac.

D'autres travaux se placent aux confins de la Chimie. On doit à Kramers une recherche fondamentale sur le problème de la vitesse des réactions chimiques, en tant que problème de diffusion. La méthode développée est très générale et peut être appliquée à la fission des noyaux lourds, comparés à des gouttes d'un liquide.

Signalons encore un travail sur les limites de la validité de la théorie des électrolytes, proposée par MM. Debye et Hückel et un travail concernant les macromolécules.

Une mention doit être faite du livre de Kramers, *La théorie quantique de l'électron et du rayonnement.* Dans ce grand Ouvrage, il expose les principes de la Mécanique quantique et en donne une discussion critique claire et détaillée, contenant des résultats originaux.

Bien qu'ayant été frappé, en 1947, d'une première attaque dont il ne s'était pas complètement rétabli, il avait conservé intactes ses magnifiques facultés intellectuelles et son activité scientifique ne s'est pas ralentie. Au cours des cinq dernières années, ses recherches ont principalement porté sur la théorie quantique de la diffusion de la lumière, les vibrations d'une colonne gazeuse, le pouvoir rotatoire magnétique du sulfate de nickel, la théorie quantique de l'antiferromagnétisme, objet de sa dernière Note (novembre 1951). Enfin, il était l'un des trois rédacteurs principaux de la première Encyclopédie néerlandaise (E. N. S. I. E.).

L'œuvre de Kramers se caractérise par sa variété, par son originalité et par une grande profondeur de vue jointe à une érudition exceptionnelle. Les problèmes qu'il a abordés et traités avec succès sont parmi les plus importants de la Physique moderne : on peut dire sans exagération qu'il était un des plus grands théoriciens de notre époque.

Ce n'est pas seulement par ses travaux de science pure, c'est aussi par ses qualités de professeur et d'organisateur qu'il contribua au développement de la Physique. Aux États-Unis il fut « visiting professor » à Ann Arbor en 1928 et à Berkeley en 1930. Il joua un rôle considérable dans de nombreux congrès, même dans les cinq dernières années, malgré la maladie qui l'avait frappé. Nous nous bornerons à citer sa participation au VIIIe Conseil Solvay à Bruxelles (septembre 1948), au Congrès de Florence (mai 1949), au Congrès de Washington (octobre 1951). En décembre dernier, il s'était rendu au Danemark, puis en Norvège, pour l'inauguration du réacteur atomique à Kjeller, à l'établissement duquel il avait pris une part active.

Les honneurs qu'il méritait lui ont été rendus. Il n'avait guère dépassé 30 ans lorsqu'il a été élu Membre de l'Académie royale du Danemark; en 1931, il devenait Membre de l'Académie royale de Hollande. Il a été fait Officier de la Légion d'honneur en 1938 et élu Correspondant de notre Académie, pour la section de Physique générale, le 16 juin 1947. Il reçut la médaille Lorentz à Amsterdam en octobre 1948 et le diplôme de Docteur *honoris causa* à la Sorbonne au début de novembre 1949. Il fut choisi, en 1946, comme Président de la Commission de l'Énergie atomique de l'O. N. U. et, de 1947 à 1951, Président de l'Union internationale de Physique pure et appliquée : M. le Secrétaire général Fleury a pu dire qu'il fut « le Président le plus efficace que nous pussions souhaiter ».

Qu'il me soit permis d'évoquer des souvenirs personnels ! J'ai été particulièrement lié avec Kramers : une collaboration scientifique et une profonde

amitié nous unissaient depuis plus de vingt ans. J'ai pu apprécier toutes les qualités, la droiture de caractère, la bonté si compréhensive, l'extrême modestie et la frappante simplicité de ce grand savant.

Les Membres de l'Académie des Sciences prennent part à la douleur de Mme Kramers et de ses enfants, à qui nous adressons, avec émotion, nos plus vives condoléances.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *D'où viennent les Pommiers à bons fruits de nos jardins et de nos vergers ?* Note de M. **Auguste Chevalier.**

Nous avons publié il y a une trentaine d'années une Note sur l'origine des Pommiers à cidre de Normandie et de Bretagne et montré que la plupart des bonnes variétés proviennent du Pays Basque et de l'Espagne occidentale et furent importées au xv-xvie siècle [1].

Nos recherches historiques récentes ont porté sur les Pommiers à bons fruits qui vivent dans les jardins.

Dès l'époque romaine il existait sans doute de tels arbres et en Italie et dans le bassin méditerranéen, mais ils n'étaient pas parvenus dans la Gaule intérieure. Ce n'est qu'après le début de la Renaissance, vers le milieu du xve siècle, que de nouvelles méthodes concernant la culture des arbres fruitiers s'implantent spécialement dans les abbayes et les propriétés princières de la France du Nord et dans les bassins de la Seine et de la Loire. Ainsi s'introduisit la culture en espalier des arbres demi-nains, les Poiriers greffés sur Cognassier ou les Pommiers écussonnés sur Pommiers doucins ou de paradis. Des Ouvrages sur la culture des arbres fruitiers ne parurent qu'à partir de l'an 1500 et ils ne révolutionnent rien. Ils admettent toujours que le Poirier et le Pommier peuvent se greffer l'un sur l'autre, que la greffe du Pommier sur le Platane est possible; on croit encore à l'action de la Lune pour la reprise des greffes; on croit aussi que c'est à l'époque où la Lune est en croissant qu'il est bon de tailler les arbres fruitiers. Ce fut un curé de campagne, l'abbé Le Gendre (1612-1687), curé du village d'Hénonville, à 12 km de Rouen, qui réfuta le premier ces affirmations erronées. C'était un Normand à qui on n'en conte pas, car il opérait lui-même sur ses arbres fruitiers. Il publia en 1652 un petit livre in-18°, de 150 pages : *La manière de cultiver les arbres fruitiers où il est traité des pépinières, des espaliers et des contre-espaliers et des arbres en buissons et en hautes tiges.* Une 2e édition parut en 1676.

Pour obtenir des Pommiers nains d'espalier, donnant des fruits plus

---

(1) *Comptes rendus*, **171**, 1920, p. 550; *Histoire et amélioration des Pommiers* (*Rev. Bot. Appl.*, **1**, 1921, p. 149-215).

gros et meilleurs, il les greffait sur des *Pommiers Paradis* ou sur des *Doucins* qu'il trouvait dans les forêts du voisinage.

Dans son livre il écrit avec humour : « Les hommes ne sont plus dans le Paradis terrestre où ils puissent manger des fruits admirables sans aucun travail, il faut qu'ils labourent la terre, s'ils veulent recueillir des fruits de choix. La nature ne donne plus rien d'elle-même. Il faut la caresser et la flatter pour en obtenir quelque chose; il faut l'aimer si l'on veut en être aimé. C'est cette seule affection qui m'a donné la connaissance que j'ay des plants; c'est elle qui m'a fait remarquer les fautes que je commettais dans les commencements; c'est elle qui m'a fait rectifier les causes et qui n'a point donné de repos à mon esprit tant qu'il ne les a point connues. Aussi n'ay-je écrit ces Mémoires que pour ceux qui aiment les plants ». On crut d'abord cet Ouvrage apocryphe et qu'il était dû à quelque « solitaire » de Port-Royal, soit Robert d'Andilly ou Armand, soit Pont-Château qui s'occupaient de jardinage. Un de leurs amis, Armand Landéric, avait publié à Bordeaux en 1581 un petit *Traité sur la greffe*, mais beaucoup moins scientifique. Il est certain que l'abbé Le Gendre a vécu et qu'il fut curé d'Hénonville. Notre grand écrivain normand Pierre Corneille fut l'ami intime de Le Gendre et quand il voulait manger de bons fruits, il venait au presbytère d'Hénonville. En 1642, Corneille dédia au curé une longue pièce de vers intitulée : *Le Presbytère d'Hénonville*, publiée dans les œuvres de Corneille en 1862 où il dit : « J'ai vu les raretés de ce charmant séjour... Là, la pomme et la poire, d'une bonté incomparable, voisinent ».

L'emploi de la greffe du Pommier sur Paradis ou celle du Poirier sur Cognassier et leur culture en espalier ou contre-espalier étaient encore très peu répandus en Normandie et dans la région parisienne. Ce fut un gentilhomme angoumois, Jean de La Quintynie (1622-1688), qui allait vulgariser ces techniques, quand il fut nommé à Versailles en 1673 Intendant des Jardins à fruit du Roi Louis XIV.

J. de la Quintynie (on l'a nommé aussi parfois Quintynia) avait fait de bonnes études et il était devenu avocat à Poitiers vers 1645, alors que le curé Le Gendre poursuivait ses recherches. Le hasard voulut que La Quintynie, vers 1650, fut engagé comme précepteur du fils d'un grand magistrat. Il emmena son élève en Italie et pendant son séjour il s'attacha à l'étude des jardins et surtout des arbres fruitiers de la campagne romaine. A son retour, il constata que la culture fruitière dans tous les domaines seigneuriaux du pays était très en retard. Sans faire aucune publication, il établit très vite sa réputation. Il fit d'abord fabriquer des outils de jardinage. Le prince de Condé l'appela à Chantilly; il travailla ensuite au Jardin de Vaux que possédait Fouquet, ensuite il passa au Jardin de Rambouillet. Plus tard, Colbert présenta La Quintynie à Louis XIV et il y resta de 1673 jusqu'à sa mort, marquant le potager et les fruitiers de Versailles d'une

empreinte profonde. Ses techniques horticoles, ses variétés d'arbres fruitiers, ses méthodes de taille des arbres, la culture en espaliers et en buissons se répandirent dans toute la France; mais avant lui, Le Gendre avait déjà mis bien des choses au point ([2]).

La culture des arbres fruitiers et surtout l'amélioration des Poiriers et des Pommiers fit de grands progrès en France du XVIIIe au XIXe siècle. Un nombre considérable de variétés d'élite ont été créées en France et dans les pays voisins.

En Normandie notamment on possédait vers 1850 un grand nombre de variétés originaires de ce pays et qui ont eu une réputation considérable.

Citons parmi les Pommiers, la *Reinette de Caen* (très voisine de la Reinette blanche du Canada), la *Reinette grise* ou *de Granville*), la *Reinette de Bayeux*, la *Reinette de Caux*, le Pigeonnet de Rouen, le Court Pendu, autrefois très renommé; le Poirier Passe-Crassane, originaire de Rouen, est aujourd'hui l'arbre producteur de poires d'hiver les plus renommées.

Dans tous les Ouvrages de Pomologie, on rend souvent hommage à la beauté et à la qualité des fruits français. Il faut lire notamment l'Ouvrage de André Leroy, d'Angers, publié en 1873 qui a consacré un fort volume à toutes les bonnes variétés de Pommiers.

Il nous faut enfin rendre hommage à un ancien membre de l'Académie des Sciences dans la section de Botanique, L. M. A. Aubert Du Petit Thoüars (1758-1831) qui fut d'abord un grand voyageur botaniste mais qui à la fin de sa vie s'attacha à l'étude des arbres fruitiers de France. Il fut de 1806 à 1827 conservateur des pépinières du Roule, situées en plein Paris et il publia en 1815, sous les auspices de la Société d'Agriculture, un Ouvrage peu connu, *Recueil des Rapports et des Mémoires sur les cultures des arbres fruitiers*, Ouvrage de 256 pages, publié ensuite sous le titre *Le Verger français* (1817). Ce livre contient encore des indications intéressantes à lire. M. A. Lacroix lui a consacré récemment une notice biographique. Il n'a pas cité cet Ouvrage. Il nous a semblé utile de rappeler ici que Aubert Du Petit Thouars, tout en se consacrant à l'étude des arbres fruitiers, fut un précurseur de la théorie de la phyllorhize qui attribue à la base des pétioles des feuilles l'édification de la tige chez les plantes Phanérogames. Cette théorie a aujourd'hui de nombreux partisans. Aubert du Petit Thouars dut être frappé par l'écussonage des arbres fruitiers. Il suffit d'appliquer un bourgeon sous un fragment d'écorce du porte-greffe qui donnera bientôt une tige nouvelle qui continuera celle de l'arbre greffé en prenant la place du scion supprimé que portait celui-ci.

([2]) L'Ouvrage de La Quintynie : *Instructions pour les jardins fruitiers et potagers* (2 vol.), ne fut publié que deux ans après sa mort (en 1690), longtemps après celui de l'abbé Le Gendre.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Les suites canoniques.*
Note de M. **Arnaud Denjoy.**

Dans cette Note faisant suite à celle du 19 mai, l'auteur poursuit la brève analyse du troisième fascicule, incessamment édité, de son Livre *L'Énumération transfinie.* Après les conséquences tirées des six postulats antérieurs, quatre nouveaux sont ajoutés, concernant les successions canoniques et semi-canoniques.

Conséquences des postulats ([1]). — Théorème. — *Si* $U > U'$, *tout élément* α *de* $S(U)$ *supérieur à* $i(U')$ *est un nœud de* $S(U')$, *et si* $U \geqq U' + \Omega$, α *est l'initial* $i(U' + \delta)$ *d'une nodale de* $S(U')$ (510).

Corollaire. — *Les seconds termes des diverses suites principales* $S(U)$ *sont tous distincts* (513).

Donc, *les indices* U *forment le segment* $S(\Upsilon, O)$ *d'un nombre* Υ (de seconde catégorie) *de la classe* III (514).

Il y a au plus un nombre α *de la classe* II *appartenant à un ensemble non démontrable* $H(\alpha)$ *de suites principales distinctes;* α est initial à toutes ces suites, sauf à un ensemble dénombrable d'entre elles. Le rang des suites de $H(\alpha)$ tend vers Υ (514).

Théorème. — *Deux suites principales* $S(X+1)$, $S(Y+1)$ *ont des éléments initiaux différents* (516).

Principe $\overset{*}{A}$ des successions canoniques (résultant des postulats antérieurs). — *Si les successions canoniques* $\Sigma(U)$, $\Sigma(V)$ *commencent respectivement par les suites fondamentales* $S(U^1)$, $S(V^1)$, *les intervalles numériques* (U^1, U), (V^1, V) *ne chevauchent pas* (517).

Les successions $\sigma_0(U)$ ou $\Sigma_0(U)$. — Elles sont de type $\rho < \Omega$ ou $\rho = \Omega$ (519). Les suites $S(Z_\nu)$ les composant peuvent encore se définir ainsi : pour $Z_\nu < Z < U$, $i(Z) \geqq i(Z_\nu) = i_\nu$.

Si ν *est de première espèce,* Z_ν *est soit de première espèce* (et alors $i_{\nu-1} < i_\nu$), *soit de deuxième catégorie* (523).

Si $i_\nu = i_{\nu+1}$, $S(Z_{\nu+1})$ est une base de deuxième catégorie.

Les ensembles $e(U, j)$ et $E(U, j)$ (527). — U étant de seconde espèce, soit j une des valeurs prises par les nombres i_ν, $S(Z_\nu)$ décrivant $\sigma_0(U)$ ou $\Sigma_0(U)$; $e(U, j)$ est l'ensemble des nombres vérifiant $i_\nu = j$ et $E(U, j)$ est l'ensemble des suites $S(Z_\nu)$ correspondantes; $e(U, j)$ est une section $\mu \leqq \nu \leqq \rho$. Si $\mu < \rho$, Z_μ est de première espèce, les $S(Z_\nu)$ $(\nu > \mu)$ sont des bases, de deuxième ou de première (exceptionnelle) catégorie, selon que $\nu (> \mu)$ est de première ou de seconde espèce (528).

Si j est non isolé dans l'ensemble des valeurs distinctes i_ν, $e(U, j)$ est formé

([1]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2033. Les nombres entre parenthèses numérotent les pages de l'Ouvrage.

d'un seul nombre μ de seconde espèce, $S(Z_\mu)$ est de première catégorie normale (529).

POSTULAT VII. — *Si la base de première catégorie* $S(U)$ *est exceptionnelle et si* $i(U) = g$, *la succession semi-canonique* $\sigma(U)$ *est identique à l'ensemble* $E(U, g)$ *terminant* $\sigma_0(U)$ (533).

Si $S(U)$ est de seconde catégorie ou de première catégorie normale, nous réduisons chacun des ensembles $E(U, j)$ comprenant au moins deux suites à la première de toutes, qui est fondamentale. Les successions $\sigma_0(U)$, $\Sigma_0(U)$ deviennent $\sigma'_0(U)$, $\Sigma'_0(U)$ (534).

POSTULAT VIII. — *La succession canonique* $\Sigma(U)$ ou *semi-canonique* $\sigma(U)$ *est incluse dans la succession* $\Sigma'_0(U)$ ou $\sigma'_0(U)$ (535).

Le principe $\overset{*}{B}$ des successions canoniques se démontre : Si $\Sigma(X)$ et $\Sigma(Y)$, formées de suites $S(X^\nu)$ et $S(Y^\nu)$, sont deux successions canoniques et si $Y^\mu < X \leqq Y^{\mu+1}$, il en résulte $Y^\mu \leqq X^1$ (536).

Une base de première catégorie exceptionnelle n'appartient à aucune succession $\Sigma(U)$ *ni* $\sigma(U)$ (536). Au contraire (POSTULAT IX), *toute base de première catégorie normale* $S(V)$ *appartient à une succession canonique* $\Sigma(U)$ *et* $\sigma(V)$ *est le segment de* $S(V)$ *dans* $\Sigma(U)$ (540).

POSTULAT X. — *Si* U *est un nombre de deuxième catégorie, la succession* $\Sigma(U)$ *coïncide avec* $\Sigma'_0(U)$, *éventuellement diminuée d'un segment initial pourvu d'un dernier élément* (542).

III. *La détermination des suites canoniques.* — Pour obtenir les suites canoniques de tous les nombres de la classe II (solution du problème Φ), il est nécessaire et il suffit de résoudre préalablement le problème de former toutes les successions canoniques (542). Toutefois il faut réserver le cas des *seconds éléments* des bases de première catégorie *exceptionnelles.* Deux hypothèses, C et D, écarteraient cette difficulté possible (547). $E(g)$ étant la succession des suites principales $S(V^\nu)$ ou $\varphi^\nu(\gamma)$ $(1 \leqq \gamma < \Omega)$ dont le premier terme $i(V^\nu) = g$:

C. Toute succession $E(g)$ est dénombrable;

D (impliquant C). Pour toute succession $E(g)$, la suite croissante et régulière des seconds termes $\varphi^\nu(2)$ des suites $S(V^\nu)$ s'arrête avant de présenter un nœud.

Si l'hypothèse D était inexacte, la suite canonique du premier nœud Θ rencontré ne se déterminerait point par nos méthodes (548).

L'ensemble des suites canoniques met en défaut les principes présumés A et B (549). Mais si $\alpha_1 < \beta < \alpha$, il s'ensuit $\alpha_1 \leqq \beta_2$ (principe A rectifié) et si $\alpha_n < \beta \leqq \alpha_{n+1}$, il en résulte $\alpha_n \leqq \beta_2$ (principe B corrigé) (552).

Au contraire le caractère (a'') appartient à toutes les suites principales, sauf peut-être à certaines bases exceptionnelles (551).

La détermination des suites canoniques des nombres de la classe II fait appel à des opérations ordonnées entre elles selon un type τ_λ, λ appartenant à la classe III. On constate que pareillement l'application des cribles d'Eratosthène

à la recherche des nombres premiers et à la décomposition des entiers en facteurs premiers consiste en opérations se succédant à tous les rangs transfinis inférieurs à ω^{ω} (552-561).

IMMUNOLOGIE. — *Action comparée de la cortisone et d'un vaccin anticolibacillaire sur l'immunité spécifique engendrée par l'anatoxine staphylococcique*. Note de MM. **Gaston Ramon**, **Rémy Richou**, **Jean-Pierre Thiéry** et **Claude Gerbeaux**.

On sait le rôle joué, dans le développement de l'immunité, par les phénomènes d'inflammation locale qui se produisent naturellement au point d'injection de l'antigène ou qui sont artificiellement provoqués par addition à cet antigène d'une substance adjuvante et stimulante de l'immunité (1). Aussi était-on en droit de se demander quelle influence pourrait jouer, dans la production des anticorps, une hormone telle que la cortisone dont l'action est, avant tout, anti-inflammatoire.

Chez l'animal, la cortisone serait capable d'inhiber la formation des anticorps (Germuth et Ottinger) (2); chez des lapins, immunisés au préalable, elle déterminerait une chute du taux des anticorps (Fischell et coll).) (3). Chez l'Homme, la cortisone n'entraînerait pas de changements notables dans la production de l'antitoxine diphtérique (Havens et Schaffer) (4) et dans celle des anticorps pneumococciques (Miwick) (5), dont elle aurait plutôt tendance à favoriser le développement.

En présence de ces résultats, à vrai dire assez discordants, il nous a semblé intéressant d'étudier l'influence de la cortisone sur la production de l'antitoxine staphylococcique engendrée, chez le Lapin, par des injections d'anatoxine.

Comparativement, nous avons examiné la production de l'antitoxine spécifique à la suite d'injections d'anatoxine staphylococcique additionnée d'un anavaccin anticolibacillaire susceptible, contrairement à la cortisone, d'augmenter les phénomènes inflammatoires au point d'injection de l'antigène (6).

---

(1) Consulter à ce propos : G. Ramon, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 157; *Revue d'Immunologie*, 3, 1937, p. 202, 285, 389, 505; 4, 1938, p. 5. On trouvera, dans ces mémoires, toute la bibliographie de la question.

(2) *Proc. Soc. exp. Biol. Med.*, 74, 1950, p. 81.

(3) E. E. Fischell, M. Lemay et E. A. Kabat, *J. Immunol.*, 61, 1949, p. 89.

(4) *Ped. Proc.*, 10, 1951, n° 10.

(5) *J. Clin. Invest.*, 29, 1950, p. 836; *Bull. John Hopskin's Hosp.*, 88, 1951, p. 332.

(6) Le colibacille utilisé dans cette expérience avait été isolé, chez une vache atteinte de mammite, par M. J. Jacquet. Il était agglutiné par le sérum anticolibacillaire corres-

Dix-huit lapins dont le sérum ne renfermait aucune trace des antitoxines staphylococciques α et β d'origine naturelle, répartis en trois groupes de chacun 6 lapins, ont été immunisés d'après le protocole suivant :

Premier groupe. — Les animaux du premier groupe reçoivent, à 5 jours d'intervalle, 3 injections (1, 2 et 4 cm^3) d'une anatoxine staphylococcique de notre préparation titrant 10 unités antigènes α et 6 unités β.

Deuxième groupe. — Les animaux du second groupe sont immunisés de la même façon que ceux du premier groupe. Ils reçoivent, en outre, au cours de l'immunisation, 15 injections de chacune 12,5 mg de cortisone (7).

Troisième groupe. — Les animaux du 3e groupe reçoivent, également dans les mêmes conditions, trois injections de la même anatoxine additionnée d'une suspension de colibacilles en eau physiologique (1 cm^3 d'anatoxine + 1 cm^3 de la suspension de colibacilles; 2 cm^3 d'anatoxine + 2 cm^3 de la suspension de colibacilles; 4 cm^3 d'anatoxine + 3 cm^3 de la suspension de colibacilles).

La suspension de colibacilles employée ici est préparée à partir d'une culture de 12 h de colibacilles, sur gélose (5 cm^3 d'eau physiologique par tube de gélose inclinée) additionnée de 2 ‰ de formol et laissée à l'étuve à 37° pendant 48 h.

Seuls les animaux ayant reçu l'anatoxine additionnée d'une suspension de colibacilles présentent une réaction locale au point d'injection (petits nodules se résorbant plus ou moins lentement).

Tous les animaux sont saignés 7 jours après la dernière injection d'anatoxine et les antitoxines staphylococciques α et β titrées, par la méthode hémolytique, dans le mélange des sérums des animaux de chaque groupe.

Le tableau ci-joint rend compte des résultats obtenus :

	Titre (en unités antitoxiques internationales).	
Antigène injecté.	Antitoxine α.	Antitoxine β.
I. Anatoxine staphylococcique seule	+ 7–10	+3–5
II. Anatoxine + Cortisone	+ 1–2	+1–3
III. Anatoxine + suspension de colibacilles	+10–15	+7–10

Il apparaît, à la lecture de ce tableau, que chez les lapins, de *même provenance*, immunisés dans les mêmes conditions, avec la même anatoxine, le taux des antitoxines spécifiques α et β, développées dans l'organisme, est nettement plus élevé chez les animaux ayant reçu l'anatoxine seule que chez ceux auxquels

---

pondant au colibacille de type 55 B_5, responsable d'épidémies de gastro-entérite infantile, et se montrait pathogène pour le Lapin. Ce fait nous apparaît comme très intéressant du point de vue du rôle possible du lait dans l'épidémiologie de ces gastro-entérites infantiles à colibacilles. Nous reviendrons ultérieurement sur cette importante question.

(7) M. le Professeur Bugnard, Directeur de l'Institut National d'Hygiène, nous a procuré la cortisone nécessaire à cette expérience.

on a administré concurremment la cortisone : chez les premiers, le taux moyen d'antitoxine est, en effet, compris entre 7 et 10 unités pour α et entre 3 et 5 unités pour β, alors qu'il est compris, pour les animaux ayant reçu les injections de cortisone, entre 1 et 2 unités pour α et entre 1 et 3 unités pour β.

Le taux antitoxique est encore un peu plus élevé chez les animaux ayant reçu l'anatoxine additionnée d'une suspension de colibacilles (+10-15 unités α, +7-10 unités β).

Il semble donc bien que, dans les conditions de nos expériences, si la suspension formolée de colibacilles (anavaccin) est capable de jouer dans une certaine mesure le rôle de substance adjuvante et stimulante de l'immunité mais d'une façon beaucoup moins marquée que le vaccin antityphoparatyphoïdique ou que les suspensions de *B. abortus* ([8]) et de permettre un accroissement de l'immunité, la cortisone, au contraire, inhibe ([9]), en partie le développement de l'antitoxine staphylococcique β et surtout celle de l'antitoxine α, ce qui pourrait avoir pour cause l'action anti-inflammatoire de cette hormone.

Certes, en ce qui concerne l'effet de la cortisone, il s'agit là de résultats préliminaires qui demandent à être confirmés. Aussi avons-nous entrepris des essais similaires avec les anatoxines diphtérique et tétanique qui, en raison de leur facilité d'emploi, conviennent parfaitement bien aux expériences de cette nature.

Cependant d'ores et déjà nous pouvons tirer une conséquence d'ordre pratique des expériences que nous venons de relater. En effet, puisque l'anavaccin colibacillaire ne porte aucun préjudice à l'immunité conférée par l'anatoxine staphylococcique mais au contraire semble l'accroître, il paraît indiqué de traiter les mammites des animaux de l'espèce bovine, mammites qui sont le plus souvent causées par les staphylocoques, mais aussi par des colibacilles, au moyen de vaccins associés composés d'anatoxine staphylococcique et d'anavaccin colibacillaire. Des essais sont actuellement poursuivis dans ce sens. Ces essais sont d'un grand intérêt surtout lorsque l'on connaît les pertes qu'occasionnent les mammites dans la production du lait et lorsque l'on sait le rôle que peuvent jouer les staphylocoques et les colibacilles dans les affections gastro-intestinales de l'enfant.

([8]) G. RAMON, R. RICHOU, J. R. THIÉRY, Cl. GERBEAUX et J. LEPLÂTRE, *Revue d'Immunologie*, 14, 1950, p. 205.

([9]) Nous avons constaté, d'autre part, que tous les sérums des animaux ayant reçu la cortisone, présentaient une opalescence très marquée, due vraisemblablement à des modifications physico-chimiques.

TÉRATOGENÈSE. — *Toxicité et pouvoir tératogène d'un isomère et d'un homologue de la colchicine comparés à ceux de cette substance sur l'embryon de Poule.* Note de M. **Paul Ancel**.

Des modifications légères dans la constitution chimique d'un corps électivement tératogène (colchicine) peuvent, soit faire disparaître en même temps sa toxicité et son pouvoir tératogène (isomère), soit faire disparaître le pouvoir tératogène sans diminuer la toxicité (homologue).

Santavy et Reichstein (1) ont retiré de la colchicine d'automne diverses substances plus ou moins voisines de la colchicine. Des échantillons de deux d'entre elles ont été mises à ma disposition par M. le Professeur Reichstein. L'une est l'isocolchicine ($C_{22}H_{25}O_6N$) isomère de la colchicine et l'autre une substance F considérée comme un homologue de la colchicine ($C_{21}H_{25}O_5N$) ou ($C_{24}H_{27,29}O_6N$). J'ai recherché la toxicité et le pouvoir tératogène de ces deux substances par comparaison avec la colchicine pour mettre en évidence l'effet qu'une modification légère de la constitution chimique d'un corps à action tératogène élective pouvait avoir sur son pouvoir tératogène et sur les rapports entre son pouvoir tératogène et sa puissance toxique.

Une goutte (1/20 cm^3) de solution aqueuse de colchicine déposée sur l'embryon de Poule à la 48e h de l'incubation détermine l'apparition d'embryons strophosomes avec une fréquence dépendant de la concentration utilisée. La malformation obtenue est due à un arrêt de développement localisé à une ébauche ecto-mésoblastique électivement sensible à la colchicine et située sur la ligne médiodorsale un peu au-dessus de l'ébauche présomptive des membres inférieurs. L'effet principal de cet arrêt est la réalisation d'une lordose qui rejette sur le dos les parois latéro-ventrales du corps, le bassin et les membres inférieurs dont l'extrémité repose sur la nuque. Les organes contenus dans les cavités thoracique, abdominale et pelvienne demeurent ainsi complètement à nu (celosomie totale) (2).

Avec une solution de concentration 1/200 000 on obtient en moyenne 25 % de strophosomes (dose 25/100 de γ) dont un certain nombre peuvent atteindre la fin de la période d'incubation. En solution à 1/50 000 (dose 1 γ) la colchicine tue la moitié des embryons en 24 h et rend strophosomes les survivants. Cette dose peut être considérée comme la dose toxique minima.

Les solutions aqueuses d'isocolchicine et de substance F ont été étudiées par la même technique que celles de colchicine. Des expériences ont été faites à différentes concentrations (deux expériences portant sur 24 embryons

(1) *Helv. Chim. Acta*, 33, 1950, p. 1606.
(2) P. Ancel, *La chimiotératogénèse chez les Vertébrés*, Paris, 1950.

pour chacune d'elles). Les essais concernant l'isocolchicine ont été faits avec les concentrations 1/100 000, 1/10 000, 1/1000, 1/200. Aucune d'elles ne s'est montrée toxique ni tératogène. 80 % des embryons ont atteint le dernier jour de l'incubation, les autres sont morts entre le 15ᵉ et le 20ᵉ. Avec la concentration la plus forte, la dose injectée était de 250 γ, par conséquent 250 fois plus forte que la dose toxique de la colchicine. Au point de vue du pouvoir tératogène, la colchicine à la concentration 1/500 000 donne environ 4 % de strophosomes, on peut donc considérer comme dose minima capable de révéler le pouvoir tératogène électif, celle de 1/10 de γ. Une dose d'isocolchicine 2 500 fois plus forte que cette dose tératogène élective minima de la colchicine apparaît donc dépourvue non seulement de pouvoir tératogène strophosomiant, mais même de tout pouvoir tératogène. L'isomérie a donc annihilé la puissance toxique et le pouvoir tératogène de la colchicine.

Il n'en a pas été de même pour la substance F. Les expériences ont été faites aux concentrations 1/50 000, 1/100 000, 1/200 000, 1/300 000, 1/500 000. Dans les expériences où la concentration la plus forte a été utilisée, tous les embryons sont morts moins de 48 h après l'injection. Avec la concentration la moins forte, aucun embryon n'est mort dans les 48 premières heures, 1/3 des embryons a succombé avant le 10ᵉ jour et 1/3 a atteint le 20ᵉ jour. Avec la concentration 1/200 000 (dose 25/100 de γ), 45 % des embryons ont succombé en 48 h. Cette dose peut donc être considérée comme voisine de la dose toxique minima, elle est quatre fois plus petite que celle de la colchicine. Aucun des embryons qui ont survécu n'était strophosome; 30 % d'entre eux sont morts avant le 10ᵉ jour de l'incubation; aucun n'a atteint la fin de cette période.

La puissance toxique de cette substance F, se présentant comme un homologue de la colchicine, apparaît donc augmentée, mais le pouvoir strophosomiant a disparu quelle que soit la dose utilisée; il n'a pas été remplacé par un autre pouvoir tératogène électif. Aucune des malformations produites par des substances chimiques à action tératogène élective n'est, en effet, apparue. Seules ont été observées sur quelques embryons les malformations du bec que toutes les substances chimiques sont capables de produire à forte dose.

En somme, l'isomère de la colchicine s'est montré dépourvu de la toxicité et du pouvoir tératogène de cette substance, tandis que l'homologue n'a perdu que le pouvoir tératogène.

M. **Émile Borel** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie d'un Ouvrage que je viens de publier dans la Bibliothèque d'Éducation par la Science : *L'imaginaire*

et le réel en Mathématiques et en Physique. Après avoir rappelé comment l'hypothèse absurde d'un nombre à carré négatif a permis de grands progrès en Algèbre, en Géométrie, en Théorie des fonctions, j'ai essayé de montrer comment le merveilleux développement de la Physique depuis un demi-siècle est également en relation étroite avec des hypothèses qui peuvent apparaître comme contraires au bon sens et aux principes mêmes de la logique. Il n'y a pas de raison pour qu'une méthode qui s'est montrée féconde en Mathématiques ne le soit pas également en Physique.

Je fais également hommage à l'Académie de la traduction japonaise de mon livre : *Les Probabilités et la Vie.*

M. **Léon Binet** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de déposer sur le Bureau de l'Académie des Sciences un livre intitulé : *Esquisses et notes de travail inédites de Claude Bernard.*

J'ai pu, dans cet Ouvrage, réunir des documents inédits que j'ai consultés soit à la Bibliothèque de l'Académie des Sciences, soit dans celle de l'Académie de Médecine, et surtout dans divers cahiers inédits rédigés par Claude Bernard et qu'a bien voulu me confier le Docteur Delhoume.

Grâce à ces documents, j'ai pu aborder successivement : la fonction sucrée du foie, le diabète sucré par piqûre nerveuse, la découverte des nerfs vasomoteurs, des notes de médecine expérimentale, des recherches sur les graisses, des notes sur les fermentations, sur la physiologie nerveuse, la physiologie digestive, la physiologie hépato-splénique et la physiologie respiratoire; des recherches sur les poisons, des considérations sur la physiologie comparée; l'œuvre médicale, thérapeutique, chirurgicale de Claude Bernard et, enfin, Claude Bernard professeur et Claude Bernard philosophe.

La librairie Masson et Cie a bien voulu reproduire des photographies de divers manuscrits et donner à cet Ouvrage une présentation soignée.

M. **Louis de Broglie** fait hommage à l'Académie de la deuxième édition d'un Ouvrage de M. **André Angot** intitulé : *Compléments de mathématiques à l'usage des Ingénieurs de l'électrotechnique et des télécommunications*, dont il a écrit la *Préface*.

M. **Maurice Roy** fait hommage d'un Ouvrage en trois parties, intitulé : *Moteurs complexes et mototurbine. Application à la propulsion des avions*, dont il est l'auteur en collaboration avec M. *René Le Bont.*

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Joseph Pérès** : *Mémoire sur l'intégration graphique des équations aux dérivées partielles*, par Junius Massau.

COMMISSIONS.

Par la majorité des suffrages, MM. **Louis de Broglie, Joseph Pérès, André Danjon**, pour la Division des Sciences mathématiques; **Maurice Caullery, Marcel Delépine, Maurice Javillier**, pour la Division des Sciences physiques, sont élus Membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, dressera une liste de candidats à la place d'Associé étranger, vacante par le décès de Sir *Charles Sherrington*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Centre National de la Recherche Scientifique. *Cahiers du Séminaire d'économétrie*, publiés sous la direction de René Roy, Membre de l'Institut. N° 1.

2° *Connaissance des temps ou des mouvements célestes à l'usage des astronomes et des navigateurs pour l'an* 1953, publiée par le Bureau des Longitudes.

3° *Active transport of ions through frog skin with special reference to the action of certain diuretics*, by Håkan Linderholm (Thèse, Uppsala).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une généralisation du théorème de la moyenne pour les fonctions harmoniques*. Note (*) de M. **Roger Godement**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. Soient G un groupe de Lie connexe et K un sous-groupe compact de G. Nous désignerons par $\mathfrak{U}(G)$ l'ensemble des opérateurs différentiels sur G qui permutent aux translations *à gauche* $x \to gx$ et qui annulent les fonctions constantes sur G. Pour un $X \in \mathfrak{U}(G)$ et un $g \in G$ nous désignerons par $ad(g)X$ l'opérateur [évidemment élément de $\mathfrak{U}(G)$] obtenu en soumettant X à la translation *à droite* $x \to xg$. L'ensemble $\mathfrak{U}^0(G)$ des $X \in \mathfrak{U}(G)$ invariants par les opérations $ad(k)$, $k \in K$, est évidemment une algèbre d'opérateurs, et l'on a une *projection* $X \to X^0$ de $\mathfrak{U}(G)$ sur $\mathfrak{U}^0(G)$ donnée par la formule

$$X^0 = \int ad(k) X \, dk,$$

(*) Séance du 19 mai 1952.

dk mesure de Haar sur K telle que $\int dk = 1$. En raison de la compacité de K il est visible que $\mathbf{U}^0(G)$ contient au moins un opérateur *elliptique* du second ordre; d'autre part, si $\varphi(g)$ désigne une fonction indéfiniment différentiable définie au voisinage de $g = e$ et vérifiant identiquement $\varphi(kgk') = \varphi(g)$, alors on a

$$X\varphi(e) = X^0\varphi(e) \tag{1}$$

pour tout $X \in \mathbf{U}(G)$.

Lemme. — *Soit* E *un ensemble ouvert connexe dans* G, *contenant e et invariant par les transformations* $g \to kgk'$; *soit* φ *une fonction définie dans* E *et vérifiant identiquement* $\varphi(kgk') = \varphi(g)$ *ainsi que* $X\varphi = 0$ *pour tout* $X \in \mathbf{U}^0(G)$; *alors* φ *est une constante.*

En effet, $\mathbf{U}^0(G)$ contenant un opérateur elliptique, on peut déjà affirmer que φ est *analytique*; la relation (1) montre alors que toutes les dérivées successives de φ sont nulles à l'origine, d'où immédiatement le lemme.

2. Soit Ω un ensemble ouvert dans G, invariant par $g \to gk$, $k \in K$. Une fonction $\theta(g)$ définie dans Ω sera dite *harmonique* dans Ω si :

(I) $\theta(gk) = \theta(g)$ *quels que soient* $g \in \Omega$, $k \in K$;

(II) $X\theta(g) = 0$ *quels que soient* $X \in \mathbf{U}^0(G)$, $g \in \Omega$.

Une telle fonction est nécessairement analytique dans Ω.

Soit $g \in \Omega$; si $x \in G$ est suffisamment voisin de e, il est clair que $gkx \in \Omega$ pour tout $k \in K$; donc on peut considérer $\theta(gkx)$.

Théorème de la moyenne. — *On a*

$$\theta(g) = \int \theta(gkx)\, dk, \tag{2}$$

pour tout $g \in \Omega$ *et tout* $x \in G$ *suffisamment voisin de e; de plus, cette propriété caractérise les fonctions harmoniques dans* Ω.

En effet, si θ est harmonique et si, pour $g \in \Omega$ donné, on pose

$$\varphi(x) = \int \theta(gkx)\, dk,$$

on vérifie trivialement que φ satisfait aux hypothèses du lemme, donc est constante; écrivant que $\varphi(x) = \varphi(e)$, on trouve (2).

Réciproquement, supposons que θ vérifie (2) dans Ω; on a tout d'abord la propriété (1) en raison de l'invariance de dk; d'autre part, en « régularisant » le second membre de (2) par une fonction $f(x)$ indéfiniment différentiable et nulle en dehors d'un voisinage suffisamment petit de $x = e$, on voit que θ est indéfiniment différentiable dans Ω; soit alors $X \in \mathbf{U}^0(G)$, et appliquons X au second membre de (2) considéré comme fonction de x; puisque le premier membre est indépendant de x, et puisque X permute aux translations à gauche,

on voit que la fonction $\theta' = X\theta$ vérifie

$$\int \theta'(gkx)\,dk = 0, \qquad \text{et en particulier} \quad \int \theta'(gk)\,dk = 0\,;$$

mais puisque $ad(k)X = X$ et puisque $\theta(gk) = \theta(g)$, il est clair que $\theta'(gk)$ est indépendant de k; donc il vient $\theta'(g) = 0$, et ceci montre que θ vérifie aussi la condition (II).

Naturellement, le théorème de la moyenne a les mêmes conséquences que dans la théorie classique (en particulier, il entraîne un « principe du maximum »).

La théorie classique s'obtient du reste en prenant pour G le groupe des déplacements de R^n et pour K le sous-groupe des rotations autour de l'origine; $U^0(G)$ s'identifie alors à l'algèbre des opérateurs différentiels sur R^n qui sont invariants par les déplacements, i. e. à l'algèbre des polynomes par rapport au laplacien usuel.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une classe de solutions de l'équation de la chaleur*. Note de M. **Joseph Kampé de Fériet**, présentée par M. Henri Villat.

1. L'intégrale de Poisson

$$u(x, t) = \int_{-\infty}^{+\infty} k(x-y, t) f(y)\,dy, \qquad k(x, t) = (4\pi t)^{-\frac{1}{2}} e^{-\frac{x^2}{4t}}$$

représente dans le demi-plan $P(-\infty < x < +\infty,\ t > 0)$ une intégrale de l'équation de la chaleur $u_t = u_{xx}$, prenant pour $t = 0$ la valeur $f(x)$, lorsque f appartient à certaines classes convenablement choisies; en particulier des théorèmes d'existence et d'unicité ont été établis récemment (1) dans le cas des classes L et L^2; mais, pour de nombreux problèmes de Physique mathématique, ces classes, qui imposent à $f(x)$ de tendre en moyenne vers zéro à l'infini, ne sont pas assez larges; on doit, en effet, considérer des fonctions « fluctuant » autour d'une valeur moyenne constante. A ce point de vue une des classes les plus générales est la classe S définie par Norbert Wiener (2); $f(x) \in S$, si

H_1 : $f(x) \in L^2(a, b)$ pour tout intervalle fini (a, b)

H_2 : $\lim\limits_{A \to +\infty} \dfrac{1}{2A} \displaystyle\int_{-A}^{A} f(x+h) f^*(x)\,dx = \rho[h \mid f]$ existe pour tout h;

H_3 : $\rho[h \mid f]$ est continue pour $h = 0$.

(1) S. Bochner et K. Chandrasekharan, *Ann. Math. Studies*, Princeton, 1949, p. 40 et 132.

(2) *Acta Mathematica*, 55, 1930, p. 117-258. La classe S contient, bien entendu, les fonctions périodiques et les fonctions presque périodiques.

La fonction ρ définit *l'autocorrélation* de f; il existe une fonction réelle non décroissante, le *spectre* $S[\lambda|f]$, telle que

$$\rho[h|f]=\int_{-\infty}^{+\infty} e^{i\lambda h}\, dS[\lambda|f].$$

2. L'introduction des fonctions de la classe S dans la théorie de l'équation de la chaleur paraît devoir être fructueuse; j'ai établi les résultats suivants :

Théorème 1. — *Si* $f(x)\in S$:

a. l'intégrale de Poisson existe et représente une fonction continue ayant des dérivées de tout ordre dans P ;

b. $u(x, t)$ *satisfait à l'équation de la chaleur;*

c. $u(x, t)\in S$ *pour tout* $t>0$;

d. $\lim_{t\to+0} u(x, t)=f(x)$, *pour presque tout* x.

Théorème 2. — *L'autocorrélation de* $u(x, t)$ *est donnée pour tout* $t>0$ *par*

$$\rho[h|u(x, t)]=\int_{-\infty}^{+\infty} k(x-y, 2t)\,\rho[y|f]\, dy;$$

c'est la solution (unique) de l'équation de la chaleur $\rho_t=2\rho_{hh}$, bornée dans $t>0$ et égale, pour $t=0$, à la fonction continue bornée $\rho[h|f]$.

Théorème 3. — *Le spectre de* $u(x, t)$ *est donné pour tout* $t>0$ *par*

$$S[\lambda|u(x, t)]=\int_{-\infty}^{\lambda} e^{-2\xi^2 t}\, dS[\xi|f].$$

Les principales propriétés de S sont « conservatives », c'est-à-dire qu'elles sont vraies à tout instant $t>0$, si et seulement si elles sont vraies à l'instant $t=0$: par exemple $S[\lambda|u(x, t)]$ est absolument continu pour $t>0$, si et seulement si $S[\lambda|f]$ est absolument continu. Si $S[\lambda|f]$ est continu pour la fréquence λ :

$$\lim_{A\to+\infty} \frac{1}{2A}\int_{-A}^{A} e^{-i\lambda x}\, u(x, t)\, dx=0, \qquad \text{pour tout } t>0.$$

Si $S[\lambda|f]$ est continu pour $\lambda=0$, $S[\lambda|u(x, t)]$ tend vers zéro, uniformément en λ, quand $t\to+\infty$.

Théorème 4. — *Le spectre* $S[\lambda|u(x, t)]$ *est absolument continu si et seulement si l'autocorrélation est une convolution :*

$$\rho[h|u(x, t)]=\int_{-\infty}^{+\infty} \theta(x+h, t)\,\theta^*(x, t)\, dx,$$

où $\theta(x, t)$ *satisfait aux conditions :*

a. $\theta(x, t)\in L^2$ *pour* $t\geq 0$;

b. $\theta(x, t)$ *vérifie l'équation de la chaleur* $\theta_t=\theta_{xx}$ *dans* $t>0$.

CALCUL MÉCANIQUE. — *Sur la définition et sur quelques moyens de calcul de l'efficacité d'une méthode de classification et de recherche.* Note de M. **Jacques Pinel**, présentée par M. Joseph Pérès.

L'efficacité est une grandeur qui permet de chiffrer certaines qualités des méthodes de classification et de recherche. Elle sera utile notamment en anthropométrie et en dactylotechnie. On donne ici quelques moyens plus ou moins rapides de la déterminer.

On peut définir l'efficacité [1] d'une méthode de classification et de recherche comme le rapport entre le nombre total d'objets de l'ensemble et le nombre moyen de comparaisons nécessitées par une recherche.

Soit un ensemble A contenant N objets. En le classant suivant une certaine méthode, le sous-ensemble d'ordre i contient N_i objets ($\Sigma N_i = N$). Supposons que nous voulions y rechercher tous les n objets d'un second ensemble B. Soit M_i le nombre de ceux que l'on devra comparer à ceux du sous-ensemble d'ordre i. Nous aurons (S : nombre total de comparaisons, k efficacité)

$$S = \sum_i N_i . M_i, \qquad k = \frac{N . n}{S}. \tag{1}$$

Si k est très petit devant N, on peut supposer que A et B ont même structure vis-à-vis de la répartition étudiée, et faire le calcul sur un seul ensemble. N_i et M_i se déterminent en appliquant les règles de classement et de sécurité propre à la méthode étudiée.

Dans un classement dactyloscopique d'après le nombre de lacets, N_i sera le nombre d'individus ayant i lacets au doigt considéré. et M_i sera celui des individus en ayant de $i-2$ à $i+2$ au même doigt.

On opérera de même pour une subdivision à plusieurs échelons.

Cas d'une répartition continue. — Nous supposons que la répartition $[y(x)]$ et toutes ses dérivées sont définies sur tout l'intervalle E de définition de y et nulles aux bornes. Si la valeur trouvée pour la variable de classement est x pour un objet, on doit le comparer à tous ceux de l'intervalle $x-a$, $x+b$ (a et b, marges de sécurité). Par analogie

$$N_i = y . dx, \qquad M_i : Y = \int_{x+a}^{x+b} y\, dx, \qquad S = \int_E Y . y\, dx.$$

On peut faire un développement en série de Y. Dans le cas où a et b sont des constantes, on obtient :

$$S = (a+b)\int_E y^2\, dx + \ldots + (-1)^n \frac{a^{2n+1} + b^{2n+1}}{n!} \int_E (y^{(n)})^2\, dx + \ldots . \tag{2}$$

---

[1] J. Pinel, *Revue de Criminologie et de Police technique*, n° 3, 1951, p. 206.

La série converge en général très rapidement. Ceci permet d'écrire, pour une distribution discontinue

$$(3) \qquad S = h\sum_i (a+b)\, N_i^2,$$

h est un terme correctif voisin de l'unité, qui se déterminera expérimentalement pour un type de répartition donnée. Ces formules permettent un calcul même si a et b ne sont pas des constantes. Elles se généralisent sans difficultés pour des distributions dépendant de plusieurs variables.

Cas d'une répartition suivant la loi de Gauss. — Nous écrirons

$$(4) \qquad y = \frac{N}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}.$$

Nous poserons $a = b = t$ (constante), et en passant par l'intermédiaire de dS, nous obtenons :

$$(5) \qquad \frac{S}{N} = \frac{N}{k} = 2\int_0^{\frac{t}{\sqrt{2}}} \frac{N}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx = 2\int_0^{\frac{t}{\sqrt{2}}} y\, dx.$$

Cette formule donne directement le nombre moyen de comparaisons, et l'efficacité à partir de la marge de sécurité et de l'écart quadratique moyen.

Cas de deux variables. — Par le même procédé, en partant de la loi

$$(6) \qquad y = \frac{N}{2\pi\sigma_1\sigma_2\sqrt{1-r^2}} e^{-\frac{1}{2(1-r^2)}\left[\frac{x_1^2}{\sigma_1^2} - 2r\frac{x_1}{\sigma_1}\frac{x_2}{\sigma_2} + \frac{x_2^2}{\sigma_2^2}\right]}$$

on calculera la dérivée seconde de S par rapport aux deux marges de sécurité t_1 et t_2, on obtient une loi analogue

$$(7) \qquad \frac{S}{N} = \frac{N}{k} = 4\int_0^{\frac{t_1}{\sqrt{2}}}\int_0^{\frac{t_2}{\sqrt{2}}} y\, dx_1\, dx_2.$$

En pratique, la marge de sécurité est inférieure à l'écart quadratique moyen et r n'est pas voisin de 1, sans quoi la répartition ne serait pas efficace. Ceci entraîne que l'on peut, en pratique, remplacer l'intégrale précédente par l'intégrale plus simple

$$(8) \qquad \frac{4N}{2\pi\sigma_1\sigma_2\sqrt{1-r^2}}\iint e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x_1^2}{\sigma_1^2}+\frac{x_2^2}{\sigma_2^2}\right)} = \frac{1}{\sqrt{1-r^2}}\,\frac{1}{k_1k_2}$$

qui est très voisine. Il en résulte que l'on peut écrire

$$(9) \qquad k = k_1k_2\sqrt{1-r^2},$$

k_1 et k_2 étant les efficacités propres des deux variables.

Cas de n variables. — Les formules (7) et (9) se généralisent : *Le nombre moyen de comparaisons pour une subdivision normale à n variables est égal à 2^n fois le*

nombre d'objets pour lesquels les valeurs des n variables sont comprises entre la moyenne et cette valeur majorée de $t/\sqrt{2}$.

Le calcul direct est valable pour tous les types de répartition. La détermination des fréquences des sous-groupes n'est pas difficile, mais celle des nombres M_i est fort longue en pratique dès que la subdivision est assez poussée.

Quand elle est possible, l'assimilation à une répartition continue quelconque donne directement des résultats à partir des fréquences.

L'assimilation à une distribution normale sera encore plus intéressante, car elle dispensera même de la détermination des fréquences.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *De la régression.*

Note de M. **Robert Féron**, présentée par M. Émile Borel.

Supposons que nous ayons défini l'incertitude sur une variable aléatoire Y de fonction de répartition $F(y)$ comme une fonctionnelle concave [1]

(1) $$\mathcal{J}_Y = \Phi[F(y)]$$

telle que, quel que soit a $\Phi[F(y)] = \Phi[F(y-a)]$.

Étant donné un couple aléatoire XY de fonction de répartition $F(x, y)$, nous nous proposons de rechercher quels sont les meilleurs de tous les schémas probabilistes simples proposés précédemment [2].

Rappelons que dans ces schémas, nous supposons que les fonctions de répartition liée $F_x(y)$ peuvent être considérées comme bien représentées par les fonctions $F_x^*(y)$ telles que

(2) $$F_x^*(y) = \psi[y - \varphi(x)],$$

où la courbe

$$\psi(y) = \int_{-\infty}^{+\infty} F_x[y + \varphi(x)]\, dF(x, \infty)$$

peut être considérée comme la fonction de répartition d'une certaine variable aléatoire Y.

Le schéma proposé sera d'autant meilleur que la quantité

(3) $$D = \mathcal{J}_Y - \mathcal{J}_{Y^*}$$

sera plus grande.

Définition de la notion de régression. — Nous appellerons « *nouvelle ligne de régression* », relativement à la définition considérée de l'information, toute courbe $\varphi(x)$ pour laquelle le maximum D^* de D est atteint.

---

(1) *Cf.* Féron, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1840.

(2) *Cf.* Féron, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1343.

Cette définition est justifiée par le fait que :

Si nous prenons la variance comme mesure de l'information, la famille des nouvelles lignes de régression coïncide avec la famille des courbes parallèles à la ligne de régression des moyennes.

De même, *si nous prenons comme mesure de l'information l'écart moyen minimum, toute courbe parallèle à une ligne de régression des médianes, est une nouvelle ligne de régression.*

Si nous prenons pour $\varphi(x)$ une nouvelle ligne de régression, nous aurons toujours

$$D \leqq \mathcal{I}_{Y} - M\,\mathcal{I}_{Y_x} \qquad (4)$$

et, si Φ est une fonctionnelle strictement convexe, nous aurons le signe égal dans (4) si et seulement si

$$F_x^{\star}(y) = F_x(y), \qquad (5)$$

sauf peut-être pour des valeurs de x de probabilité nulle.

Il n'en est pas nécessairement de même si l'on sait seulement que Φ est une fonctionnelle convexe.

Nous aurons notamment toujours le signe égal dans (4) si nous prenons la variance (ou plus généralement un moment typique de Fréchet) comme mesure de l'information.

D'une manière générale, la quantité D peut être négative, mais on a nécessairement

$$D^{\star} \geqq 0. \qquad (6)$$

Si l'on prend pour Φ une fonctionnelle strictement convexe, le signe égal ne pourra être obtenu dans (6) que si X et Y sont presque certainement indépendantes [1].

Il n'en est plus de même si Φ est seulement une fonctionnelle convexe.

Droite de régression. — Si nous prenons pour courbes $\varphi(x)$, les droites

$$\varphi(x) = ax,$$

la quantité D aura un maximum généralement unique $D_a^{\star}$ pour une valeur $a^{\star}$ de a.

Nous appellerons les droites $y = a^{\star}x + k$ « *nouvelles droites de régression* » relativement à la définition considérée de l'information.

Cette définition est justifiée par le fait que :

Si nous prenons la variance comme mesure de l'information, les « nouvelles droites de régression » sont les parallèles à la droite de régression classique (droite ajustée par la méthode des moindres carrés).

Si nous prenons l'écart moyen comme mesure de l'information, les nouvelles droites de régression sont précisément des parallèles à la droite ajustée par la méthode des moindres écarts.

Il est aisé de voir qu'avec cette définition nous aurons toujours $D_a^* \geqq 0$.

On peut de même définir *les paraboles de régression* d'ordre k comme celles des courbes $\varphi(x) = a_0 + ax + a_k x^k$ pour lesquelles D est maximum.

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Perfectionnement des méthodes modernes de contrôle statistique par mesures.* Note de M. **René Cavé**, présentée par M. Émile Borel.

L'auteur propose une méthode de détermination de l'effectif n de l'échantillon et de la fréquence des prélèvements, ainsi qu'une généralisation de la méthode des limites modifiées.

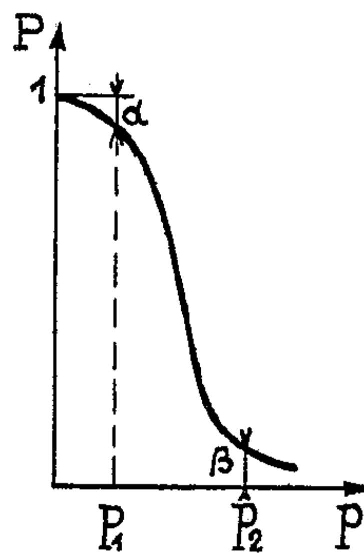
Dans les méthodes modernes de contrôle statistique par mesures, on n'indique pas de méthode permettant de choisir convenablement : l'effectif n de l'échantillon; la fréquence des prélèvements.

Nous avons résolu ce problème de la façon générale suivante :

1. *Détermination de l'effectif n de l'échantillon.* — En utilisant la notion de courbe d'efficacité (*fig.* 1) qui donne la probabilité P d'accepter au premier échantillon un réglage fournissant une proportion p de pièces mauvaises, soit pour un déréglage de la moyenne égal à $\lambda\sigma$:

$$(1) \qquad P(\lambda, n) = \frac{0,998}{\sqrt{2\pi}} \int_{-3,09+\lambda\sqrt{n}}^{3,09+\lambda\sqrt{n}} e^{-\frac{1}{2}x^2}\,dx; \qquad p(\lambda, \mu) = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\mu+\lambda}^{\mu+\lambda} e^{-\frac{1}{2}x^2}\,dx,$$

$2\mu\sigma$ étant l'intervalle de tolérance, on voit que les courbes passent quel que soit n par le point $P(0, n) = 1 - \alpha = 0,996$, $p_1 = p(\mu, 0)$: c'est le risque de première espèce α, p_1 (*figure*). Le risque de deuxième espèce β, p_2 que l'on veut



bien courir, nous permet, au moyen des formules (1) ou d'abaques que nous avons tracés, de déterminer la valeur de n à choisir. Une théorie analogue a été établie pour les déréglages (moins fréquents) de l'écart-type.

2. *Détermination de la fréquence des prélèvements.* — L'effectif n étant déterminé, si N est le nombre de pièces fabriquées entre deux prélèvements, la

proportion des pièces prélevées est $q=n/N$; dès qu'un déréglage est constaté, on contrôle les dernières N pièces fabriquées. Nous avons démontré que, si l'on connaît par des fabrications antérieures des estimations M et σ de la moyenne et de l'écart-type de la population des déréglages (avec $\sigma \leqq M$, ce qui est le cas pratique), la valeur optima de la proportion q, correspondant à un nombre de pièces contrôlées en moyenne minima, a pour valeur

$$q \sim \sqrt{\frac{n}{M}\left(1-\frac{\sigma^2}{M^2}\right)} \sim \sqrt{\frac{n}{M}}.$$

On peut alors déterminer une estimation de la limite de qualité moyenne des produits obtenus

$$Q'_l \sim \max \frac{Pp}{1-P} \sqrt{\frac{n}{M}}.$$

Nous avons tracé des abaques donnant la quantité $S=Q'_l\sqrt{M}$ en fonction de n, ce qui permet d'estimer cette quantité de façon pratique.

La méthode classique détermine les limites de contrôle à partir de la moyenne, indépendamment des tolérances. Nous proposons une généralisation de la notion des limites modifiées, par décalage des limites de $\tau\sigma$ à partir des tolérances : nous avons ainsi trouvé que pour obtenir une courbe d'efficacité donnant les risques α, p_1, β, p_2 (*fig.* 1), n et τ sont donnés par

(2) $$n=\left(\frac{z_\alpha+z_\beta}{z_{p_1}-z_{p_2}}\right)^2; \qquad \tau=\frac{z_\alpha z_{p_2}+z_\beta z_{p_1}}{z_\alpha+z_\beta},$$

formules où chaque quantité z_a est réduite de a par la relation

(3) $$a=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{z_a}^{\infty} e^{-\frac{1}{2}x^2}\,dx.$$

Des abaques pratiques ont été construits, les courbes $n=$ const. et $\tau=$ const. étant des droites parallèles aux deux bissectrices, en axes z_{p_1}, z_{p_2} gradués en p_1 et p_2 pour des valeurs égales de α et β.

MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES. — *Sur une équation de la Mécanique des milieux continus.* Note (*) de M. **Pierre Brousse**, présentée par M. Joseph Pérès.

Nous nous proposons d'étudier quelques propriétés d'une certaine classe de solutions de l'équation

(E_U) $$\Delta U(x,y)-\frac{k}{y}\frac{\partial U(x,y)}{\partial y}=0 \qquad (\Delta,\ \text{laplacien};\ k,\ \text{constante positive})$$

(*) Séance du 12 mai 1952.

dans un domaine D limité par un segment AB de l'axe Ox et par une courbe Γ située tout entière dans le demi-plan $y > 0$. Les points A et B sont considérés comme ne faisant pas partie de Γ.

A l'équation (E_U) nous associons l'équation

$$(E_S) \qquad \Delta S(x, y) + \frac{k+2}{y}\frac{\partial S(x, y)}{\partial y} = 0$$

déduite de la première par la transformation

$$U(x, y) = y^{k+1} S(x, y).$$

Nous présentons dans cette Note le résumé d'un premier groupe de résultats.

1. La fonction $u(x, y)$ étant une solution régulière et positive de l'équation E_U dans D, pour que la fonction régulière $U(x, y)$ soit solution de la même équation dans D, il faut et il suffit que l'on ait

$$\int_C y^{-k}\left(u\frac{dU}{dn} - U\frac{du}{dn}\right) ds = 0 \qquad \left(\frac{d}{dn}, \text{ dérivée normale intérieure}\right)$$

quelle que que soit la circonférence C de D.

2. On connaît une solution fondamentale de l'équation (E_s) (1). Nous en déduisons qu'il existe une fonction de Green $y^{k+1}\eta\, V(x, y; \xi, \eta)$ unique, relative à l'équation (E_U) et au domaine D. Lorsque Γ est une demi-circonférence de rayon R, cette fonction de Green est le produit de $y^{k+1}\eta$ par l'intégrale

$$\int_0^{\pi}\left[\{(x-\xi)^2 + y^2 + \eta^2 - 2y\eta\cos\alpha\}^{-\frac{k}{2}-1} - \left\{\frac{\xi^2+\eta^2}{R^2}[(x-\xi_1)^2 + y^2 + \eta_1^2 - 2y\eta_1\cos\alpha]\right\}^{-\frac{k}{2}-1}\right]\sin^{k+1}\alpha\, d\alpha,$$

le point (ξ_1, η_1) étant l'inverse du point (ξ, η) par rapport à Γ. L'intégrale précédente est une fonction symétrique des points (x, y) et (ξ, η).

3. Il existe une solution de (E_U) et une seule, soit $U(x, y)$ régulière dans $(D + \Gamma)$, prenant sur la frontière $(\Gamma + AB)$ des valeurs données formant une fonction continue $\varphi(s)$ de l'abscisse curviligne s, et telle que les produits $y(\partial U/\partial x)$, $y(\partial U/\partial y)$ soient nuls sur AB.

Cette solution est

$$U(x, y) = \frac{y^{k+1}}{2\pi}\left[\int_\Gamma \eta\,\varphi(s)\frac{dV}{dn}\,ds + (k+1)\int_{AB}\varphi(s)\,V\,ds\right].$$

Lorsque $\varphi(s) = 0$ sur AB, l'expression de U est donc particulièrement simple. Et l'on obtient le théorème suivant :

(1) WEINSTEIN, *Transactions of the American Mathematical Society*, 63, p. 342.

4. Toute solution $U(x, y)$ de l'équation (E_U), régulière dans un domaine D, nulle sur AB ainsi que $y(\partial U/\partial x)$ et $y(\partial U/\partial y)$, est le produit de y^{k+1} par une fonction tendant vers une limite finie lorsque le point (x, y) tend vers un point fixe de AB (distinct de A et de B). Cette limite est continue sur AB.

5. Il en résnlte que si une solution $S(x, y)$ de (E_S) régulière dans le domaine D est telle que les produits $y^{k+1}S$, $y^{k+2}(\partial S/\partial x)$, $y^{k+2}(\partial S/\partial y)$ s'annulent sur AB, on peut affirmer que la fonction S elle-même est finie sur AB (extrémités exclues). *Une telle fonction est entièrement déterminée par les valeurs qu'elle prend sur* Γ, ces valeurs formant une fonction continue $\psi(s)$. Dans D elle vaut

$$\frac{1}{2\pi}\int_\Gamma \eta^{k+2}\psi(s)\frac{dV}{dn}\,ds,$$

MÉCANIQUE. — *Sur une méthode universelle de formation des équations du mouvement des systèmes matériels.* Note (*) de M. **François Galissot**, présentée par M. Henri Villat.

A un point matériel M, de masse m, de coordonnées x^j, de vitesse de composantes v^i, soumis à une force $\vec{F}$ de composantes X^i, par rapport à un trièdre galiléen orthonormé, associons une forme extérieure de Cartan [1]

$$\omega = mk_{ij}\,dv^i \wedge dx^j - [mk_{ij}v^i\,dv^j - k_{ij}X^i\,dx^j] \wedge dt \quad (k_{ij} \text{ symbole de Krönecker } i, j = 1, 2, 3).$$

Théorème I. — *La forme ω est invariante dans les transformations du groupe galiléen et son expression a même forme par rapport à tout repère galiléen orthonormé.*

Théorème II. — *Les équations du mouvement du point sont les équations associées à ω au sens de Cartan* [2].

Associons à un système matériel S une forme extérieure de Cartan : $\Omega = \Omega_c + \Omega_d$,

$$\Omega_C = \int_S k_{ij}(dv^i \wedge dx^j)\,\delta m - \left[\int_S k_{ij}v^i\,dv^j\,\delta m\right] \wedge dt, \qquad \Omega_d = \left[\int_S d\overrightarrow{OM}\,\delta\vec{F}\right] \wedge dt,$$

dans laquelle m désigne une mesure de masse, F une mesure de force, $\int$ le symbole d'intégration de Radon. Dans le cas d'un système matériel holonome dont l'évolution peut être décrite au moyen de n coordonnées généralisées q^i,

---

(*) Séance du 12 mai 1952.

(1) *Systèmes différentiels extérieurs*, Paris, Hermann, 1945, p. 16 et 28.

(2) *Cf.* pour les notations Bourbaki, *Algèbre multilinéaire*, Paris, Hermann, 1948, n° 1044.

$\dot{q}^i = dq^i/dt$, la puissance ([3]) des forces extérieures étant $Q_i\dot{q}^i$, la force vive absolue étant $2T = g_{ih}\dot{q}^i\dot{q}^h$ et d désignant le symbole de la dérivation extérieure, Ω a pour expression

$$\Omega = d(g_{hi}\dot{q}^h\, dq^i - T\, dt) + Q_i\, dq^i \wedge dt,$$

plus généralement en utilisant un système de $2n$ formes de Pfaff ω^α construites sur les différentielles des paramètres de position q^i et de vitesse ρ^α

$$\Omega = k_{\alpha\beta}\omega^\alpha \wedge \omega^\beta - b_{\alpha 0}\omega^\alpha \wedge dt,$$

$k_{\alpha\beta}$, $b_{\alpha 0}$ désignant des tenseurs antisymétriques fonctions de q^i, ρ^α, t.

Théorème III. — *Les équations différentielles du mouvement sont les équations associées à Ω au sens de Cartan.*

Définition générale d'une liaison non holonome. — Nous dirons qu'un système S du type précédent est astreint à une liaison lorsqu'on se donne *a priori* :

a. la relation $a(q^i, \dot{q}^i, t) = 0$;

b. la puissance P des forces mises en jeux pour réaliser cette liaison $P = L_i\dot{q}^i$ les L_i étant des fonctions de q^i, $\dot{q}^i$, t déterminées à un facteur de proportionnalité près $\lambda : L_i = \lambda l_i$ (λ inconnu) ou bien toutes connues à l'exception de l'une d'elles. On voit ainsi que les liaisons du type envisagé comprennent, en particulier, le cas des systèmes de solides soumis à des contacts avec frottement de glissement, avec résistance au roulement, au pivotement, à des liaisons par asservissement, à des liaisons non holonomes au sens classique du terme ([4]).

Compatibilité de p liaisons $a^h(q^i, \dot{q}^i, t) = 0$; $P = \lambda_h l_i^h \dot{q}^i$ (h variant de 1 à p). — Nous dirons que p liaisons sont compatibles si les matrices $A = \| g^{ij}(\partial a^h/\partial \dot{q}^j) \|$. $L = \| l_i^h \|$ sont de rang p et si $\det |A . L| \neq 0$, ce qui signifie au point de vue mécanique que les forces de liaisons ne sont ni infinies, ni indéterminées.

Forme Ω réduite. — Effectuons le changement de formes possible d'après la compatibilité

$$l_i^h\, dq^i = \pi^h, \qquad \frac{\partial a^h}{\partial \dot{q}^i} d\dot{q}^i + \frac{\partial a^h}{dq^i} dq^i + \frac{\partial a^h}{\partial t} = \sigma^h.$$

Soit Ω_r ce que devient Ω quand on y fait $\sigma^h = 0$.

([3]) *Cf.* M. Brelot, *Les principes mathématiques de la Mécanique classique*, Grenoble, Arthaud, p. 16.

([4]) A ce point de vue une sphère solide de rayon a en contact avec un plan sur lequel elle roule sans glisser est astreinte à trois liaisons du type précédent

$$z = a, \quad P_1 = N\dot{z}; \quad x - aq = 0, \quad P_2 = X(\dot{x} - aq); \quad y + ap = 0, \quad P_3 = Y(\dot{y} + ap).$$

Au contraire, dans l'hypothèse du glissement en l'absence de résistance au roulement, elle n'est soumise qu'à une liaison

$$z = a, \qquad P = N\left[\dot{z} - f\sqrt{(\dot{x} - aq)^2 + (\dot{y} + ap)^2}\right].$$

THÉORÈME IV. — *Les équations du mouvement d'un système paramétrique astreint à p liaisons compatibles et les facteurs λ_n s'obtiennent en adjoignant aux équations associées à Ω_r : d'une part, les p équations $dq^i - \dot{q}^i\, dt = 0$, d'autre part, les p relations $l_i^h\, dq^i = \pi^h$, les $\dot{q}^i$ étant calculés au moyen des p liaisons $a^h = 0$.*

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur le calcul analogique des surfaces portantes.* Note (*) de M. **René Duquenne**, présentée par M. Joseph Pérès.

L'application de l'analogie électrique à l'étude d'une aile (lorsqu'on adopte le schéma de la surface portante, indispensable pour le cas d'ailes en flèche ou d'ailes de faible allongement) a été développée dans un Mémoire récent ([1]). Nous présentons ici une modification de la méthode qui concerne le cas où la surface portante est plane (l'angle d'attaque géométrique est le même en tout point à cette surface); c'est un cas particulier important puisque, pour une aile quelconque, il donne l'effet d'incidence et la méthode donnée ci-après présente des avantages de rapidité et de simplicité dans la réalisation du modèle.

Le principe consiste à représenter dans le bassin électrique profond (dont la surface libre est le plan xOy de l'aire portante), non pas comme dans le mémoire cité, le potentiel de perturbation $\Phi(x, y, z)$, mais un potentiel $\Phi_1 = \Phi + U\alpha z$ l'angle d'attaque étant α et U étant la vitesse générale du courant qui investit l'aile (U parallèle à Ox).

Dans ces conditions Φ_1 est, de même que Φ, nul dans la région A du plan xOy extérieure à l'aire portante S et à son sillage Σ. Le bassin sera donc alimenté par deux électrodes dont l'une couvre le fond et l'autre l'aire A. Rien n'est changé à la réalisation matérielle du sillage par électrodes formant des bandes parallèles à Ox. Par contre, sur l'aire S la dérivée normale $\partial\Phi_1/\partial z$ est nulle, de sorte que cette aire S doit être isolante et la surface de l'eau n'y sera pas recouverte d'électrodes. On évite donc la réalisation et le réglage d'électrodes couvrant S. Le seul réglage concerne la continuité de Φ_1 au bord de fuite. De plus, l'aire S restant libre, on peut utiliser tous les modes de relevés mis au point au Laboratoire d'Analogies électriques [valeurs de Φ_1, d'où les lignes tourbillon sur S; relevé direct des pressions à la bisonde; tracé automatique des lignes de courant ([2])].

La précision de la méthode a été vérifiée sur les cas de l'aile circulaire, d'une aile en Δ, enfin d'une aile rectangulaire. Le tableau ci-contre confronte

---

(*) Séance du 12 mai 1952.

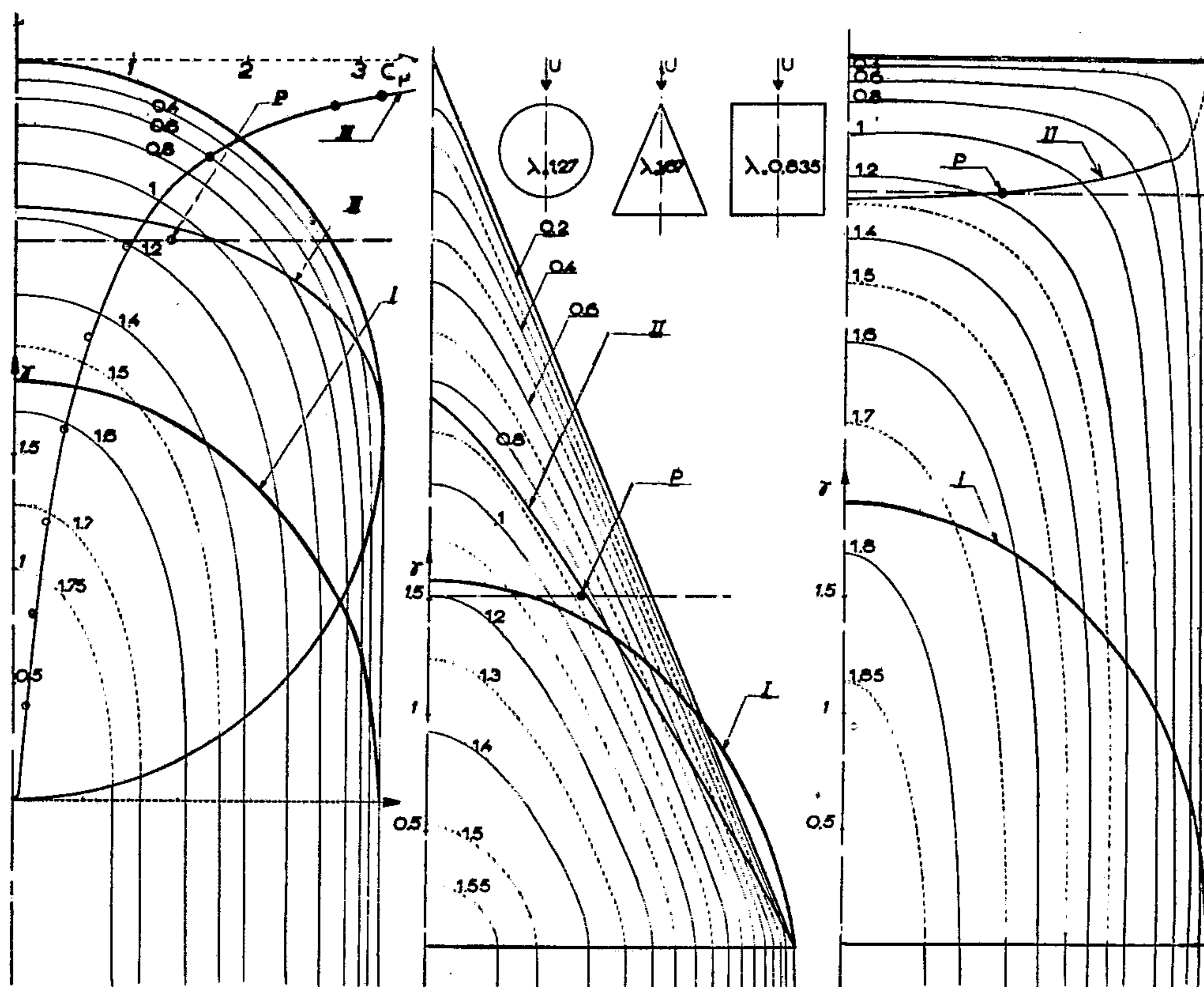
([1]) L. MALAVARD et R. DUQUENNE, *Étude des surfaces portantes par analogie rhéoélectriques* (*La recherche Aéronautique*, n° 23).

([2]) J. MIROUX, *Mesure des gradients à la bi-sonde* (*Rapport Onera* 2/769 A, juin 1949); J. MARVAUD, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 45.

les résultats du bassin ou de calculs pour la pente de portance totale $dC_z/d\alpha$ et pour x_p, abscisse du centre de poussée en pour-cent de la corde centrale.

	Circulaire.		Delta.		Rectangulaire.	
Aile.	Analogie.	Kinner.	Analogie.	Berndt.	Analogie.	Falkner.
$\frac{dC_z}{d\alpha}$	1,82	1,80	2,02	1,97	1,25	1,27
x_p	24,2	24	60,4	60,6	15,3	13,3

La figure donne les résultats du bassin. Courbes I, répartitions de charge en envergure (sensiblement elliptiques); courbes II, le lieu des centres de



poussée des diverses sections. Enfin, dans le cas circulaire, nous avons donné, à titre de comparaison, la courbe III des coefficients de pressions

$$C_p = \frac{\Delta p}{\frac{1}{2}\rho V^2}$$

calculés par la méthode de Kinner dans la section médiane et les points obtenus par dérivation graphique des potentiels mesurés au bassin. Dans chaque cas nous avons représenté les lignes tourbillon $\gamma = \text{const.}$ obtenues au bassin.

Ces résultats du bassin électrique ont l'intérêt de permettre d'apprécier la validité de la théorie approchée de Jones ([3]). Les lignes tourbillon sont caractéristiques à ce point de vue : dans la théorie de Jones ces lignes seraient des droites y constant à partir du maître couple maximum et respectivement des arcs de cercles concentriques et des hyperboles dans les deux premiers cas; le lecteur appréciera les différences d'après les figures. Dans le dernier cas (aile rectangulaire) les lignes obtenues au bassin se concentrent au bord d'attaque, où elles devraient se confondre d'après la théorie de Jones.

On voit que la théorie de Jones peut être satisfaisante pour des ailes très effilées et de faibles allongements. Dans les autres cas la méthode d'analogie électrique, soit sous la forme précédente, soit sous la forme indiquée dans notre référence ([1]), donne rapidement des résultats précis. Elle est actuellement utilisée couramment dans notre Laboratoire, pour des calculs systématiques.

HYDRAULIQUE. — *Sur une propriété des veines liquides horizontales en canal uniforme.* Note (*) de M. **Étienne Crausse**, transmise par M. Charles Camichel.

Possibilité d'écoulements conjugués tels que l'énergie spécifique réduite de l'un égale l'impulsion totale réduite de l'autre, et réciproquement. Interprétation graphique.

En canal uniforme rectangulaire sensiblement horizontal, considérons une section droite traversée par une veine liquide horizontale de hauteur a, s'appuyant sur le fond et occupant toute la largeur du canal, cette veine pouvant être surmontée d'un rouleau dont la surface libre est à la distance na au-dessus du fond. Une Note précédente ([1]) a donné, dans ces conditions et sous certaines hypothèses, les valeurs réduites de l'énergie spécifique E et de l'impulsion totale F du courant dans l'ensemble de la section

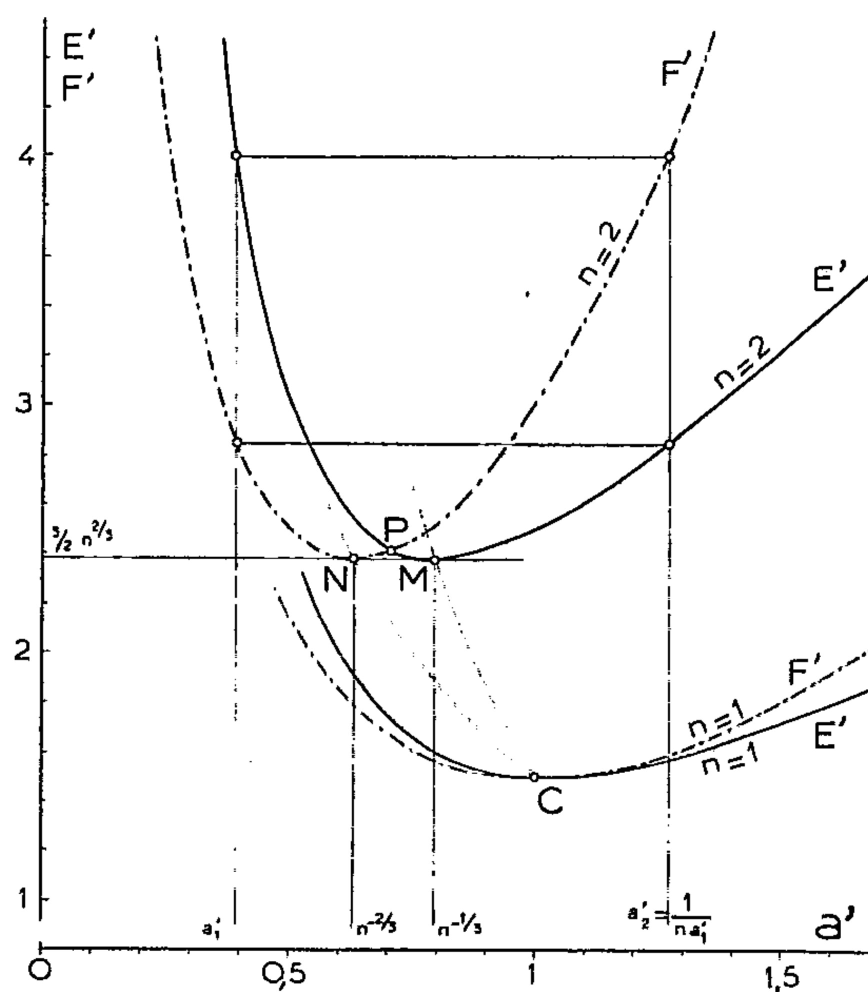
$$E' = \frac{1}{2a'^2} + na', \qquad F' = \frac{1}{a'} + \frac{n^2 a'^2}{2},$$

n étant supérieur ou égal à 1 selon que la veine est noyée ou dénoyée.

On voit que E′ se transforme en F′, et réciproquement, si l'on remplace a' par $1/na'$, ce qui montre qu'à chaque veine de hauteur réduite a'_1 correspond une veine conjuguée de hauteur réduite $a'_2 = 1/na'_1$, ces épaisseurs étant telles que l'énergie spécifique réduite concernant la totalité de la section de l'un des écoulements égale l'impulsion totale réduite de l'autre, et réciproquement.

([3]) *N. A. C. A.*, Report 835, 1946.

Terme à terme, ceci traduit l'égalité numérique des valeurs réduites de l'énergie de pression et de la quantité de mouvement d'une part, de l'énergie cinétique et de la résultante des pressions statiques, d'autre part.



Si l'on considère les courbes E', F', tracées en fonction de a' pour une valeur donnée de n, une telle propriété s'exprime graphiquement par la possibilité de tracer un rectangle de côtés parallèles aux axes de coordonnées, ayant ses sommets sur les courbes (figure). On voit que la plus petite des valeurs conjuguées de a' correspond nécessairement à une veine torrentielle. Lorsque $a'_1 = a'_2 = n^{-\frac{1}{2}}$ (point P), le rectangle se réduit à un point et les écoulements conjugués se confondent.

Pour chaque valeur de n, les minimums M et N des courbes ont même ordonnée. Si la veine est dénoyée ($n = 1$), ils coïncident en C (1, ... 1,5), et les conclusions ci-dessus retrouvent une propriété connue, que cette Note étend ainsi au cas plus général de la veine noyée.

(*) Séance du 19 mai 1952.

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1126.

ASTROPHYSIQUE. — *Étude spectrale d'étoiles de Wolf-Rayet dans le proche infrarouge.* Note (*) de Mme **Yvette Andrillat**, présentée par M. André Danjon.

L'étude dans le proche infrarouge des spectres de 10 étoiles de Wolf-Rayet appartenant à la séquence du carbone et à la séquence de l'azote, permet d'identifier de nombreuses raies d'émission. La présence certaine de N II dans les WC, celle du carbone et de l'oxygène dans les WN, montrent une fois de plus la nécessité de réviser la classification générale de ces étoiles.

Les spectres des étoiles de Wolf-Rayet sont encore mal connus dans le proche infrarouge. Dans cette région, Swings et Jose (1) ont étudié qualitativement, au moyen d'un spectrographe à réseau, les étoiles HD 184738, HD 164270, HD 168206, HD 192103, de la séquence du carbone (WC) et HD 151932, HD 192163, HD 193077, de la séquence de l'azote (WN). Je me suis proposé d'effectuer des mesures quantitatives sur un certain nombre d'étoiles de ces deux séquences et, à cet effet, j'ai photographié les spectres de quatre étoiles de WC (HD 192641, HD 168206, HD 192103, HD 193793) et de six étoiles WN (HD 214419, HD 193576, HD 192163, HD 193077, HD 190918, HD 211853), au moyen du spectrographe à un prisme monté sur le télescope de 120 cm de l'Observatoire de Haute-Provence. J'ai utilisé les plaques Eastman IN, préalablement hypersensibilisées à l'ammoniaque. Chaque spectre a été photographié en général plusieurs fois, avec des temps de pose différents. On juxtapose au spectre stellaire ceux de l'argon, du néon et du mercure et l'étalonnage photométrique est réalisé à l'aide d'une étoile de comparaison de gradient connu et des plages dégradées du photomètre à pénombre (raies du xénon et de l'hélium).

Cette Note a pour objet de faire connaître les résultats généraux de l'étude qualitative des spectres. Malgré la faible dispersion du spectrographe (500 Å/mm à 7 500 Å, 700 Å/mm à 8 500 Å), les clichés permettent de faire de bonnes mesures de longueurs d'onde, grâce à la largeur exceptionnelle des raies d'émission, et d'identifier sûrement un grand nombre de raies.

Les spectres des étoiles WC et WN présentent des aspects bien différents : les raies des WC sont larges, distinctes, nombreuses, celles des WN sont plus rares, moins empâtées et beaucoup d'entre elles se détachent mal du fond continu. Le tracé de celui-ci est rendu difficile par la présence de fortes absorptions telluriques qui masquent en particulier le spectre continu de Paschen prolongeant au-dessous de 8 204 Å les raies de la série, bien visibles en émission.

(*) Séance du 19 mai 1952.

(1) *Astrophys. J.*, 111, n° 3, 1950, p. 513.

Les accidents rencontrés sur es contours des raies suggèrent une structure dissymétrique particulière, mais les mesures conduisent à identifier ces accidents à des raies plus faibles, mal venues et mal séparées de raies plus importantes.

Parmi les caractères communs aux étoiles WC et WN, il faut noter la variation des décalages (longueurs d'onde mesurées moins longueurs d'onde théoriques) qui, pour un même élément, croissent avec le degré d'ionisation.

Caractères propres aux étoiles WC. — La présence de la série de Paschen et des raies de He I et de He II est évidente. Toutes les raies du carbone C I, C II, C III, C IV apparaissent ainsi que celles de O I, O II, O III, O IV, O V, faits déjà bien connus. De plus, la présence de N II est assurée. Les raies de N II dans la région étudiée sont intenses et leur identification ne prête à aucune confusion. Sans avoir encore effectué les mesures photométriques, on peut néanmoins affirmer que les intensités de ces raies varient d'une étoile à l'autre.

Caractères propres aux étoiles WN. — J'ai observé les raies de la série de Paschen et celles de He I et de He II comme dans les étoiles WC. Le spectre de l'azote est complet : N I, N II, N III, N IV, N V. Les raies de l'oxygène (O I, O II, O III, O IV, O V) confirment une suggestion déjà donnée à titre provisoire ([2]). En effet la présence de l'oxygène déjà fortement soupçonnée n'avait pu être nettement affirmée lors de l'étude de la région s'étendant au-dessous de 6 000 Å, car la plupart des raies étaient « blend » avec les éléments prépondérants de l'azote. Ici également, de très nombreuses raies de l'oxygène sont « blend » avec celles de l'azote et du carbone, mais beaucoup d'autres s'identifient sans ambiguïté et permettent d'affirmer la présence de cet élément à tous ses degrés d'ionisation dans les étoiles WN.

Une assez forte émission vers 8 240 Å a été signalée par Swings et Jose ([1]) sans recevoir d'identification. Je l'ai observée sur la plupart des enregistrements et parfois la raie est très intense. L'identification avec He II, 8236, 77 Å, paraît satisfaisante. Cette raie de He II appartient en effet à un multiplet, dont la plus forte raie se trouve hors du domaine spectral étudié, mais dont les autres apparaissent avec certitude sur les enregistrements. Par ailleurs, dans les étoiles WN, les raies de He II situées au-dessous de 5 000 Å sont extraordinairement intenses.

De même que la présence de l'azote a été signalée dans les WC, de même la présence du carbone a été signalée dans les WN; j'ai identifié avec certitude de nombreuses raies de cet élément à ses différents degrés d'ionisation,

L'étude des spectres infrarouges des étoiles de Wolf-Rayet, atténue donc la distinction catégorique que l'on établissait autrefois entre les étoiles WC et WN. J'ai observé avec certitude dans les étoiles WC les raies de N II

([2]) Mme Herman, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 579.

seulement, tandis que dans les étoiles WN les raies du carbone apparaissent aux degrés d'ionisation CI, CII, CIII, CIV. Ce résultat, entre autres, montre qu'une révision complète de la classification de ces étoiles s'impose. Pour mener à bien une telle tâche, une étude photométrique est indispensable. Cette étude est possible avec les clichés dont je dispose et fera l'objet d'un travail ultérieur.

ASTROPHYSIQUE. — *Identification probable des raies interdites infrarouges de l'atome neutre d'azote dans le spectre du Soleil.* Note de M. **Junior Gauzit**, présentée par M. André Danjon.

1. Puisque Bowen (1), puis Cabannes et Dufay (2) ont reconnu que les raies interdites vertes et rouges de OI sont présentes, en absorption, dans le spectre du Soleil, il est évident que l'on doit trouver d'autres radiations interdites parmi les raies de Fraunhofer. J'ai examiné le cas des raies infrarouges $^2D_{3/2,5/2}\,^2P_{1/2,3/2}$ de NI, pour lesquelles on prévoit une intensité nettement plus grande que celle des raies de OI.

2. La raison pour laquelle ces raies n'ont pas été encore identifiées est que leurs longueurs d'onde sont mal connues. En effet, on admet jusqu'ici pour les énergies des premiers niveaux de NI les valeurs qui résultent des mesures déjà anciennes d'Ekefors (3) sur les multiplets ultraviolets de cet atome. D'après une communication privée du professeur Edlèn, une étude plus récente de ces multiplets conduit à adopter pour ces énergies les valeurs suivantes, légèrement différentes de celles que l'on trouve dans les tables : niveau $^4S_{3/2}$: 0; niveau $^2D_{5/2}$: 19224,8 cm^{-1}; niveau $^2D_{3/2}$: 19233,7 cm^{-1}; niveaux $^2P_{1/2,3/2}$: 28839,8 cm^{-1}.

On déduit de ces nombres les longueurs d'onde 10397,6 Å pour la raie $^2D_{5/2}\,^2P_{1/2,3/2}$ et 10407,1 Å pour la raie $^2D_{3/2}\,^2P_{1/2,3/2}$. Or le tableau du spectre solaire dans le proche infrarouge, publié par Babcock et Miss Moore (4), signale précisément une raie λ 10397,57 Å, d'intensité — 2, une λ 10406,98 Å, d'intensité 2, et il n'y en a pas d'autres entre λ 10396,81 Å, attribuée à Ti I, et λ 10414,89 Å, d'origine inconnue. L'accord est aussi satisfaisant qu'on peut l'espérer et ne laisse guère place au doute.

3. On est évidemment surpris par la différence notable des intensités attribuées aux deux raies dans le tableau de Babcock et Miss Moore, tandis que l'on s'attend à leur trouver des intensités comparables. Mais l'estimation est

---

(1) *Public. Astron. Soc. of the Pacific*, 60, 1948, p. 16; *Rev. Modern Phys.*, 20, 1948, p. 109.

(2) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1569.

(3) *Z. Physik*, 63, 1930, p. 437.

(4) *Carnegie Institution of Washington*, Publication 579, 1947.

trés malaisée pour λ 10397,57 Å, à cause de la présence des raies voisines λ 10396,81 Å (intensité 2), λ 10396,41 Å (intensité —2) et λ 10395,795 Å (intensité 4). C'est ce que confirme notamment l'examen de l'Atlas photométrique du spectre solaire dans le proche infrarouge, publié par l'Observatoire Mc Math Hulbert.

Sur cet Atlas, la courbe représentant la région spectrale intéressante se trouve tracée deux fois. Bien que les deux tracés présentent de légères différences, il apparaît que les deux raies étudiées sont vraisemblablement dédoublées. Une mesure, faite d'après le tracé portant le n° 25 (pour lequel les deux composantes ont, selon les prévisions, des intensités sensiblement égales), donne une séparation de 0,15 Å environ entre les deux pointes de la raie λ 10406,98 Å. Selon l'identification proposée, cette séparation correspondrait à un intervalle de 0,14 cm^{-1} entre les énergies des niveaux $^2P_{3/2}$ et $^2P_{1/2}$ de NI.

4. Admettant qu'il s'agit bien des raies interdites de NI, j'ai évalué, d'après l'Atlas photométrique cité plus haut, la largeur équivalente de la raie λ 10406,98 Å, dans le but d'en déduire l'abondance des atomes d'azote dans l'atmosphère solaire. La largeur équivalente trouvée est de 0,09 Å; en adoptant les probabilités de transition calculées par Pasternack ([5]), j'obtiens pour le nombre d'atomes d'azote, portés au niveau ^2D, et situés dans une colonne de 1 cm^2 de base au-dessus de la photosphère, vers le centre du disque solaire, la valeur 4.10^{19}. Si l'on suppose que la température d'excitation est de 5000°K, le nombre d'atomes d'azote correspondant au niveau normal est 100 fois plus grand, soit 4.10^{21} cm^{-2}.

Malgré sa faible précision, cette évaluation surprend, car elle correspond à une abondance nettement plus forte que celle admise jusqu'ici. Mais il convient de remarquer que, comme l'a noté Minnaert ([6]), la détermination des sections de choc fait prévoir pour le rapport des nombres d'atomes N/C un nombre 10 fois plus grand environ que celui généralement adopté d'après l'analyse quantitative de l'atmosphère solaire.

GÉODÉSIE DYNAMIQUE. — *Expressions des composantes de la déviation absolue de la verticale sur le cogéoïde.* Note de M. **Lucien Bragard**, présentée par M. Jean Chazy.

1. Dans une Note récente ([1]) nous avons démontré que, *dans le cas de noncoïncidence des centres de gravité*, la figure du cogéoïde est déterminée à partir

([5]) *Astrophysic. J.*, 92, 1940, p. 129.
([6]) *International Astronomical Union*, Draft Reports, 1952, p. 53.

([1]) *Bull. de la Soc. Roy. des Sc. de Liège*, n° 5, 1952.

de la figure de référence par l'expression rigoureuse

$$(1)\quad \Delta r(\mathrm{P}) = \frac{a_m}{\mathrm{G}_m \mathrm{S}} \int_{\mathrm{S}} f_2(\psi)\, \Delta g(\mathrm{M})\, d\mathrm{S}$$
$$+ \frac{a_m}{\mathrm{G}_m \mathrm{S}^2} \int_{\mathrm{S}} \left[k^{(1)}(\mathrm{P}, \mathrm{M}) + \frac{1}{4\pi} k^{(2)}(\mathrm{P}, \mathrm{M}) + \ldots + \frac{1}{(4\pi)^{i-1}} k^{(i)}(\mathrm{P}, \mathrm{M}) + \ldots \right]$$
$$\times d\mathrm{S} \int_{\mathrm{S}} f_2(\psi_2)\, \Delta g(\mathrm{M}_1)\, d\mathrm{S}_1,$$

avec

$$(2)\quad \begin{cases} k^{(i)}(\mathrm{P}, \mathrm{M}) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2n+1}{n^i} \mathrm{P}_n(\cos\psi) \qquad (i > 0), \\ f_2(\psi) \equiv k^{(1)}(\mathrm{P}, \mathrm{M}) = \frac{1}{\sin\frac{\psi}{2}} - 2 - \log\left\{ \sin\frac{\psi}{2}\left(1 + \sin\frac{\psi}{2}\right)\right\}, \\ d\mathrm{S}_1 = a_m^2 \sin\psi_1\, d\psi_1\, d\chi_1, \qquad d\mathrm{S} = a_m^2 \sin\psi\, d\psi\, d\chi, \\ \cos\psi_2 = \cos\psi_1 \cos\psi + \sin\psi_1 \sin\psi \cos(\chi_1 - \chi), \end{cases}$$

S étant la surface de la sphère de rayon a_m, G_m la gravité moyenne et ψ_2 la colatitude de M_1 comptée à partir de M pris comme pôle. Dans le cas où les centres de gravité coïncident, rappelons que la figure du cogéoïde est déterminée par la formule classique de Stokes.

Pour les besoins de la pratique on pourra se borner à ne considérer que le premier terme de la série du second membre de (1), et l'on utilisera la formule suffisamment approchée

$$(3)\quad \Delta r(\mathrm{P}) = \frac{a_m}{\mathrm{G}_m \mathrm{S}} \int_{\mathrm{S}} f_2(\psi)\, \Delta g(\mathrm{M})\, d\mathrm{S} + \frac{a_m}{\mathrm{G}_m \mathrm{S}^2} \int_{\mathrm{S}} f_2(\psi)\, d\mathrm{S} \int_{\mathrm{S}} f_2(\psi_2)\, \Delta g(\mathrm{M}_1)\, d\mathrm{S}_1.$$

2. De (1), on déduira les expressions *rigoureuses* des composantes Nord-Sud et Est-Ouest de la déviation de la verticale, soit

$$\begin{Bmatrix} \eta \\ \xi \end{Bmatrix} = - \frac{1}{\mathrm{G}_m \mathrm{S}} \int_{\mathrm{S}} \frac{df_2}{d\psi} \Delta g(\mathrm{M}) \begin{Bmatrix} \cos\chi \\ \sin\chi \end{Bmatrix} d\mathrm{S}$$
$$- \frac{1}{\mathrm{G}_m \mathrm{S}^2} \int_{\mathrm{S}} \left[\frac{dk^{(1)}}{d\psi} + \frac{1}{4\pi} \frac{dk^{(2)}}{d\psi} + \ldots + \frac{1}{(4\pi)^{i-1}} \frac{dk^{(i)}}{d\psi} + \ldots \right]$$
$$\times \begin{Bmatrix} \cos\chi \\ \sin\chi \end{Bmatrix} d\mathrm{S} \int_{\mathrm{S}} f_2(\psi_2)\, \Delta g(\mathrm{M}_1)\, d\mathrm{S}_1.$$

De (3), on déduira de même les expressions *pratiques* de ces composantes en secondes d'arc, soient

$$(4)\quad \begin{Bmatrix} \eta \\ \xi \end{Bmatrix} = - \frac{\operatorname{cosec} 1''}{\mathrm{G}_m \mathrm{S}} \int_{\mathrm{S}} \frac{df_2}{d\psi} \Delta g \begin{Bmatrix} \cos\chi \\ \sin\chi \end{Bmatrix} d\mathrm{S}$$
$$- \frac{\operatorname{cosec} 1''}{\mathrm{G}_m \mathrm{S}^2} \int_{\mathrm{S}} \frac{df_2}{d\psi} \begin{Bmatrix} \cos\chi \\ \sin\chi \end{Bmatrix} d\mathrm{S} \int_{\mathrm{S}} f_2(\psi_2)\, \Delta g(\mathrm{M}_1)\, d\mathrm{S}_1.$$

On trouve aisément en différentiant (2)

$$\sin\psi\frac{df_2}{d\psi}=-\cos^2\frac{\psi}{2}\left[\frac{1}{\sin\frac{\psi}{2}}+2-\frac{1}{1+\sin\frac{\psi}{2}}\right]. \tag{5}$$

Pour de petites valeurs de ψ, la formule (5) se réduit à la formule *approchée*

$$\sin\psi\frac{df_2}{d\psi}=-\frac{1}{\sin\frac{\psi}{2}}-1.$$

Pour exprimer $\sin(\psi/2)$ en degrés, posons

$$\sin\frac{\psi}{2}=\frac{\psi}{2}\sin 1^\circ=\frac{\psi}{2}\times 0{,}0174524.$$

Alors,

$$\sin\psi\frac{df_2}{d\psi}=-\frac{114{,}6}{\psi^\circ}-1.$$

Cette dernière formule est valable à 2 % près, jusqu'à $\psi=15^\circ$.

3. *Au voisinage immédiat de la station* P, on utilisera de préférence à (4) les expressions suivantes obtenues par un procédé connu ([2])

$$\begin{Bmatrix}D_N\\D_E\end{Bmatrix}=-\frac{\operatorname{cosec}1''}{G_m S}a_m\int_S\begin{Bmatrix}\dfrac{\partial\Delta g}{\partial x}\\\dfrac{\partial\Delta g}{\partial y}\end{Bmatrix}f_2\cos\psi\,dS-\frac{\operatorname{cosec}1''}{G_m S^2}a_m\int_S\begin{Bmatrix}\dfrac{\partial\Phi}{\partial x}\\\dfrac{\partial\Phi}{\partial y}\end{Bmatrix}f_2\cos\psi\,dS,$$

avec

$$\Phi(M)=\int_S\Delta g(M_1)f_2(\psi_2)\,dS_1.$$

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur le potentiel de Liénard-Wiechert attaché à une ligne d'univers.* Note de M. **Marcel Riesz**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans l'espace-temps, muni de la métrique $ds^2=(dz,dz)=g_{ik}dz^i dz^k$ avec $g_{00}=1$, $g_{11}=g_{22}=g_{33}=-1$, $g_{ik}=0$ pour $i\neq k$, nous considérons une ligne d'univers L, décrite par une particule de charge unité, représentée par un point matériel $z=(z^i)$. Soit x un point de l'espace-temps qui n'est pas situé sur L et formons le potentiel vecteur ([1]) retardé d'ordre α

$$A^\alpha(x)=\frac{1}{H(\alpha)}\int_{L^x}r_{xz}^{\alpha-4}\,dz, \tag{1}$$

([2]) P. Lejay, *Développements modernes de la gravimétrie*, Paris, Gauthier-Villars, 1947, p. 165-168.

([1]) Pour tous les détails, nous renvoyons à notre Mémoire : *L'intégrale de Riemann-Liouville et le problème de Cauchy* (*Acta Math.* **81**, 1949, p. 3-223).

où $H(\alpha) = 2^{\alpha-1}\pi\Gamma(\alpha/2)\Gamma((\alpha-2)/2)$, L^x est la partie de L intérieure au cône de lumière rétrograde de sommet x, r_{xz} est la distance lorentzienne des points x et z, le vecteur dz est le déplacement infinitésimal du point z sur L. On a

$$r_{xz}^2 = R_{xz} = (z-x,\ z-x).$$

L'intégrale ne converge que pour les indices $2 < \alpha < 3$, mais nous allons l'étendre par *prolongement analytique* aux indices $2 < \alpha < 5$. Pour $\alpha = 2$, on obtient par un passage à la limite *le potentiel de Liénard-Wiechert*, qui dans les notations de notre Mémoire cité (*cf.* p. 153) s'écrit

$$A(x) = A^2(x) = -\frac{1}{2\pi}\left(\frac{\partial z}{\partial R}\right)_{(R=0)}.$$

Dans le même Mémoire nous donnons également *la nouvelle expression*

$$(2)\qquad A(x) = \frac{1}{8\pi}\Box_x z_{\text{ret}} = \frac{1}{8\pi}\Box_x(z_{\text{ret}} - x),$$

où $\Box_x = g^{ik}\partial^2/\partial x^i \partial x^k$, et z_{ret} est le point d'intersection de la ligne L et du cône rétrograde de sommet x.

Après avoir déduit cette expression par un calcul explicite assez laborieux, nous avons indiqué une voie plus intuitive se rattachant à l'ordre d'idées du prolongement analytique de A^α par rapport à l'indice α et à la relation fondamentale $\Box A^{\alpha+2} = A^\alpha$. En effet, il ressort de cette dernière relation que $A(x) = A^2(x) = \Box A^4(x)$. Or par une considération de caractère formel on obtient $8\pi A^4(x) = \int_{L^x} dz$, ce qui à un vecteur constant près (relatif au point initial $-\infty$) est égal à z_{ret}. Ceci fournirait sur le champ la formule (2). Dès lors, le problème se pose de rendre cette méthode rigoureuse en calculant A^4 par prolongement analytique.

L'arc s étant compté à partir d'un point arbitraire de L, supposons que cette ligne admet une asymptote pour $s = -\infty$, avec une approximation telle qu'on a, avec des vecteurs constants B, C, D, $z = Bs + C + Ds^{-1} + o(s^{-2})$, $dz/ds = B - Ds^{-2} + o(s^{-3})$, $d^2z/ds^2 = 2Ds^{-3} + o(s^{-4})$. On en déduit, pour un point fixé x, des formules analogues, avec $r = r_{xz}$ au lieu de s. Dès lors, au moyen d'une intégration par parties on obtient, d'abord pour $2 < \alpha < 3$,

$$A^\alpha(x) = \frac{1}{H(\alpha)}\int_{L^x} r^{\alpha-4}\frac{dz}{dr}\,dr = -\frac{1}{H(\alpha)(\alpha-3)}\int_{L^x} r^{\alpha-3}\frac{d^2z}{dr^2}\,dr,$$

les termes tout intégrés étant nuls. En particulier celui relatif au point z_{ret} est nul, puisque $dz/dr = 2r\,dz/dR = 0$ et que dz/dR est fini. La dernière intégrale, qui converge pour $2 < \alpha < 5$, fournit, par prolongement analytique, $A^\alpha(x)$ pour toutes ces valeurs de α. Dès lors, pour $\alpha = 4$, l'intégrale divergente $\int_{L^x} dz/8\pi$ peut être remplacée par

$$A^4(x) = -\frac{1}{8\pi}\int_{L^x} r\frac{d^2z}{dr^2}\,dr.$$

Nous allons montrer que cette expression peut se mettre sous la forme

$$A^4(x) = \frac{1}{8\pi}(z_{ret} - b), \tag{3}$$

où le point b est la projection orthogonale du point x sur l'asymptote.

On obtient d'abord au moyen d'une intégration par parties

$$\int_z^{z_{ret}} r\frac{d^2 z}{dr^2}\,dr = z - r\frac{dz}{dr} - z_{ret}.$$

En posant ensuite $b_z = z - r(dz/dr)$, on constate que b_z est situé sur la tangente à L en z. D'autre part

$$(x - z, x - b_z) = \left(x - z, x - z + r\frac{dz}{dr}\right)$$
$$= r^2 - r\left(x - z, \frac{d(x - z)}{dr}\right) = r^2 - \frac{r}{2}\frac{d(r^2)}{dr} = 0.$$

Par conséquent $x - b_z$ est orthogonal à $x - z$. En faisant tendre z vers $-\infty$ et en désignant $\lim b_z$ par b, on voit que ce dernier point n'est que la projection orthogonale de x sur l'asymptote, comme nous l'avons dit tout à l'heure. Ainsi la formule (3) se trouve vérifiée. La tangente unitaire au point $-\infty$ étant désignée, comme plus haut, par B, on aura $b = (B, x)B + E$, E étant un vecteur constant. On en tire $\square_x b = 0$. Dès lors, (2) résulte de (3) par la relation de caractère général (*cf.* plus haut) $A(x) = A^2(x) = \square_x A^4(x)$. On a aussi $\text{rot}_x b = 0$, ce qui met en évidence que le bivecteur $G = \text{rot}_x(z_{ret} - x)$ figurant dans notre Mémoire (p. 158) est, à un facteur constant près, égal à $\text{rot}_x A^4(x)$. Ajoutons que $\text{div}_x z_{ret} = \text{div}_x b = 1$ et, par suite, $\text{div}_x(z_{ret} - b) = 0$.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Les représentations du groupe des rotations et des retournements. Applications de la conservation de la parité en mécanique quantique* [1]. II. *Annihilation d'une particule et d'une antiparticule de Dirac.* Note de M. **Louis Michel**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le groupe R des rotations d'un espace euclidien à trois dimensions n'est pas simplement connexe; son revêtement universel $\mathcal{R}$ simplement connexe est holomorphe à R; à l'unité $1 \in R$ correspond $(1 + \omega)$, sous-groupe distingué de $\mathcal{R}$; ω est la rotation de 2π autour d'un axe. Toutes les représentations irréductibles, donc univalentes, de $\mathcal{R}$ sont connues; pour tout rang $n = 2J + 1$ il en existe une seule notée D_J; leur produit se décompose ainsi :

$$D_{J'} . D_{J''} = \Sigma_J D_J, \quad \text{avec} \quad |J' - J''| \leqq J \leqq J' + J''. \tag{1}$$

[1] L. Michel, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 703.

Ces représentations sont isomorphes à $\mathcal{R}$ pour $2J+1$ pair et sont donc bivalentes pour R; elles sont isomorphes à $\mathcal{R}/(1+\omega)$, donc isomorphes à R pour $2J+1$ impair, $J \neq 0$.

Soit P le groupe des rotations et retournements dans E; si S est la symétrie par rapport à l'origine ($S^2=1$), on a $P=(1+S)\times R$, $\times$ indiquant le produit direct de deux groupes. Toutes les représentations de P ne sont pas données par le produit direct de celles de $1+S$ et de R. En effet l'ensemble des éléments $\mathcal{R}+S\mathcal{R}$ peut former plusieurs groupes $\mathfrak{P}$ (à deux nappes chacune simplement connexe) homomorphes à P et à R. Cet homomorphisme donne deux sous-groupes distingués de $\mathfrak{P}$: $1+\omega$ et $p=1+\omega+s+s\omega$; $\mathfrak{P}/p$ est isomorphe à R. Il est bien connu qu'il n'existe que deux groupes p non isomorphes; d'où deux groupes $\mathfrak{P}$ distincts :

$\mathfrak{P}'$ a pour centre $p'=(1+\omega)\times(1+s')$ avec $s'^2=1$;

$\mathfrak{P}''$ a pour centre $p''=1+\omega+s''+s''\omega$, avec $s''^2=\omega$.

Des considérations précédentes on déduit facilement toutes les représentations irréductibles de $\mathfrak{P}'$ et $\mathfrak{P}''$. En temps que représentations de P, seules celles de $\mathfrak{P}''$ ont été généralement considérées. E. Cartan ([2]) les notes D^λ avec $\lambda=\pm 1$, tel que S soit représentée par la matrice

$$\eta=\lambda i^{2J}. \tag{2}$$

La décomposition du produit de ces représentations est

$$D_{J'}^{\lambda'} D_{J''}^{\lambda''}=\sum_{J=|J'-J''|}^{J=J'+J''} D_J^\lambda, \qquad \text{avec} \quad \lambda=\lambda'\lambda'' i^{2(J+J'+J'')}. \tag{3}$$

Des physiciens ([3]), ([4]) ont considéré aussi des représentations de $\mathfrak{P}'$ comme représentations de P. On voit qu'elles peuvent être encore notées par D_J^λ avec la même convention (2) pour η, mais $\lambda=\pm i$ lorsque $2J+1$ est pair, et l'équation (3) est encore valable pour ces représentations. Lorsque $2J+1$ est impair les représentations irréductibles correspondantes de $\mathfrak{P}'$ et $\mathfrak{P}''$ se confondent et sont isomorphes à P; aussi les notations proposées ne font-elles pas de distinctions entre elles. Il ne subsiste qu'une difficulté : c'est la multiplication de deux représentations de P, l'une isomorphe à $\mathfrak{P}'$ (λ imaginaire, $2J+1$ pair), l'autre à $\mathfrak{P}''$ (λ réel, $2J+1$ pair), et donc non isomorphes entre elles. Leur produit n'est pas un groupe, mais ses éléments engendrent un groupe linéaire qui se décompose en représentations irréductibles de $p''\times R$, donc de P, et

---

([2]) Par exemple, *Leçons sur la théorie des spineurs*, 1938, Hermann, Paris.

([3]) K. B. Jarkov, *J. Exp. Théor. Phys*, **20**, 1950, p. 492; C. N. Yang et J. Tiomno, *Phys. Rev.*, **79**, 1950, p. 495.

([4]) C'est M. Courtois qui me fit noter l'existence de ces deux sortes de représentations non isomorphes entre elles.

auxquelles on peut étendre les notations déjà définies, et (3) se trouve vérifiée avec cette extension de sens; en effet $2J+1$ est alors impair, $\lambda = \pm i$ et $\eta = \lambda i^{2J}$.

Ces considérations s'étendent facilement au groupe propre ou « orthochrone » de Lorentz $\mathcal{L}^{\uparrow}$, et ses représentations irréductibles non équivalentes peuvent être notées $D^{\lambda}_{p/2,\,p/2}$ et $D^{\lambda^2}_{p/2,\,q/2}$ ($p \neq q$ entiers, $\lambda^4 = 1$), ce qui est une extension des notations ordinaires. Par une transformation $\in \mathcal{L}^{\uparrow}$, ψ solution d'une équation de Dirac, est transformée ([5]) en $\psi' = \Lambda \psi$; les matrices Λ forment une représentation de $\mathcal{L}^{\uparrow}_{\cdot}$ (il y en a donc deux non équivalentes, correspondant à $\lambda^2 = 1$ et -1), et c'est aussi une représentation de P réductible en $D^{\lambda}_{1/2} + D^{-\lambda}_{1/2}$, cette décomposition correspondant à celle en « grandes » et en « petites » composantes de ψ (la masse étant $\neq 0$). La conjuguée de charge $\psi^L = C^{-1}\psi^*$ se transforme en $\psi^{L'} = C^{-1}\Lambda^*\psi^*$; on établit facilement la relation $\Lambda^* = \varepsilon C \Lambda C^{-1}$, et de $C^* = C^{-1}$ on a $\varepsilon = \pm 1$. En particularisant Λ pour l'opération S on constate que $\varepsilon = \lambda^2$, d'où $\psi^{L'} = \lambda^2 \Lambda_S \psi^L$ (donc λ réel pour les particules de Majorana, où $\psi^L \equiv \psi$); c'est-à-dire, si les grandes composantes de ψ appartiennent à la représentation $D^{\lambda}_{1/2}$, celles de la particule conjuguée de charge appartiennent à $D^{\lambda^3}_{1/2} = D^{\lambda^*}_{1/2}$.

Les méthodes et résultats d'une précédente Note ([1]) peuvent alors être directement appliqués à l'étude de l'annihilation d'une particule et d'une antiparticule de spin $1/2$, de masse $\neq 0$, et de faible vitesse relative ou formant un système lié (tel que le positronium); ce sont les cas où la contribution des petites composantes est négligeable ainsi que celle des moments orbitaux $\neq 0$. Le moment cinétique total J étant un bon nombre quantique, le vecteur d'état du système appartient à l'une des deux représentations irréductibles du produit $D^+_0 D^{\lambda}_{1/2} D^{\lambda^*}_{1/2} = D^+_1 + D^-_0$; dans tous les cas cela correspondant respectivement aux états ^3S et ^1S. Notons que la parité ([6]) de ces états est $\eta = -1$, [*voir* ([2])]. L'annihilation en un système de bosons donnés, de masses $\neq 0$, sera donc impossible si ce système ne peut être décrit par un vecteur d'état appartenant à D^+_1 ou à D^-_0. La Note précédente donne la liste de ces états; en se limitant aux bosons scalaires, vectoriels, pseudovectoriels et pseudoscalaires notés ici : S, V, A, P, on trouve que les annihilations suivantes sont interdites :

de l'état ^1S en SS, PP, SSS, SV, PA, PPS;

de l'état ^3S en SP.

([5]) *Voir* par exemple, W, PAULI, *Rev. Mod. Phys.*, 13, 1941, p. 203, dont je suis ici les notations.

([6]) C'est en contradiction avec L. D. LANDAU, *Dokladi Akad. Nauk*, 60, 1948, p. 207; la démonstration de C. N. YANG, *Phys. Rev.*, 77, 1950, p. 242 est erronée; mais ces deux excellents articles furent les premiers à donner les J et η impossibles pour l'annihilation en deux photons.

CHRONOMÉTRIE RADIOÉLECTRIQUE. — *Réalisation d'une horloge dont la marche est rigoureusement la moyenne arithmétique des marches de plusieurs garde-temps.* Note (*) de MM. **Bernard Decaux**, **Jacques Lucas** et **Vladimir Yanouchevsky**, présentée par M. André Danjon.

Dans les mesures de temps et de fréquence de très haute précision, on est amené, pour réduire l'influence des régularités de marche des garde-temps ou oscillateurs étalons, à utiliser plusieurs de ces appareils et à prendre la moyenne de leurs indications. On se réfère ainsi à une « pendule moyenne » calculée, mais qui n'a jusqu'ici aucune existence matérielle. Il serait fort intéressant de pouvoir disposer d'un appareil réel qui fournisse directement un courant dont la fréquence aurait pour valeur la moyenne arithmétique de celle des divers oscillateurs constituant les garde-temps individuels.

C'est ce problème que nous avons résolu par une méthode utilisant les opérations arithmétiques sur les fréquences, dont l'emploi est si répandu en radioélectricité et plus spécialement dans les mesures de fréquence (rappelons par exemple que l'addition ou la soustraction de deux fréquences s'obtient par modulation de l'un des courants correspondants par l'autre). Soit à prendre la moyenne des fréquences F_A et F_B; celle-ci étant égale à $(F_A+F_B)/2$, il suffit de produire un courant de fréquence F_A+F_B et de démultiplier ensuite par 2. Pratiquement il est presque irréalisable de procéder par voie purement électronique à l'addition directe de deux fréquences sensiblement égales; il est par contre aisé de prendre un artifice consistant à ajouter ou retrancher une troisième fréquence auxiliaire F_0, qui s'élimine par la suite.

En modulant par exemple le courant d'un oscillateur auxiliaire de fréquence F_0 on obtiendra par filtrage les fréquences F_0+F_A et $F-F_B$ qui, retranchées l'une de l'autre, donneront $F_0+F_A-(F_0-F_B)=F_A+F_B$. Ces diverses additions et soustractions s'effectuent sans aucune difficulté, des circuits sélectifs choisissant les fréquences composées convenables. La démultiplication par 2 de la fréquence F_A+F_B s'opère ensuite par l'un des procédés bien connus.

Si l'on veut prendre la moyenne de trois fréquences, on recommence l'opération précédente, par exemple en produisant $F_0+(F_A+F_B)$ et F_0-F_C qui, après modulation et sélection, produisent la fréquence $F_A+F_B+F_C$ qu'il suffit de démultiplier par 3. La méthode se généralise aisément. On voit même qu'il serait possible d'affecter des poids aux diverses composantes, en faisant intervenir plusieurs fois certaines d'entre elles dans l'opération.

Nous avons réalisé et mis en service prolongé des appareils basés sur ce principe, les uns pour prendre la fréquence moyenne de plusieurs oscillateurs

(*) Séance du 19 mai 1952.

à quartz à 100 kc/s, les autres fonctionnant sur des courants à 1 kc/s (obtenus par exemple par démultiplication d'oscillateurs à quartz). Il est intéressant de souligner que, dans ce dernier cas, il est possible d'appliquer aussi la méthode à des horloges à balancier pendulaire; on sait en effet produire facilement, en synchronisme avec les contacts de pendules, des courants à 1 kc/s (1). Une horloge synchrone classique termine ensuite l'ensemble pour produire les contacts à la seconde.

Lorsque l'on dispose de courants à 1 kc/s, on peut résoudre le problème par voie mécanique, au moyen de moteurs synchrones. Un premier procédé consiste par exemple à entraîner par les deux courants à 1 kc/s deux moteurs synchrones à 100 pôles tournant en sens inverse; les deux axes portent l'un le rotor, l'autre le stator, d'un alternateur à 50 pôles. Le courant fourni par l'alternateur, dont le stator et le rotor tournent l'un par rapport à l'autre à la vitesse somme des vitesses de chaque moteur, aura pour fréquente la demi-somme des deux fréquences initiales, c'est-à-dire leur moyenne. Si l'on désire seulement des contacts à la seconde, les deux parties de l'alternateur peuvent être remplacées par deux pièces portant l'une un contact, l'autre une came, deux trains d'engrenages de rapport 1/20 ramenant la vitesse à la valeur convenable. On peut même envisager un appareil complet fournissant à la fois les contacts individuels de chaque garde-temps et le contact de la moyenne.

Les applications d'un tel procédé sont naturellement fort nombreuses, tant pour la réalisation matérielle de la « pendule moyenne » des observatoires, que pour l'amélioration des mesures de fréquence par l'emploi d'un courant étalon à la fréquence moyenne, pour la commande de dispositifs synchrones de haute précision, etc.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le signe de la force électromotrice thermoélectrique du silicium.* Note (*) de M. **Jean Savornin** et Mme **France Fourrier-Savornin**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Le silicium est un des corps simples dont le pouvoir thermoélectrique est le plus important en valeur absolue (408 μV/degré pour le couple Pb-Si); le bismuth vient ensuite, avec 80 μV/degré pour le couple Pb-Bi. Mais contrairement à ce qu'indiquent toutes les tables de constantes, le silicium est thermoélectriquement *positif*; le bismuth devient le corps simple le plus *négatif*.

Étudiant la f. é. m. d'un couple thermoélectrique Si-Cu, nous avons été surpris de trouver des valeurs en désaccord avec les nombres déduits des tables. Les f. é. m. que nous observons sont plus élevées, et surtout *leur signe est inversé* par rapport à celui que l'on admet universellement.

---

(1) *Cf.* par exemple, Parcelier, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 190.

(*) Séance du 19 mai 1952.

Dispositif expérimental. — Le silicium est employé sous la forme d'un barreau de $5 \times 9 \times 120$ mm environ, taillé avec une meule au carborundum dans une plaque provenant des usines d'Ugine. L'analyse donne pour composition : 98 % Si, 1,40 % Al, 0,60 % Fe.

Sur chaque extrémité C et F du barreau, une pince en laiton applique fortement un fil de Cu et un fil de constantan. Le côté C est placé dans un petit four électrique vertical, le côté F est refroidi par de la glace. Les fils de Cu sont reliés à des bornes A et A'. Les fils de constantan sont réunis à des bornes B et B' par l'intermédiaire de fils de Cu, les soudures correspondantes étant maintenues à 0°. Dans ces conditions, un potentiomètre permet de déterminer entre A et A' la f. é. m. du couple Si-Cu; entre A' et B', la f. é. m. du couple Cu-constantan mesurant la température de la soudure chaude C; entre A et B, la f. é. m. du couple Cu-constantan mesurant la température de la soudure froide F (très voisine de 0°C). De plus, entre A et B' on mesure la f. é. m. du couple Si-constantan.

Résultats. — Nous avons vérifié que le sens du courant dans le couple Cu-constantan va du constantan au Cu à travers la soudure chaude. Dans le couple Si-Cu, le courant va *de* Cu *à* Si *à travers la soudure chaude*. La f. é. m. E(constantan-Cu) étant négative, la f. é. m. E(Si-Cu) est donc positive. On a

$$E(\text{Si-Pb}) = E(\text{Si-Cu}) + E(\text{Cu-Pb}).$$

Et comme E(Cu-Pb) est positive, E(Si-Pb) l'est aussi.

De plus, nos mesures montrent que E(Si-constantan) est supérieure à E(Si-Cu) d'une quantité égale à E(Cu-constantan). Cela démontre que E(Si-Cu) et E(Cu-constantan) sont de même signe.

Dans une autre vérification, nous avons étudié le courant thermoélectrique des couples Si-Fe, Si-Cu et Si-constantan pour des conditions de température identiques. Nous sommes amenés à disposer les corps dans l'ordre (+) Si, Fe, Cu, Pb, constantan (—) au lieu de celui qui était admis jusqu'ici : (+) Fe, Cu, Pb, constantan, Si (—). Les tables de constantes (*Recueil de Constantes de la Société française de Physique*, *International Critical Tables*, *Handbook of Chemistry and Physics*, etc.) mentionnent toutes les chiffres de F. G. Wick ([1]). Cet auteur donne (tableau IV, *ibid.*, p. 387) les signes corrects : (+) à la f. é. m. Cu-constantan, et (—) à la f. é. m. Cu-Si. Il ajoute ensuite : « On a trouvé que la direction du courant était de Si à Cu à travers la soudure chaude. Le silicium est donc thermoélectriquement négatif par rapport au cuivre. » Cette assertion est en contradiction avec les chiffres précités, puisque le constantan est lui-même négatif par rapport au cuivre.

Notons enfin que la f. é. m. du couple Si-Pb indiquée par Wick est erronée

---

([1]) *Phys. Rev.*, 25, 1907, p. 382.

aussi en valeur absolue, puisqu'il l'a obtenue en retranchant Cu-Pb de ses résultats au lieu de l'ajouter.

Nous poursuivons les mesures pour déterminer les valeurs de la f. é. m. Si-Cu en fonction de la température.

ÉLECTRICITÉ — *Propriétés semi-conductrices des oxydes de fer.* Note de M. **Jean Martinet**, présentée par M. Gaston Dupouy.

Nous avons effectué l'étude des propriétés semi-conductrices des oxydes : Fe_3O_4, $Fe_2O_3\alpha$, $Fe_2O_3\gamma$ et des composés et mélanges intermédiaires, dans l'intervalle de température $-190^\circ C + 100^\circ C$. Nous avons montré que les anomalies observées correspondent aux anomalies magnétiques.

Ce travail, effectué au Laboratoire du Magnétisme de Bellevue, sous la direction de M. Guillaud, a pour but l'étude des propriétés semi-conductrices des oxydes de fer frittés : $Fe_2O_3\alpha$, $Fe_2O_3\gamma$, Fe_3O_4 et de leurs composés magnétiquement intermédiaires. Nous avons étudié tout d'abord une technique de préparation et, en second lieu, les variations de la résistivité en fonction de la température.

1. *Préparation.* — Nous nous sommes attaché à préparer des corps spectroscopiquement purs.

A. Le sesquioxyde de fer $Fe_2O_3\alpha$ a été obtenu à partir du nitrate, lui-même préparé par action de l'acide nitrique sur le fer très pur obtenu à partir du fer carbonyle. Le nitrate a été broyé, matricé, puis comprimé à la presse (15 t), sous la forme de pastilles de 15 mm de diamètre et de 2 mm d'épaisseur. Ces échantillons ont été calcinés à 600° pendant 100 h, dans un courant d'air, de façon à obtenir un produit chimiquement stable. L'analyse chimique n'a pas permis d'y déceler de fer ferreux.

B. Les échantillons d'oxyde magnétique Fe_3O_4 ont été obtenus à partir des échantillons de sesquioxyde, par réduction dans l'hydrogène; les conditions optima de l'équilibre étant 600° C pour le sesquioxyde et 85° C pour la vapeur d'eau. En prolongeant le plus possible la durée de la réaction, nous avons obtenu des échantillons de moment magnétique $\sigma = 93$ à 16° C et dont le pourcentage en FeO (31 %) était le pourcentage théorique à la précision de nos analyses.

C. Par réoxydation de très longue durée, afin d'obtenir des matériaux homogènes, nous avons préparé, à partir de l'oxyde magnétique, des échantillons de moments magnétiques décroissants.

2. *Métallisation des surfaces de contact.* — Pour effectuer des mesures électriques correctes, il a été nécessaire de métalliser les faces des échantillons. Après de nombreux essais, nous avons retenu les deux méthodes suivantes qui nous ont permis d'obtenir des résultats reproductibles :

— pour le sesquioxyde $Fe_2O_3\alpha$, nous avons utilisé l'oxyde d'argent Ag_2O, en métallisant à 600° C environ;

— pour les autres oxydes, nous avons utilisé l'alliage fusible dit de Roseleur (Pb, Sn, Bi, Hg) qui fond vers 50° C et qui, appliqué, pâteux, sur les faces de l'échantillon légèrement chauffé, adhère ensuite parfaitement.

3. *Mesures et résultats.* — En général, les mesures des variations de la résistivité en fonction de la température ont soulevé de grosses difficultés quant à la reproductibilité des phénomènes. De plus, la résistance étant fonction du champ électrique, nous avons dû effectuer plusieurs mesures pour des courants décroissants et extrapoler jusqu'à un courant nul.

A. La très forte résistivité du sesquioxyde $Fe_2O_3\alpha$ nous a conduit à étudier une technique de mesure des hautes résistances. Nous avons, dans ce domaine, pu profiter de l'expérience de M. Bertrand qui, lors de problèmes semblables, s'était, avant nous, heurté à des difficultés identiques.

Après avoir essayé une méthode de zéro (pont électrostatique), nous avons définitivement adopté la méthode de déviation suivante : une batterie d'accumulateurs est placée en série avec la résistance inconnue X et une résistance de comparaison R. Un électromètre à quadrants, branché aux bornes de R, permet à un instant donné, de connaître X par simple application de la loi d'Ohm.

Sans insister sur les détails de la réalisation pratique, nous dirons seulement qu'il est nécessaire, pour effectuer une mesure correcte, d'opérer à chaque instant en équilibre thermique, condition que l'on réalise avec un refroidissement ou un réchauffement très lent.

Avec un ensemble de résistances de comparaison allant de 1 à $10^{12}\,\Omega$, l'appareil permet la mesure de résistances comprises entre 1 et $5.10^{14}\,\Omega$.

Les mesures relatives au sesquioxyde $Fe_2O_3\gamma$ mettent en évidence, vers — 50° C, un point de transformation qui peut être expliqué, soit par une modification dans la nature même du semi-conducteur, soit, plus vraisemblablement, ainsi que l'a signalé M. Guillaud par une transformation intrinsèque de l'oxyde [1].

Cette remarque s'applique également aux agrégats de moments magnétiques croissants dont les résistivités, beaucoup plus faibles, peuvent être mesurées au pont de Wheastone. L'anomalie s'atténue progressivement et a complètement disparu pour le sesquioxyde $Fe_2O_3\gamma$ (l'étude magnétique de ce dernier oxyde n'a d'ailleurs montré aucune particularité). Elle réapparaît ensuite progressivement sous forme d'un point anguleux.

---

(1) *Colloque international de magnétisme* (*J. Phys.*, **12**, n° 3, 1951, p. 489).

Ce point anguleux qui se situe, pour l'oxyde magnétique à une température voisine de 120° K, est en accord avec les mesures de Verwey et,

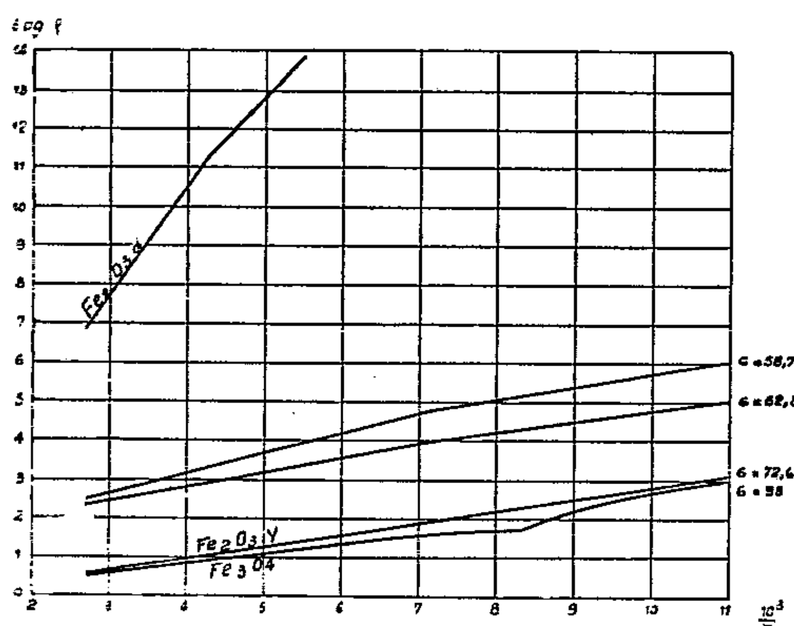


Fig. 1.

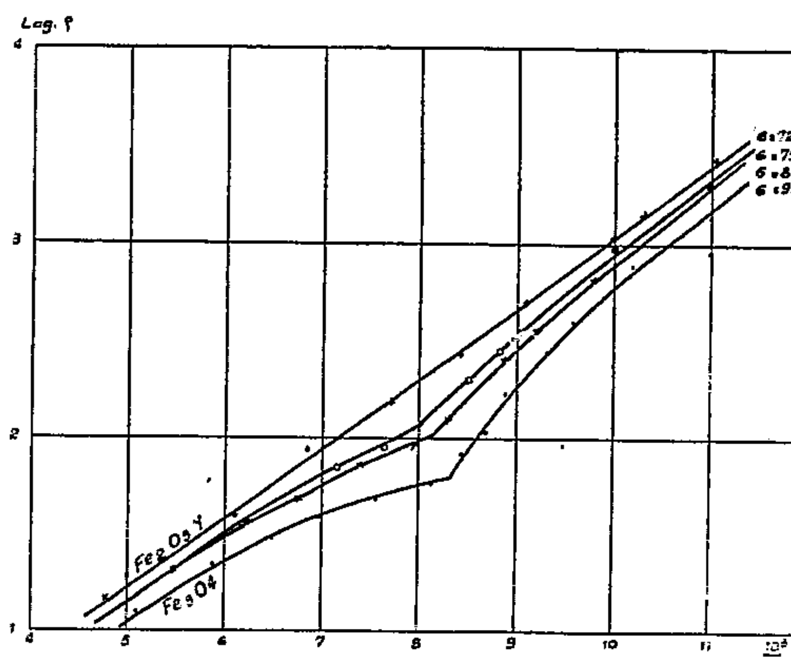


Fig. 2.

de plus, confirme celles de Weiss et Forrer qui avaient, à la même température, observé une anomalie ferromagnétique.

Les figures 1 et 2 reproduisent nos résultats.

MAGNÉTISME. — *Contribution à l'étude du magnétisme des dispersions diamagnétiques.* Note (*) de M. **Adolphe Pacault**, présentée par M. Paul Pascal.

L'étude théorique de la susceptibilité diamagnétique d'une dispersion de particules montre qu'elle dépend du champ magnétique, de la température, de l'anisotropie et des dimensions des particules. L'étude expérimentale faite par M[lle] Tanaevsky (1) apporte une première série de vérifications.

Une particule anisotrope de masse m, de susceptibilités principales χ_1, χ_2, χ_3, soumise à un champ magnétique uniforme H dans lequel elle a l'énergie

$$W = -\frac{1}{2}(\chi_1\alpha^2 + \chi_2\beta^2 + \chi_3\gamma^2)\,H.$$

(α, β, γ = cosinus directeurs que font les axes de la molécule χ_1, χ_2, χ_3 avec H)

et à l'énergie d'agitation thermique possède une susceptibilité spécifique moyenne

$$\bar{\chi} = \frac{\iint (\chi_1\alpha^2 + \chi_2\beta^2 + \chi_3\gamma^2)\, e^{\frac{m\mathrm{H}^2(\chi_1\alpha^2+\chi_2\beta^2+\chi_3\gamma^2)}{2kT}}\, d\sigma}{\iint e^{\frac{m\mathrm{H}^2(\chi_1\alpha^2+\chi_2\beta^2+\chi_3\gamma^2)}{2kT}}\, d\sigma},$$

(*) Séance du 12 mai 1952.

(1) *Thèse*, Paris, 1952.

où $d\sigma$ est l'élément d'aire de la sphère $\alpha^2+\beta^2+\gamma^2=1$, si l'on admet qu'elle appartient à un ensemble qui suit la loi de Maxwell-Boltzmann.

L'étude de cette fonction $\bar{\chi}$, publiée ailleurs dans le détail, conduit aux résultats suivants :

a. Si l'ellipsoïde des susceptibilités est de révolution et aplati, $\chi_1 < \chi_2 = \chi_3$ et l'on a

$$\chi = \chi_3 - \frac{(\chi_3-\chi_1)}{u^2}\left[\frac{1-e^{-\frac{u^2}{2}}u}{\Theta(u)}\right] = \chi_3 - \Delta\chi\,\frac{\varphi(u)}{u^2}, \qquad \text{avec} \quad \Delta\chi = \chi_3-\chi_1,$$

$u^2 = (mH^2\Delta\chi)/(kT)$ homogène à un nombre, $t = \alpha u$ et

$$\Theta(u) = \int_0^u e^{-\frac{t^2}{2}}\,dt.$$

b. Si l'ellipsoïde des susceptibilités est de révolution et allongé, $\chi_1 = \chi_2 < \chi_3$ et l'on a

$$\bar{\chi} = \chi_3 - \frac{(\chi_3-\chi_1)}{u^2}\left[u^2+1-\frac{e^{\frac{u^2}{2}}u}{\Theta^*(u)}\right] = \chi_3 - \Delta\chi\,\frac{\psi(u)}{u^2}, \qquad \text{avec} \quad \Theta^*(u) = \int_0^u e^{\frac{t^2}{2}}\,dt.$$

Si l'on remarque que toutes les méthodes de mesure impliquent que la substance soit soumise à un gradient de champ, on peut montrer que les expressions précédentes sont remplacées par leur valeur moyenne.

On a finalement :

Si $\chi_1 < \chi_2 = \chi_3$:

$$\bar{\chi} = \chi_3 - \Delta\chi\left[\overline{\frac{\varphi(u)}{u^2}}\right] \qquad \text{(ellipsoïde aplati)};$$

Si $\chi_1 = \chi_2 < \chi_3$:

$$\bar{\chi} = \chi_3 - \Delta\chi\left[\overline{\frac{\psi(u)}{u^2}}\right] \qquad \text{(ellipsoïde allongé)}.$$

Les courbes I et II représentent $[(\overline{\varphi(u)})/(u^2)]$ et $[(\overline{\psi(u)})/(u^2)]$ en fonction de u.

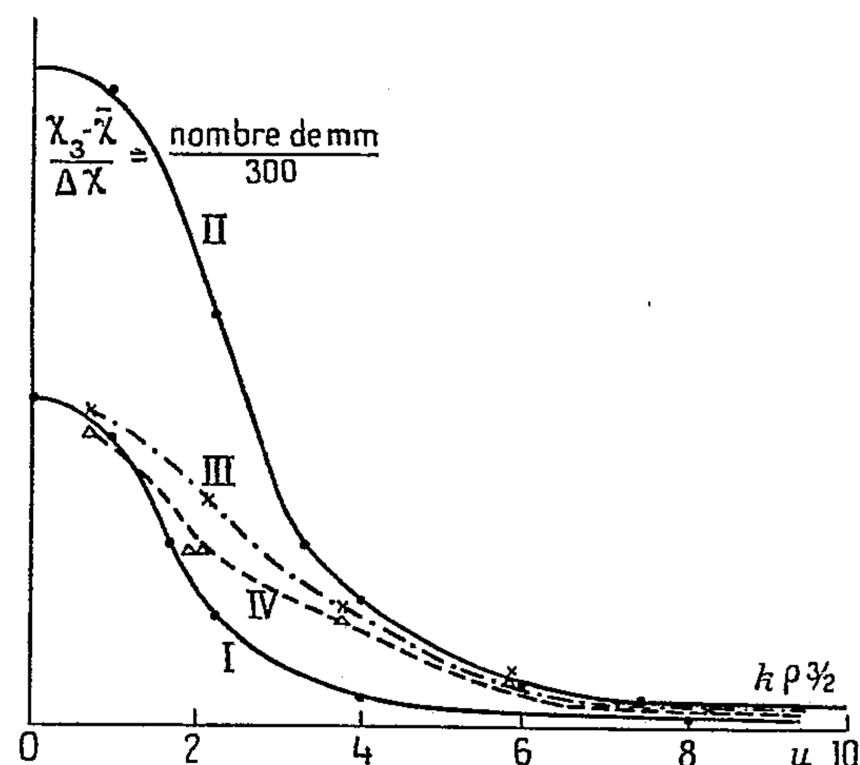
La susceptibilité moyenne étant fonction de la seule variable u, elle est donc fonction de la température, du champ magnétique agissant sur la particule au cours des mesures, des dimensions et de l'anisotropie des particules.

En conséquence, des particules isotropes ($u = 0$) doivent avoir une susceptibilité constante; des particules anisotropes doivent avoir une susceptibilité variable.

L'expérience vérifie cette base théorique fondamentale.

Des suspensions colloïdales, classées par ultrafiltration, de substances qui cristallisent dans le système cubique (Ag, CdSβ, ZnSβ, $Ag^2S\alpha$), ont une susceptibilité indépendante de leurs dimensions.

En revanche, des particules colloïdales de S, SnO_2, HgO, amidon, As_2S_3 de symétrie cristalline plus faible, ont une susceptibilité qui, conformément aux résultats théoriques, croît en valeur algébrique lorsque augmentent leurs dimensions repérées par la porosité P des membranes ultrafiltrantes.



I, II, Courbes théoriques $(\chi_3-\bar{\chi})/\Delta\chi = f(u)$; III, IV, Courbes expérimentales $(\chi_3-\bar{\chi})/\Delta\chi = f(KP^{3/2})$.

Les courbes III et IV qui représentent $(\chi_3-\bar{\chi})/\Delta\chi$ en fonction de $KP^{3/2}$ (K = const.) pour HgO et SnO_2 rapprochées des courbes théoriques I et II précisent bien que le sens de variation est exact.

Une concordance quantitative rigoureuse est difficile à établir car, d'une part, l'anisotropie expérimentale de la plupart des corps susceptibles de donner des dispersions est inconnue, et, d'autre part, le diamètre des particules n'est connu qu'à une constante multiplicative près. La porosité P des membranes ultrafiltrantes, en effet, permet de classer les particules mais ne donne pas une valeur absolue de leurs dimensions. Dans un lot dit homodispersé, enfin, sont réunies des particules ayant des dimensions qui peuvent varier du simple au double, ce qui atténue la courbure des courbes expérimentales.

Une étude expérimentale complémentaire est donc nécessaire pour s'assurer que des phénomènes différents ne se superposent pas à ceux envisagés ici et n'influent pas sur le diamagnétisme des particules. (La variation prévue de la susceptibilité en fonction du champ et de la température n'a pas encore fait l'objet de vérifications). Celle-ci étant faite, cette méthode doit permettre de déterminer la valeur absolue des dimensions d'une particule d'anisotropie connue.

MAGNÉTISME. — *Étude thermomagnétique d'un monocristal de* $Fe_2O_3\alpha$. Note de MM. **Louis Néel** et **René Pauthenet**, présentée par M. Gaston Dupouy.

Nous avons étudié, en fonction du champ H et dans l'intervalle de température compris entre 20,4 et 950°K, l'aimantation spécifique σ d'un monocristal naturel de $Fe_2O_3\alpha$, provenant de l'Ile d'Elbe. L'échantillon a été taillé sous la forme d'une sphère de 4 mm de diamètre et les aimantations ont été mesurées par la méthode d'extraction axiale décrite antérieurement (1). Les mesures ont été effectuées suivant l'axe ternaire et suivant différentes directions du plan perpendiculaire (plan de base), avec contrôle de l'orientation aux rayons X : l'expérience a montré que les différentes directions du plan de base étaient magnétiquement équivalentes.

L'allure des courbes $\sigma(H)$ peut s'interpréter par la superposition d'un paramagnétisme et d'un faible ferromagnétisme; dans les champs supérieurs à 10 000 Oe, cette superposition s'exprime par la formule

$$\sigma = \sigma_0 + \chi H,$$

où σ est rapporté à 1 g de substance.

Nous avons représenté en fonction de la température et pour les deux directions considérées, les variations de σ_0 sur la figure 1 et les variations de la susceptibilité χ sur la figure 2.

Les courbes mettent en évidence, vers 250°K, une discontinuité déjà observée par F. J. Morin (2) et C. Guillaud (3) avec des poudres synthétiques de $Fe_2O_3\alpha$.

Schématiquement, en ce qui concerne la susceptibilité et compte tenu des imperfections inhérentes à tout cristal naturel, il semble que, dans le plan de base, la susceptibilité conserve dans tout l'intervalle de température étudié une valeur constante voisine de 20.10^{-6}. Au contraire, suivant l'axe ternaire, la susceptibilité d'abord très faible à basse température croît brusquement vers 250°K pour conserver, lorsque la température croît, une valeur constante également voisine de 20.10^{-6}. Ce comportement est celui d'un antiferromagnétisme fondamental dont la direction d'antiferromagnétisne est parallèle à l'axe ternaire au-dessous de 250°K et s'oriente ensuite dans le plan de base au-dessus, en accord avec les considérations théoriques développées par l'un de nous (4) et les résultats expérimentaux de diffraction des neutrons de

(1) R. Pauthenet, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1842.
(2) *Phys. Rev.*, 78, 1950, p. 819.
(3) *J. Phys.*, 12, 1951, p. 489.
(4) L. Néel, *Ann. Phys.*, 4, 1949, p. 249.

C. G. Shull ([5]). L'isotropie de la susceptibilité dans le plan de base montre que la direction d'antiferromagnétisme tourne librement dans ce plan et s'aligne

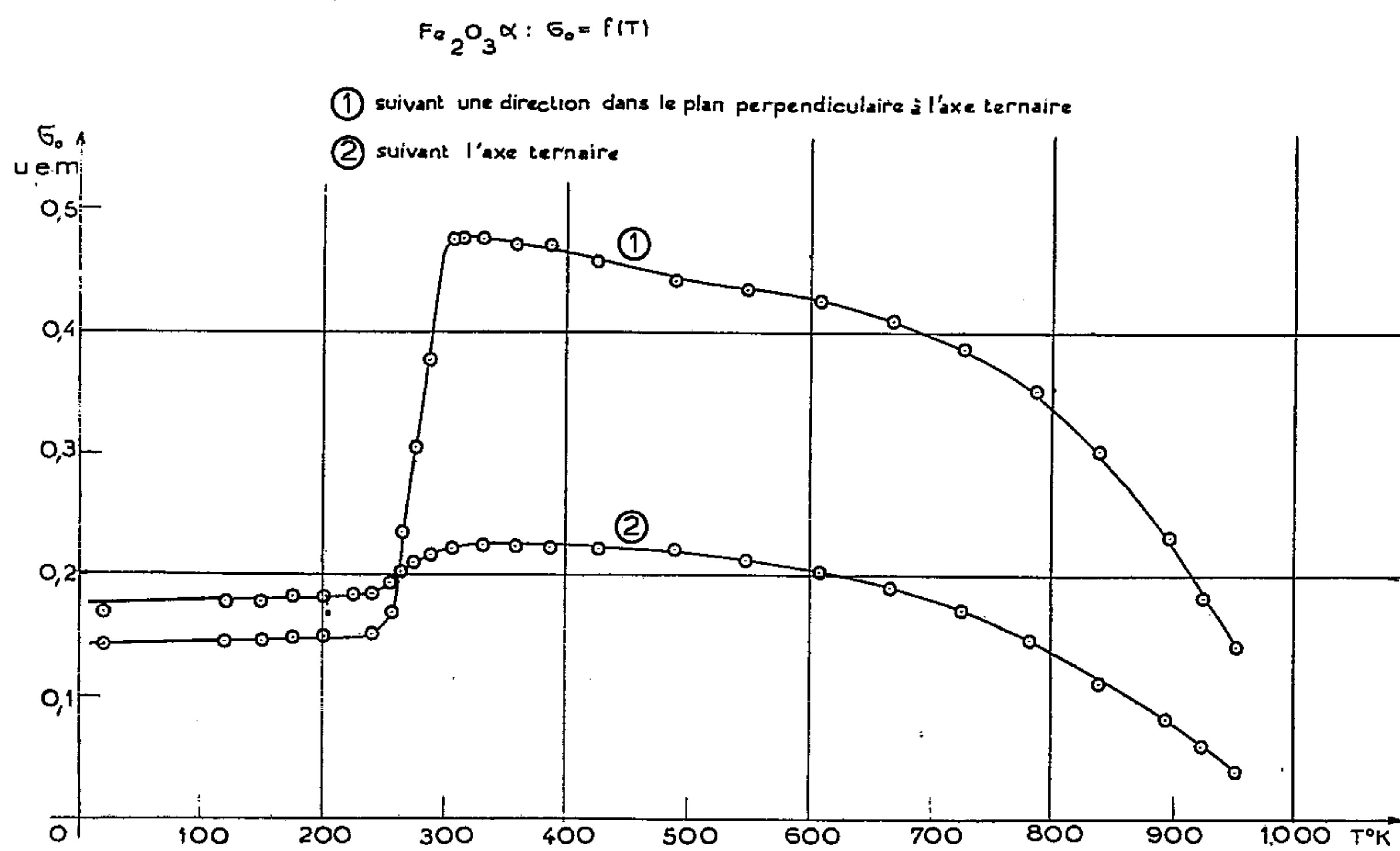


Fig. 1.

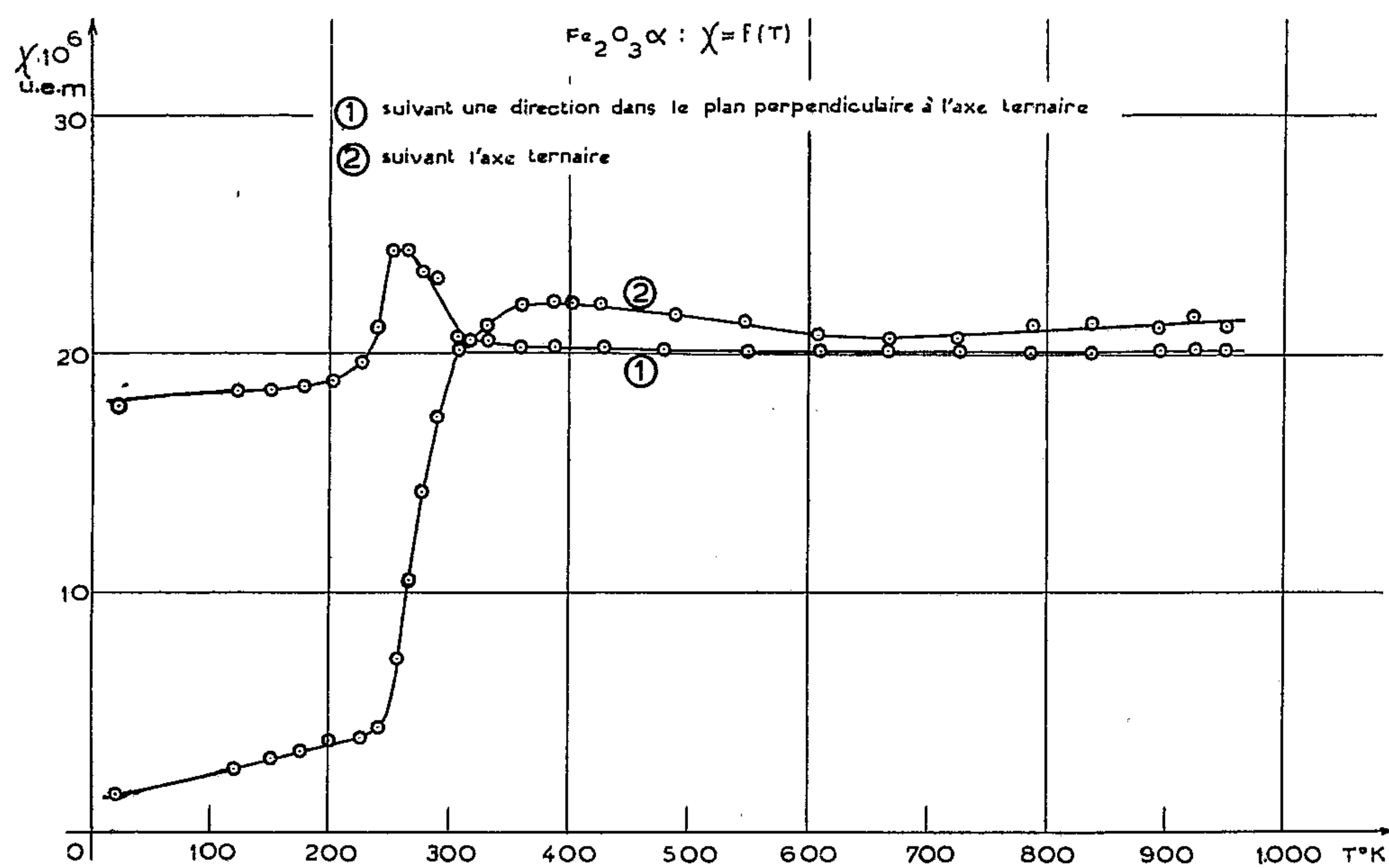


Fig. 2.

perpendiculairement au champ appliqué, tandis que la susceptibilité reste

---

([5]) C. G. Shull, W. A. Strauser et E. O. Wollan, *Phys. Rev.*, 83, 1951, p. 333.

indépendante de la température : il s'agit donc d'un cas où la théorie initiale de l'antiferromagnétisme ([6]) s'applique rigoureusement.

L'interprétation du ferromagnétisme superposé est moins claire mais, comme il subit une discontinuité à la même température que la susceptibilité, il doit être étroitement lié à l'antiferromagnétisme : peut-être s'agit-il d'une compensation imparfaite des deux sous-réseaux, c'est-à-dire d'une sorte de ferrimagnétisme ([7]) lié, par exemple, à un défaut de stœchiométrie.

MAGNÉTISME. — *Sur le paramagnétisme des sulfures de fer.* Note de M. **René Benoît**, présentée par M. Gaston Dupouy.

Haraldsen a étudié ([1]), dans l'intervalle de température relativement restreint compris entre 0 et 450° C, les propriétés magnétiques des sulfures FeS_n et notamment la transition entre les courbes de susceptibilité des composés paramagnétiques ($1 < n < 1,08$) et ferromagnétiques ($1,08 < n < 1,5$). Afin de préciser l'interprétation, nous avons étendu les mesures jusqu'à 1000° C environ.

En ce qui concerne FeS, nous avons retrouvé, dans l'état recuit, comme le montre la figure en *a*, à 120° C la brusque augmentation de la susceptibilité χ_M et vers 340° C le maximum caractéristique de l'antiferromagnétisme. Entre 480° et 935° C, $1/\chi_M$ varie linéairement avec la température, avec une constante de Curie moléculaire $C_M = 3,44$, en bon accord avec les valeurs habituelles relatives à l'ion ferreux et un peu supérieure à la valeur théorique $C_M = 3,00$ correspondant au spin seul. Le point de Curie paramagnétique θ_p, situé à — 1130° C, témoigne d'importantes interactions négatives. La trempe modifie très peu ces résultats (courbe *b*).

Pour le composé $FeS_{1,15}$, qui appartient au domaine ferromagnétique, on trouve un point de Curie ferromagnétique θ_f à 292° C. Au-dessus, l'inverse $1/\chi_M$ de la susceptibilité présente d'abord jusqu'à 450° C l'allure hyperbolique, caractéristique du ferrimagnétisme ([2]), mais de 550° à 580° C, $1/\chi_M$ augmente brutalement, comme le montre la courbe 2, avec $C_M = 4,4$ et $\theta_p = -2385°$. On observe une légère hystérèse thermique (courbe 1). Nous avons également étudié un cristal naturel de pyrrhotine, de composition voisine : l'allure de la courbe est la même et la même discontinuité apparaît vers 560° C (courbe *c*).

Il est possible que cette discontinuité corresponde à la disparition de la

---

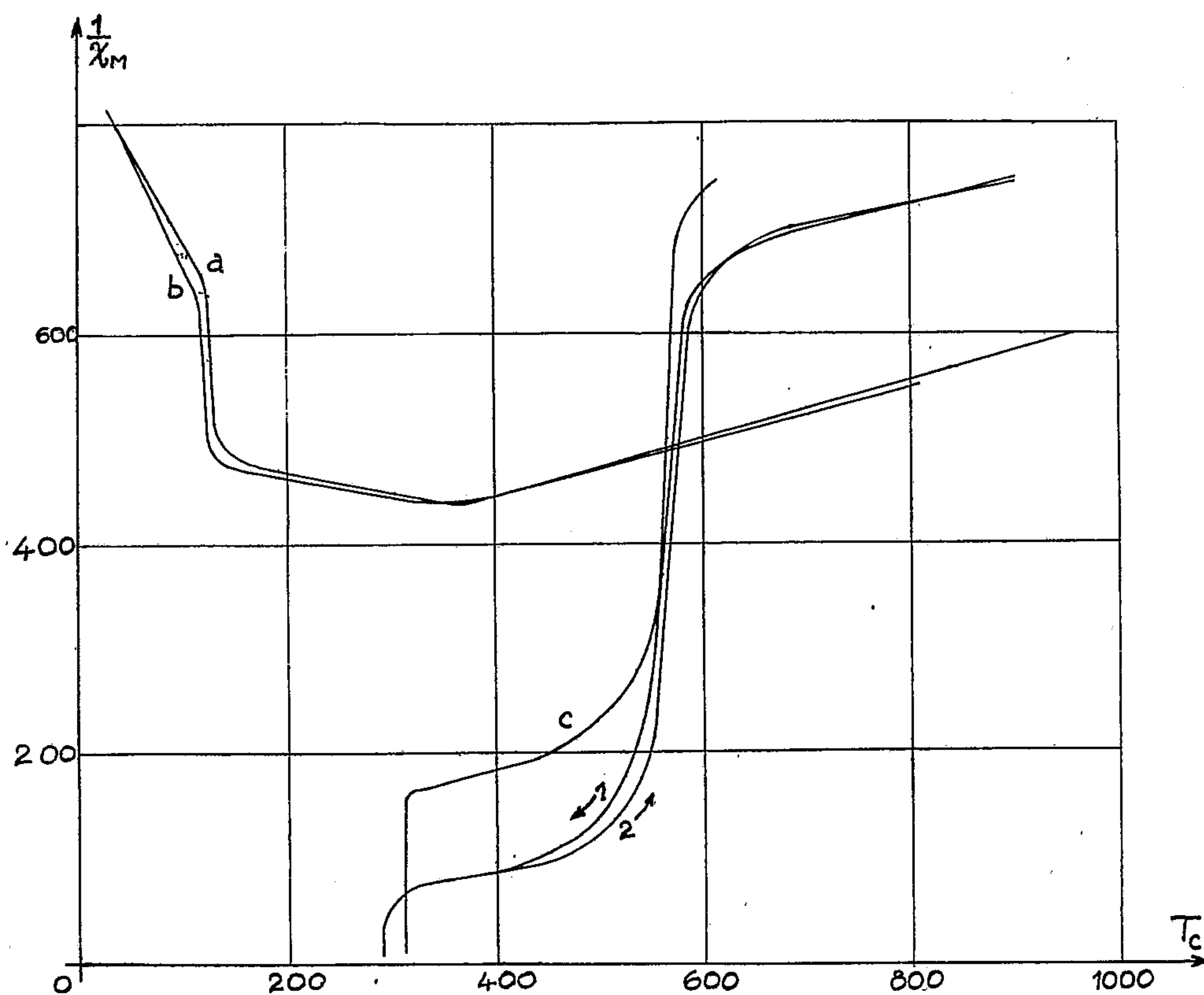
([6]) L. Néel, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 304.

([7]) L. Néel, *Ann. Phys.*, 3, 1948, p. 137; *Ann. Inst. Fourier*, 1, 1949, p. 163; *Z. Anorg. Chem.*, 262, 1950, p. 175.

([1]) *Z. Anorg. Allg. Chem.*, 231, 1937, p. 78.

([2]) L. Néel, *Ann. Phys.*, 3, 1948, p. 137; *Ann. Inst. Fournier*, 1, 1949, p. 163; *Z. Anorg. Chem.*, 262, 1950, p. 175.

structure ordonnée des lacunes du réseau dont Bertaut a montré ([3]) la présence à la température ordinaire. L'absence d'un effet de trempe s'expliquerait par la très facile diffusion des lacunes. Lorsque la répartition des



lacunes devient désordonnée il n'y a plus de différence entre les deux sous-réseaux : la pyrrhotine cesse d'être ferrimagnétique pour devenir anti-ferromagnétique, avec des propriétés magnétiques qui devraient être assez voisines de celles de FeS. C'est bien ce qui ressort de l'expérience.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Calcul numérique du champ électromagnétique dans les accélérateurs linéaires d'ions.* Note de M. **Michel Bernard**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous mettons en œuvre les expressions exactes du champ électromagnétique données dans une Note récente ([1]). Les séries obtenues sont difficiles à évaluer numériquement dans le cas général. Nous montrons ci-dessous que l'ordre de grandeur des paramètres permet d'obtenir des expressions approchées très simples pour le champ sur l'axe.

([3]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1295.

([1]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 866.

1. Dans les accélérateurs d'ions tous les modes E_{on} du guide circulaire sont évanescents, ce qui assure déjà que ω/c est inférieur à 2,40; de plus, la nécessité de se prémunir contre les défauts de construction, susceptibles d'altérer la symétrie de révolution, impose ω/c inférieur à 1,84 pour que le mode H_{11}, qui pourrait naître de l'asymétrie ainsi créée, soit aussi évanescent.

On est alors en droit de poser

$$\beta_n = \mu_n \left[1 - \left(\frac{\omega}{\mu_n c} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} = \mu_n \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{\omega}{\mu_n c} \right)^2 - \frac{1}{8} \left(\frac{\omega}{\mu_n c} \right)^4 \right]$$

en négligeant les termes supérieurs du développement. Comme $\omega/\mu_n c$ est au plus de l'ordre de 0,75, l'erreur commise n'atteint pas 0,5 %. L'approximation est encore meilleure avec les caractéristiques adoptées dans la pratique; ainsi, pour l'accélérateur de Berkeley ([2]), le rapport ω/c est au plus de l'ordre de 0,25.

Nous développons en série de puissances de ω/c, la fonction donnant le champ sur l'axe, en se bornant au quatrième ordre. Après quelques calculs :

$$(1)\quad \frac{d}{\Phi_0} E_z(z, 0) = [1 - \varphi_0(d - z) - \varphi_0(d + z)] + \left(\frac{\omega}{c}\right)^2 \left[\frac{1}{4} - \varphi_2(d - z) - \varphi_2(d + z) \right] + \left(\frac{\omega}{c}\right)^4 \left[\frac{3}{64} - \varphi_4(d - z) - \varphi_4(d + z) \right]$$

$$(2)\quad \frac{d}{\Phi_0} E_z(z, 0) = [\varphi_0(z - d) - \varphi_0(z + d)] + \left(\frac{\omega}{c}\right)^2 [\varphi_2(z - d) - \varphi_2(z + d)] + \left(\frac{\omega}{c}\right)^4 [\varphi_4(z - d) - \varphi_4(z + d)],$$

avec

$$\varphi_0(X) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{-\mu_n X}}{\mu_n J_1(\mu_n)}, \qquad \varphi_2(X) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{-\mu_n X}}{\mu_n^3 J_1(\mu_n)} + \frac{X}{2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{-\mu_n X}}{\mu_n^2 J_1(\mu_n)},$$

$$\varphi_4(X) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{-\mu_n X}}{\mu_n^5 J_1(\mu_n)} + \frac{5X}{8} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{-\mu_n X}}{\mu_n^4 J_1(\mu_n)} + \frac{X^2}{8} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{-\mu_n X}}{\mu_n^3 J_1(\mu_n)}.$$

2. Les séries précédentes ont été tabulées par Bertram ([3]), ce qui facilite déjà le calcul; mais il est plus intéressant de remarquer que

$$(3)\qquad \varphi_0(X) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{-\mu_n X}}{\mu_n J_1(\mu_n)} \sim \frac{1}{2}(1 - \operatorname{th} \omega X) \qquad (\omega = 1,315),$$

à 0,5 % près, comme il est montré dans les références ([4]) et ([5]). Après

([2]) BRADNER et coll., *Phys. Rev.*, 73, 1948, p. 534.

([3]) *Journ. App. Phys.*, 13, 1942, p. 496.

([4]) GRAY, *Bell Syst. Techn. Journ.*, 28, 1939, p. 25.

([5]) BERNARD, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 298.

quelques transformations, le premier terme des formules (1) et (2) s'écrira

$$\frac{1}{2}[\operatorname{th}\omega(z+d)-\operatorname{th}\omega(z-d)]=F_0(X)\Big|_{z-d}^{z+d}$$

avec

$$F_0(X)=\frac{1}{2}\operatorname{th}\omega X.$$

Cette expression convient pour les deux formules, ce qui constitue une simplification essentielle.

En intégrant terme à terme la relation (3), on obtient la formule :

$$(4)\qquad \varphi_2(X)\sim\frac{1}{8}-\frac{1}{2\omega^2}\int_0^{\omega X}\operatorname{Log}2\operatorname{ch}u\,du+\frac{X}{4\omega}\operatorname{Log}2\operatorname{ch}\omega X.$$

Le coefficient de $(\omega/c)^2$ dans les formules donnant le champ $E_z(z, 0)$ se met alors sous la forme :

$$F_2(z+d)-F_2(z-d)=F_2(X)\Big|_{z-d}^{z+d}$$

pour toutes valeurs de z, la fonction $F_2(X)$ étant :

$$F_2(X)=\frac{1}{2\omega^2}\int_0^{\omega X}\operatorname{Log}2\operatorname{ch}u\,du-\frac{X}{4\omega}\operatorname{Log}2\operatorname{ch}\omega X.$$

Nous avons calculé les valeurs de cette fonction impaire, avec trois décimales, pour les valeurs essentielles de la variable.

X...........	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
$F_2(X)$.......	0	0,013	0,026	0,039	0,050	0,060	0,069	0,078	0,086
X..............		0,9	1	1,25	1,50	1,75	2	2,5	∞
$F_2(X)$..........		0,092	0,098	0,108	0,114	0,119	0,121	0,124	0,125

Quant au coefficient de $(\omega/c)^4$, il peut se mettre sous une forme analogue en introduisant une fonction $F_4(X)$ assez compliquée, qui se calcule par une méthode identique à celle employée pour $F_2(X)$.

Comme il ne s'agit que d'une faible correction, on pourra se contenter d'interpoler entre les quelques valeurs du tableau ci-dessous :

X.........	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$F_4(X)$.....	0	0,0020	0,0040	0,0060	0,0078	0,0096
X.........	0,75	1	1,5	2	∞	
$F_4(X)$.....	0,0135	0,0164	0,0203	0,0221	0,0234	

Finalement, le champ se met sous la forme :

$$E_z(z, 0)=\frac{\Phi_0}{d}\left[F_0(X)+\left(\frac{\omega}{c}\right)^2F_2(X)+\left(\frac{\omega}{c}\right)^4F_4(X)\right]_{z-d}^{z+d}$$

expression valable pour toutes les valeurs de z, qu'il est facile de calculer à l'aide des tableaux ci-dessus. On pourrait envisager un calcul analogue pour

d'autres points que ceux de l'axe, ainsi que pour les fonctions E_r et H_θ; il ne présente aucune difficulté supplémentaire.

Pratiquement, l'étude du mouvement des ions ne fait intervenir que les valeurs des champs au voisinage de l'axe; celles-ci peuvent se déduire du champ sur l'axe, comme pour le champ statique, tant que r est assez petit.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Lentilles-réseaux pour ondes centimétriques.* Note de M. **Jean Moussiegt**, présentée par M. Eugène Darmois.

L'application aux transmissions des ondes centimétriques, produites actuellement avec de faibles puissances, exige des systèmes de concentration de l'énergie émise, en particulier miroirs et lentilles. Parmi ces dernières, les lentilles à diélectrique artificiel, imaginées par W. E. Kock [1], ont une structure qui reproduit à une échelle différente celle des lentilles de l'optique. De très nombreuses particules métalliques, dont les dimensions et les intervalles sont petits par rapport à la longueur d'onde, sont enrobées dans un diélectrique très peu absorbant de façon à constituer un milieu de polarisabilité constante dans tout le volume. Ce diélectrique artificiel intervient uniquement par son indice de réfraction dans le calcul des lentilles.

On peut. en ondes centimétriques, chercher à transformer un faisceau divergent, issu par exemple d'une source ponctuelle, en un faisceau parallèle en utilisant un phénomène analogue à celui de Bragg pour les rayons X. Il s'agit donc de constituer un *réseau* dont les *nœuds* doivent être répartis de façon que les vibrations diffractées dans une direction privilégiée (que nous appellerons direction de réémission) se trouvent en phase dans un plan perpendiculaire à cette direction.

Soit Ox un axe parallèle à la direction de réémission, passant par la source ponctuelle O, prise comme origine, et désignons par r la distance d'un nœud à cet axe. La condition pour que la vibration envoyée parallèlement à Ox par le nœud soit en phase avec la vibration provenant directement de la source suivant Ox est

$$r^2 = 2x(\delta_0 + k\lambda) + (\delta_0 + k\lambda)^2.$$

$\delta_0 = (\varphi_0/2\pi)\lambda$ désigne le trajet équivalent à l'avance de phase φ_0 (définie algébriquement) de la vibration diffractée sur la vibration incidente; cette grandeur est supposée indépendante de l'angle d'incidence; k est un nombre entier; λ est la longueur d'onde.

D'après cette condition, les nœuds du réseau doivent être disposés sur

(1) *Bell Syst. Techn. J.*, 27, 1948, p. 58-82.

des paraboloïdes de révolution ayant pour axe commun la direction de réémission.

D'ailleurs, si l'effet de la diffraction est notable, ce que l'on recherche évidemment en pratique, il importe peu que les vibrations émises soient en phase avec la vibration provenant directement de la source; il suffit qu'elles soient en phase entre elles. On pourra donc se fixer arbitrairement la position d'un nœud de référence; cela revient finalement à donner une valeur quelconque à la constante δ_0 de l'équation précédente.

Pour constituer une lentille on dispose, par exemple, dans des plans perpendiculaires à l'axe et équidistants, des particules métalliques sur les circonférences d'intersection de ces plans avec les paraboloïdes précédents. Les nœuds peuvent être aussi nombreux, donc aussi proches, que l'on veut sur une telle circonférence, dans la mesure où les interactions entre nœuds voisins ne perturbent pas la réémission.

La différence des rayons de deux circonférences voisines dans un plan est de l'ordre de la longueur d'onde. La densité superficielle moyenne des particules dans un plan est donc faible. Mais on peut agir sur la densité en volume en modifiant l'équidistance des plans. Il n'en reste pas moins que le nombre global de particules diffractantes utilisées est beaucoup plus petit que dans la lentille à diélectrique artificiel de W. E. Kock.

On accentue encore l'écart entre les deux conceptions en utilisant des dipôles résonnants constitués par des lamelles planes, étroites et minces, mais de longueur égale à la demi-longueur d'onde. Ces lamelles parallèles entre elles ont leur plan dans les plans de nœuds définis précédemment, leur centre occupant la position théorique d'un nœud. Elles fixent ainsi de façon précise la polarisation de l'onde émergente.

OPTIQUE. — *Mesure en lumière monochromatique et sous l'incidence normale de pouvoirs réflecteurs voisins de l'unité.* Note de M. **Jean Roig** et Mlle **Emilienne Collet**, présentée par M. Jean Cabannes.

Au spectrophotomètre, nous mesurons d'une part l'intensité du faisceau directement transmis par un couple de lames, d'autre part l'intensité résultant de la superposition de tous les faisceaux dus aux réflexions multiples; la comparaison des deux résultats donne $(1-f^2)$.

1. La largeur des anneaux, donnés par un étalon de Pérot et Fabry, est mesurée en interfranges par le rapport $k=(1-f)/\pi\sqrt{f}$, si f est le pouvoir réflecteur des lames. On est ainsi amené à utiliser des valeurs de f voisines de l'unité; et à caractériser l'argenture par le nombre k. Une erreur de 1 % sur $f=0{,}90$ entraîne une erreur de 10 % sur k; par suite une mesure directe de f donnerait une précision médiocre pour k. Les méthodes de mesure générale-

ment utilisées consistent à déterminer f^n, n pouvant être assez grand ([1]). On emploie deux lames argentées identiques formant un petit angle; elles donnent des images successives A_0, A_1, A_2, ..., d'une même plage et l'on compare l'image A_n à une plage témoin B_0 dont le rapport d'intensité avec A_0 est connu.

2. Nous utilisons une méthode visuelle également très rapide et très commode, qui permet de mesurer directement la quantité $(1-f^2)$ pour les diverses radiations du spectre visible. Nous disposons d'un spectrophotomètre visuel de Jobin et Yvon : le faisceau de lumière blanche, issu de la source, est divisé en deux parties; une moitié C traverse deux Glazebrook, l'autre moitié D le couple de lames à mesurer; les deux faisceaux sont rassemblés par un cube de Lummer. L'image de la source (lampe pointolite) se forme ensuite sur une fente F qui sert d'entrée à un monochromateur à lecture directe; l'oculaire O du monochromateur met au point sur les plages du cube de Lummer. Le jeu d'un prisme à réflexion totale, escamotable, permet de pointer directement en lumière blanche l'image de la source, dans le plan de la fente F, à l'aide d'un viseur V.

3. Les deux lames argentées sont placées sur le faisceau D juste en avant du cube de Lummer; une des lames peut subir des rotations autour d'un axe vertical et d'un axe horizontal, commandées par deux vis. Par observation dans V, on donne aux lames un écart angulaire suffisant pour que seul le faisceau directement transmis traverse la fente. (Cette observation permet également d'éliminer les faisceaux parasites.)

On égalise alors les plages vues dans l'oculaire O; le monochromateur découpe dans le spectre une bande de 50 à 100 Å. La mesure donne l'intensité I du faisceau transmis :

$$I = I_0 \sin^2\theta \qquad (\theta \text{ angle lu sur le cercle polarimétrique}).$$

En observant à nouveau dans V, nous superposons exactement sur F les images successives de la source; l'observation à travers O donne alors :

$$I' = I_0 \sin^2\theta'.$$

Mais I' n'est autre que la somme des intensités des faisceaux successifs (il s'agit d'une bande spectrale)

$$I' = I(1 + f^2 + f^4 + \ldots + f^{2n} + \ldots) = \frac{I}{1-f^2}.$$

On a donc

$$1 - f^2 = \frac{I}{I'} = \frac{\sin^2\theta}{\sin^2\theta'}.$$

La méthode est particulièrement intéressante si f est voisin de l'unité.

(1) Fabry et Buisson, *J. Phys.*, 9, 1919, p. 189; Duffieux, *Revue d'Optique*, 11, 1932, p. 212; Roig, *Thèse*, Paris, 1937, p. 65; Dufour, *Thèse*, Paris, 1950, p. 55.

On peut explorer facilement l'étendue du spectre visible et déterminer simultanément le pouvoir de transmission.

4. Nous avons supposé les deux lames identiques; dans le cas contraire, la mesure donne $1 - f_1 f_2$.

Supposons alors que nous associons deux par deux trois lames dont les pouvoirs réflecteurs sont f_1, f_2, f_3, nous aurons

$$f_1 f_2 = M_2, \qquad f_2 f_3 = M_1, \qquad f_3 f_1 = M_2.$$

Par suite

$$M_1 f_1^2 = M_2 M_3, \qquad M_2 f_2^2 = M_3 M_1, \qquad M_3 f_3^2 = M_1 M_2;$$

l'étude des trois lames se fera ainsi simultanément. Si l'on dispose d'une lame dont le pouvoir réflecteur a déjà été mesuré, une seule opération permet évidemment d'étudier une nouvelle lame.

SPECTROSCOPIE MOLÉCULAIRE. — *Analyse des états de vibration du groupement carbonyle de la cyclopentanone liquide.* Note de MM. **Félix Taboury** et **Élie Gray**, présentée par M. Jean Cabannes.

La comparaison des spectres d'absorption et de diffusion des cétones et des aldéhydes liquides, où le carbonyle n'apparaît pas avec la même fréquence, laisse supposer que ces substances présentent un état d'association caractérisé par la formation de molécules doubles (1). Ces paires résultent du couplage de deux groupes carbonyles fortement polaires en disposition antiparallèles.

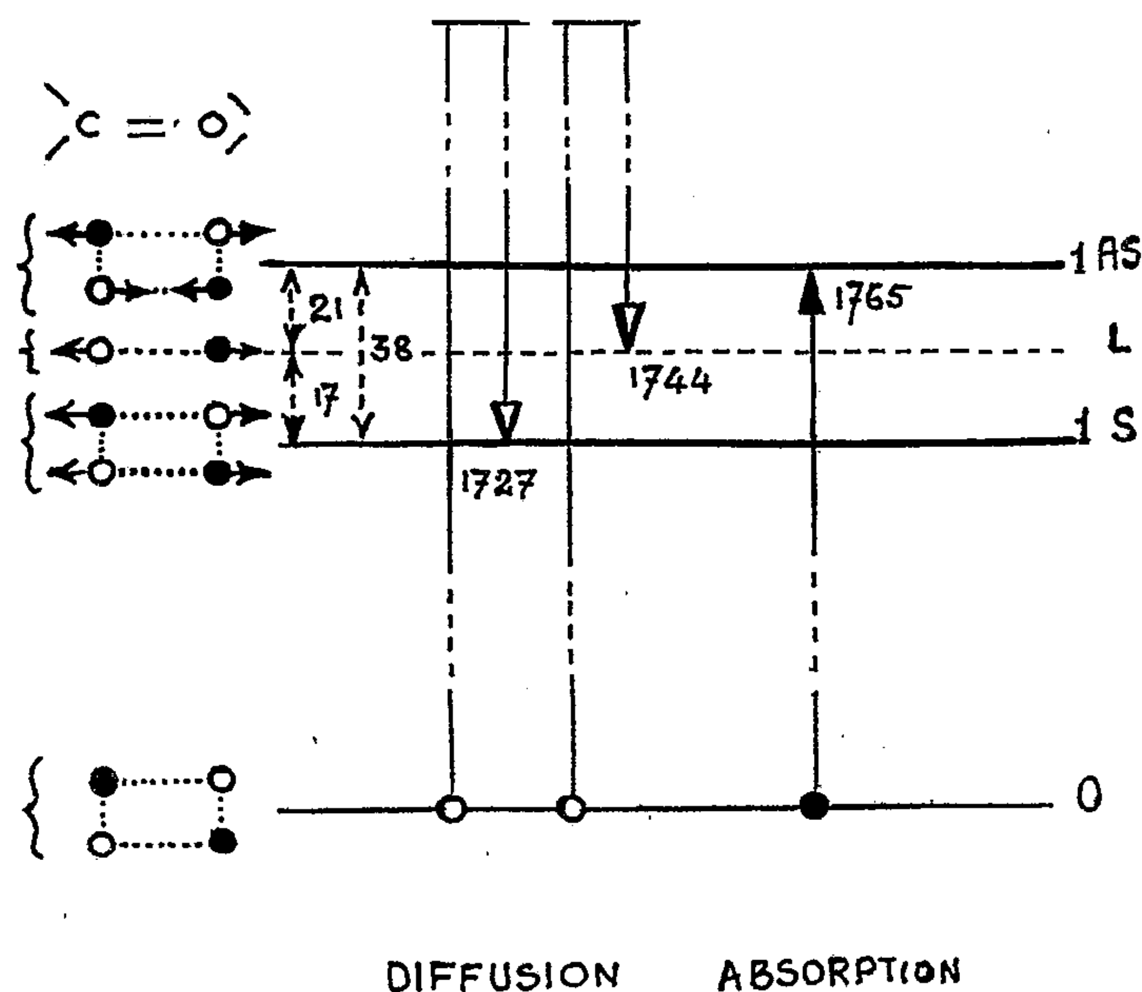
L'étude détaillée de la cyclopentanone permet de préciser et de confirmer ce point de vue.

Cette substance présente une particularité spectroscopique bien connue : son spectre de diffusion à l'état liquide comporte deux fréquences attribuables au groupe carbonyle, alors que cétones et aldéhydes ne comportent en général qu'une bande large; ce sont les fréquences 1744 et 1727 cm^{-1} qui apparaissent dans le spectre Raman sous la forme de bandes larges d'intensité forte. Ces deux composantes voisines ne sont pas toujours séparées dans les anciennes observations faites sur ce corps. Une révision des spectres Raman et infrarouge nous a paru nécessaire, elle nous a donné trois fréquences attribuables au carbonyle, à savoir en cm^{-1} :

Absorption IR (Prisme de fluorure de Li).....	–	–	1765
Diffusion (Exemple par 4046 et 4358 Å).......	1727	1744	–

(1) Lecomte, Taboury et Gray, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 907-908; Gray, *Thèse*, Paris, 1948; Thomassin, *Thèse*, Paris, 1951.

Les niveaux d'énergie de vibration du carbonyle que l'on peut déduire de ces données expérimentales sont schématisées dans la figure 1. Il ressort de cette analyse que le niveau de vibration 1 du carbonyle considéré comme une molécule diatomique ([2]) est double, comme le fait prévoir un état de couplage



par paires antiparallèles. Les règles de sélection sont satisfaites du point de vue de la symétrie de l'ensemble des couples de carbonyle comportant un centre de symétrie situé hors des axes de vibration de chacun de ces groupements. Chaque état de vibration de rang supérieur ou égal à 1 comporte un état symétrique S et un état antisymétrique AS. La cyclopentanone se comporte donc à ce point de vue comme toutes les cétones, *mais avec un écart très considérable de* 38 cm^{-1} *entre les niveaux* S *et* AS.

La raie supplémentaire du spectre de diffusion citée comme anormale à 1744 cm^{-1} est située, dans ce cas, au milieu de l'intervalle IR(1765)-R(1727). Elle s'interprète simplement si on l'attribue à une transition de diffusion qui part donc du niveau 0 pour aboutir à un niveau supérieur L distinct des précédents et situé entre 1 S et 1 AS. L'écart énergétique qui sépare les niveaux 0 et L permet de supposer que ce dernier correspond à la vibration du carbonyle non couplé.

([2]) TABOURY, *J. Chim. Phys.*, 47, 1950, p. 740-746.

SPECTROSCOPIE MOLÉCULAIRE. — *Spectre d'absorption ultraviolet de la cyclopentanone à l'état de vapeur.* Note de M[lle] **Marguerite Lestrade** et M. **Pierre Thouvenin**, présentée par M. Jean Cabannes.

La cyclopentanone utilisée a été préparée à partir de l'acide adipique, puis distillée avec soin et ses constantes physiques vérifiées.

Le spectre d'absorption ultraviolet du gaz se présente sous la forme d'un système de bandes assez fines, vers 3000 Å, dans la région où la même substance donne, soit à l'état liquide, soit en solution dans l'hexane, une bande très large due au carbonyle. Sur les spectres de ces états condensés ([1]), on constate un maximum général d'absorption vers 2900 Å et des maxima secondaires pour des longueurs d'onde de 3245, 3145, 3060, 2980 et 2900 Å. Dans le cas de la phase vapeur, la bande est résoluble en cinq séries A, B, C, D, E, qui débutent du côté du visible à 3316 Å. Chaque série correspond à l'un des accidents locaux mentionnés sur le spectre de la cétone liquide. Entre le spectre du liquide et celui de la vapeur il faut toutefois noter un léger déplacement relatif.

Sur le tableau I sont consignés les longueurs d'onde et les nombres d'onde pour lesquels la correction du vide n'a pas été évaluée en raison de la largeur des composantes.

TABLEAU I.

Absorption de la cyclopentanone en vapeur.

λ (Å).	V (cm⁻¹).	Désignation.	Intensité relative.	λ (Å).	V (cm⁻¹).	Désignation.	Intensité relative.
3 316,0	30 153	A_{-3}	1	3 141,6	31 831	B_{-1}	8
3 293,2	30 366	A_{-2}	0,5	3 120,8	32 043	B	9
3 267,5	30 604	A_{-1}	4	3 113,6	32 117	B_1	9
3 245,7	30 810	A	5	3 101,4	32 244	B_2	0,5
3 237,6	30 887	A_1	5	3 094,9	32 315	B_3	0,5
3 224,1	31 016	A_2	0,5	3 081,8	32 448	B_4	2
3 216,9	31 085	A_3	0,5	3 067,9	32 595	C_{-3}	2
3 202,7	31 223	A_4	1	3 048,3	32 805	C_{-2}	2
3 187,9	31 368	B_{-3}	1	3 027,0	33 039	C_{-1}	3
3 166,5	31 580	B_{-2}	2				

Sur le tableau II, nous avons présenté le résultat de l'analyse de la bande. Les séries A et B sont distantes de 1225, les séries B et C de 1220 cm⁻¹ environ. Dans chacune d'elles, on décèle la présence d'une paire de raies de grande intensité que l'on a désignées par les lettres A, A_1; B, B_1; C, C_1; .... Du côté des grandes longueurs d'onde, à partir de A, B, C, on relève des intervalles

([1]) M[lle] Biquart, *Bull. Soc. Chim.*, 8, 1941, p. 62.

moyens de 210 et 238 cm^{-1} (A_{-1}, A_{-2}, A_{-3}) (B_{-1}, B_{-2}, B_{-3}) et du côté des courtes longueurs d'onde, des intervalles moyens de 75 et 130 cm^{-1} (A_1, A_2, A_3, A_4) (B_1, B_2, B_3, B_4).

TABLEAU II.

Structure de la bande d'absorption de la cyclopentanone vapeur.

Série A.		Série B.		Série C.
A_4	1225	B_4		C_4
138		133		
A_3	1230	B_3		C_3
69		71		
A_2	1228	B_2		C_2
129		127		
A_1	1230	B_1		C_1
77		74		
A	1233	B		C
206		212		
A_{-1}	1227	B_{-1}	1208	C_{-1}
238		251		234
A_{-2}	1214	B_{-2}	1225	C_{-2}
213		212		210
A_{-3}	1215	B_{-3}	1227	C_{-3}
Moyenne :	1225 cm^{-1}		1220 cm^{-1}	

Il faut remarquer que les bandes sont plus nettes du côté du visible que vers l'ultraviolet. A partir de la série C, les composantes deviennent larges et floues; les séries D et E ne peuvent plus être décomposées. Le spectre présente donc le caractère spécifique de la *prédissociation*. La limite de prédissociation se déplace de plus en plus vers le visible lorsque l'on élève la température. Ainsi un spectre pris à 140° C présente seule la série A nettement visible; sur un autre, pris à 105° C, la série B est exploitable et, enfin, à 85° C, la série C peut être en partie analysée. Pour des températures inférieures, la tension de vapeur est insuffisante pour provoquer une absorption notable sous 8 cm d'épaisseur.

Le spectre obtenu est un spectre de vibration, les moments d'inertie de la molécule sont trop élevés et le spectre de rotation n'apparaît pas. Les composantes sont estompées sur leurs deux bords.

On peut penser en utilisant un raisonnement analogue à celui qu'a employé Almasy ([2]) dans le cas de l'aldéhyde benzoïque, que les fréquences 130 et

([2]) *J. Chim. Phys.*, 30, 1933, p. 28 et 64.

75 cm^{-1}, distribuées du côté ultraviolet, sont attribuables à la molécule activée; alors que les fréquences 210 et 238 cm^{-1} distribuées de l'autre côté, auraient pour origine les vibrations de la molécule normale, elles se retrouvent, d'ailleurs, dans le spectre Raman avec les valeurs 202 et 240 cm^{-1}.

La fréquence 1225 cm^{-1} correspond à la valeur de fréquence du carbonyle à l'état excité que nous avions déduite de la simple analyse du spectre d'absorption continu du liquide ([3]).

PHYSIQUE CRISTALLINE. — *Sur les variations de fréquence d'une vibration polaire, active en effet Raman, en fonction de l'orientation du vecteur d'onde par rapport à la direction de la vibration.* Note de M. **Henri Poulet**, présentée par M. Jean Cabannes.

La fréquence de la vibration fondamentale d'un modèle cristallin formé de dipôles linéaires parallèles entre eux varie comme le carré du cosinus de l'angle que fait la direction de la vibration avec celle de la propagation de l'onde élastique qui la transporte.

Nous avons montré récemment ([1]) comment dans un cristal les vibrations fondamentales qui produisent un moment électrique de dipôle et sont actives en diffusion, pouvaient se séparer en ondes élastiques longitudinales et en ondes transversales, de fréquences distinctes.

Nous nous proposons dans cette Note d'étudier les variations de fréquence d'une vibration polaire d'un cristal produisant un moment de dipôle d'orientation fixe $\vec{M}_z$ lorsqu'on fait varier l'angle θ que fait la direction du vecteur d'onde $\vec{k} = 1/\lambda$ avec $\vec{M}_z$.

Nous nous placerons dans le cas où la longueur d'onde λ est grande devant les dimensions de la maille élémentaire et petite devant celle du cristal, ce qui correspond aux conditions expérimentales de la diffusion.

Considérons le modèle simple d'un réseau hypothétique constitué de dipôles capables de vibrer avec un moment de direction fixe $\vec{M}_z$, parallèle à l'axe optique Oz d'un cristal uniaxe. Il est alors possible d'étudier les variations de fréquence que peut présenter la vibration polaire lorsqu'on fait varier l'angle θ.

En effet, si $\vec{k}$ est dirigé suivant Oy (ou, indifféremment, Ox) $\theta = \pi/2$. L'onde élastique est transversale et la polarisation par unité de volume peut s'écrire

$$\vec{P}_{tr} = \vec{P}_0 \cos 2\pi(\nu t - ky),$$

([3]) Mlle Lestrade, *J. Phys.*. 13, 1952, p. 9 S.

([1]) L. Couture-Mathieu, H. Poulet et J. P. Mathieu, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1761.

$\vec{P}_0$ étant un vecteur de direction Oz; dans ce cas, div $\vec{P}_{tr} = 0$ et l'état de polarisation n'induit pas de charges de volume. Dans ce calcul du champ agissant sur un dipôle, nous n'aurons à tenir compte que :

a. des charges sur la sphère de Lorentz, ce qui donne $4\pi\vec{P}_{tr}/3$;

b. des charges sur la surface limite du cristal; cette contribution est nulle [2];

c. de l'action des dipôles intérieurs à la sphère de Lorentz; cette contribution n'est pas nulle, car le milieu ne possède pas la symétrie cubique; elle est assez faible, mais difficile à évaluer; nous la représenterons par $4\pi/3\,(\beta\vec{P})$, β étant un coefficient petit.

Soit $-2K$ la constante de force due aux interactions de répulsion; celles-ci, rapidement décroissantes avec la distance, sont indépendantes de la direction des ondes élastiques, et $-2K$ peut être considérée comme constante pour une direction de vibration donnée. Si $\vec{u} = \vec{u}_0 \cos 2\pi(\nu t - ky)$ représente l'amplitude du dipôle vibrant, la constante de rappel totale K_{tr} a pour expression :

$$-K_{tr}\vec{u} = -2K\vec{u} + \frac{4\pi\vec{P}}{3}(1+\beta)e,$$

comme $\vec{P} = e\vec{u}/\Omega$ (Ω, volume de la maille élémentaire; e, charge élémentaire):

$$K_{tr} = 2K - \frac{4\pi e^2}{3\Omega}(1+\beta). \tag{1}$$

Faisons maintenant varier l'angle θ, $\vec{k}$ tournant dans le plan yOz par exemple. Nous pouvons décomposer $\vec{P}$ en une composante longitudinale suivant $\vec{k}$, et une composante transversale; on a $|\vec{P}_{long}| = |\vec{P}|\cos\theta$, et seule div $\vec{P}_{long}$ sera différente de zéro. Par suite, il s'introduit des charges de volume responsables d'un champ $-4\pi\vec{P}_{long}$ dont la composante sur la direction de vibration d'un dipôle est $4\pi|\vec{P}_{long}|\cos\theta$, soit $-4\pi|\vec{P}|\cos^2\theta$.

Le champ dû aux charges de surfaces et aux dipôles intérieurs à la sphère de Lorentz n'est pas modifié.

Au total, le champ suivant Oz est

$$-4\pi\vec{P}\cos^2\theta + \frac{4\pi}{3}\vec{P}(1+\beta)$$

et la constante de force devient

$$K_\theta = 2K - \frac{4\pi e^2}{\Omega}\left(\frac{1+\beta}{3} - \cos^2\theta\right). \tag{2}$$

---

[2] J. COUTURE, *Rev. Scient.*, 85, 1947, p. 86.

Par suite, si l'on peut affecter à un dipôle la masse réduite m, nous avons en retranchant (1) et (2) et en tenant compte de la relation

$$\nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{K}{m}}, \qquad \nu_\theta^2 - \nu_{tr}^2 = \frac{e^2}{\pi m \Omega}\cos^2\theta \quad (^3).$$

Si la différence entre $\nu_{long}(\theta = 0)$ et ν_{tr} n'est pas très grande, nous pouvons écrire

$$\nu_\theta - \nu_{tr} = \text{const.} \cos^2\theta.$$

Cette relation se vérifie correctement pour certaines raies du perchlorate de lithium hydraté ([4]).

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Sur la réponse des cellules à couche d'arrêt. Une théorie permettant de prévoir les variations de la tension fournie en fonction de l'éclairement et de la résistance de charge par une cellule photoélectrique à couche d'arrêt au sélénium.* Note (*) de M. **Georges Blet**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'étude mathématique des hypothèses formulées permet de réduire à une seule courbe le réseau si complexe des courbes de réponse des cellules à couche d'arrêt.

L'accord avec l'expérience est remarquable pour des résistances de charge quelconques et des éclairements compris entre 1 et 100 000 lux.

Nous supposons le schéma interne d'une cellule à couche d'arrêt conforme à celui de la figure 1.

C est la capacité constituée par la couche de sélénium S_e et la couche transparente métallique F_e séparées par la « couche d'arrêt » de résistance propre r, r' est la résistance de conductibilité des électrodes, R est la résistance de charge extérieure.

Soient v la différence de potentiel aux bornes A et B de la capacité et V la différence de potentiel utilisable aux bornes C et D de la résistance de charge.

Nous faisons les hypothèses suivantes :

a. le nombre de photoélectrons arrachés à la couche de sélénium S_e est rigoureusement proportionnel au nombre de photons incidents, donc à l'éclairement de la cellule. Le coefficient de proportionnalité est le rendement quantique ρ.

b. la fraction de photoélectrons qui atteint l'électrode F_e est une fonction décroissante de la différence de potentiel v entre les électrodes.

([3]) Pour $\theta = 0$, cette expression se ramène à celle qu'ont obtenue Mott et Frohlich (*Proc. Roy. Society*, A, **171**, 1939, p. 496).

([4]) J. P. Mathieu et L. Couture-Mathieu, *J. Phys.* (sous presse).

(*) Séance du 12 mai 1952.

c. les photoélectrons sont émis avec une répartition spatiale conforme à la loi de Lambert et une répartition de vitesse déterminée expérimentalement conformément à la courbe de la figure 2.

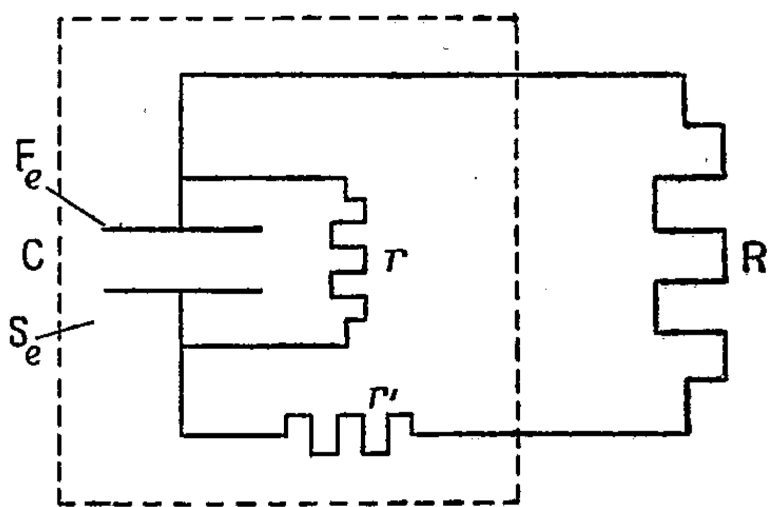


Fig. 1.

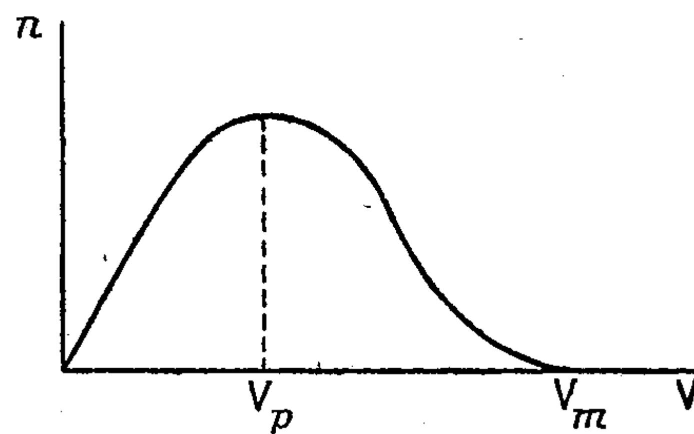


Fig. 2.

Mécanisme de la cellule. — Les photoélectrons atteignant l'électrode F_e créent un courant dans la résistance de fuite r et dans le circuit extérieur R. L'électrode F_e se charge négativement et freine les photoélectrons.

Il est possible de calculer à partir des hypothèses précédentes la fonction $g(v)$ du potentiel retardateur v telle que la fraction utile de photoélectrons soit $g(v)$. En particulier $g(0)=1$ et $g(v_0)=0$. v_0 est alors le potentiel limite susceptible d'être atteint.

Nous avons trouvé pour $g(v)$ une fonction du type $(1-v/v_0)^n$, d'où pour la relation entre l'éclairement et v :

$$E = A\frac{v}{\left(1-\frac{v}{v_0}\right)^n}. \tag{1}$$

En court-circuit la tension v est pratiquement nulle, donc le courant est proportionnel à l'éclairement. A vide, au contraire, la tension tend vers la limite v_0.

Le fait de charger la cellule par une résistance R diminue la valeur de v pour un même éclairement, donc augmente le nombre de photoélectrons utiles et redresse la courbe de réponse.

Nous avons démontré à partir de ces hypothèses le fait essentiel suivant :

Une seule courbe suffit pour représenter le comportement d'une cellule dans des conditions quelconques de charge et d'éclairement.

C'est la courbe représentative de la relation (1), $v=f(E)$, valable pour une résistance de charge infinie.

Pour une résistance de charge R, les équations de transformation sont :

$$\log E' = \log E - \log\frac{R+r'}{R+r'+r}, \qquad \log i = \log v - \log(R+r').$$

Accessoirement, nous avons pu calculer les valeurs de r, r' et ρ.

r (résistance interne) = 500 000 Ω.
r' (résistance de conductibilité) < 50 Ω,
ρ (rendement quantique) = 0.53 (pour la raie verte du mercure).

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la courbe parcours-énergie des électrons lents dans les émulsions nucléaires.* Note (*) de MM. **Bernard Gauthe** et **Jacques-Marcel Blum**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons entrepris de nouvelles mesures dans le but de préciser l'allure de la courbe parcours-énergie des électrons de faible vitesse, d'énergie inférieure à 20 keV, dans les plaques photographiques nucléaires.

Suivant la technique précédemment indiquée par l'un de nous ([1]), nous utilisons les électrons libérés dans l'émulsion par effet photoélectrique à partir d'un faisceau de rayons X rigoureusement monochromatique et d'énergie connue. Nous avons employé les raies d'émission de $K\alpha_1$ de l'argent et $K\alpha_1$ du zirconium, de 22, 1 et 15,7 keV respectivement, isolées par un monochromateur à cristal courbé utilisé par transmission, type Y. Cauchois; les plaques étaient disposées verticalement, tangentes au cercle de focalisation et sensiblement perpendiculaires au faisceau incident (angle d'incidence : 12°). Après développement, la raie est amenée dans le champ du microscope et examinée avec un fort grossissement; pour chaque raie, la répartition des traces suivant leurs longueurs est décomposable en plusieurs groupes partiels qui suivent la loi de Gauss; ces groupes correspondent aux différents niveaux d'origine des photoélectrons. Pour identifier avec certitude ces divers groupes et pouvoir ainsi leur attribuer des énergies définies, nous avons estimé par le calcul leurs intensités respectives à partir des coefficients d'absorption des éléments de l'émulsion, pour la fréquence incidente, et des valeurs du saut d'absorption pour les niveaux de chaque élément. Elles ont été ensuite comparées avec les valeurs mesurées.

Les longueurs ont été mesurées à 0,25 μ près pour les traces inférieures à 2 μ et à 0,5 μ près pour les traces supérieures à 2 μ. Il a donc été nécessaire d'effectuer une correction sur le nombre de ces dernières traces pour obtenir une répartition homogène sur toute l'échelle des longueurs.

Les longueurs réelles ont été calculées en multipliant les longueurs mesurées par un facteur 1,47 pour tenir compte de la contraction de la gélatine et du rapport 0,82 existant entre le parcours projeté et le parcours moyen ([2]).

(*) Séance du 19 mai 1952.

([1]) J. M. Blum, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 918; *J. Phys. Rad.*, **12**, 1951, p. 860.

([2]) S. T. Tsien, C. Marty et B. Dreyfus, *J. Phys. Rad.*, 8, 1947, p. 269.

Argent. — Nous avons d'abord utilisé une plaque Ilford G 5 200 μ développée à l'amidol suivant la méthode du cycle de température ([3]). 500 traces ont été mesurées; l'histogramme obtenu (*fig.* 1) se décompose en trois groupes : le groupe principal, avec une importance relative d'environ 85 %, correspond aux électrons issus de la couche K du brome; l'abscisse du maximum donne une longueur réelle de 1,85 ± 0,1 μ : l'énergie correspondante est 8,7 keV. Le second groupe correspond à la couche L de l'argent (18,5 keV) avec une importance relative de 10 % et un parcours réel de 3,1 ± 0,25 μ. Le dernier groupe (5 %) avec un parcours de 4,0 ± 0,4 μ rassemble les électrons issus des couches externes du brome et de l'argent et des différentes couches des éléments légers de la gélatine; leurs énergies sont comprises entre 20,4 et 22,2 keV.

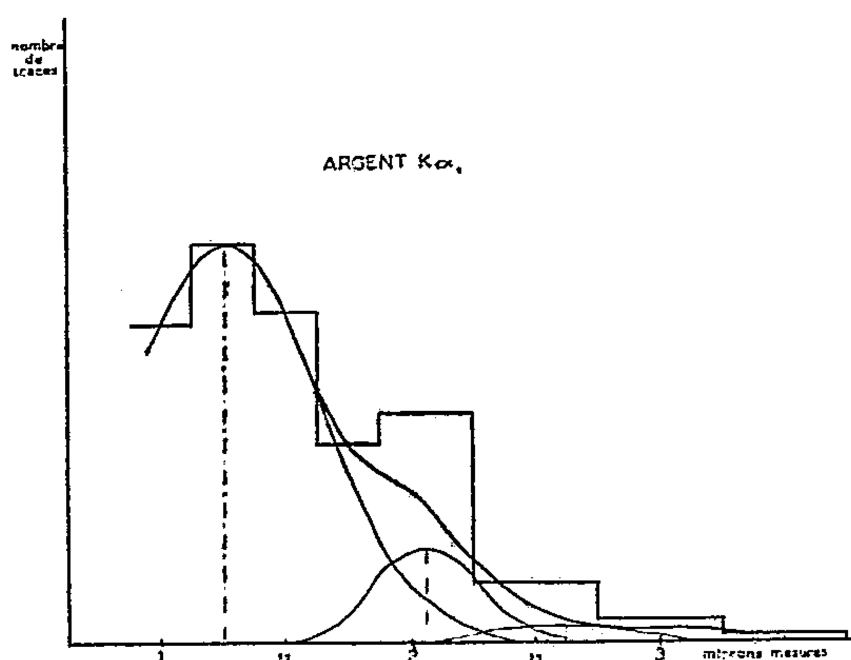


Fig. 1.

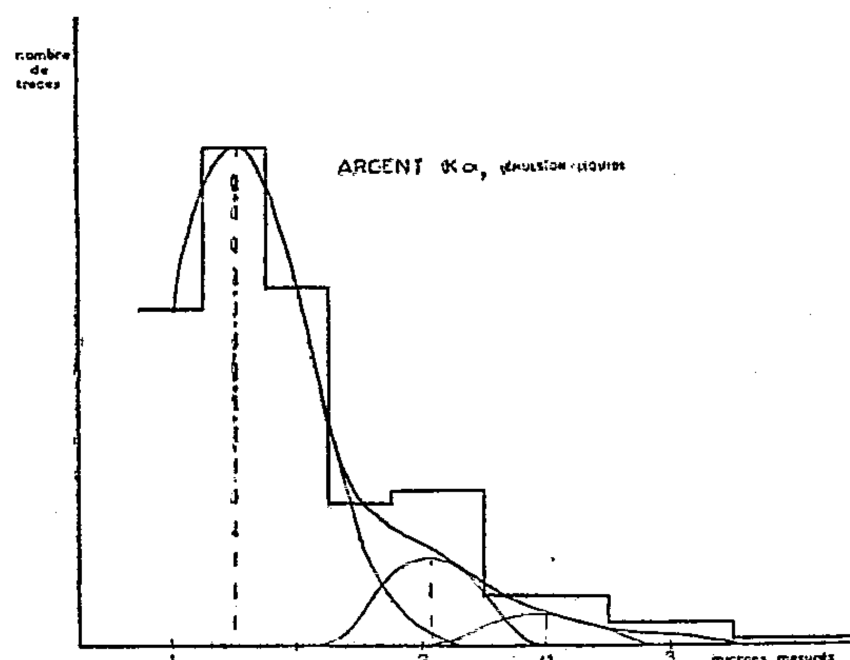


Fig. 2.

Sur la même plaque, 1000 traces avaient été précédemment mesurées, mais avec une précision insuffisante pour obtenir des résultats significatifs.

Ces mesures ont été continuées avec une émulsion « liquide », coulée et séchée au Laboratoire, puis développée comme précédemment, mais en utilisant un révélateur au glycin. L'histogramme obtenu (*fig.* 2) avec 500 traces donne respectivement pour les trois groupes 86-9 et 5 % du nombre total des traces mesurées, en bon accord avec les résultats précédents.

Le groupe principal a pu être identifié sans ambiguïté, bien que son importance relative (85 %) soit nettement supérieure à la valeur calculée (57 %).

([3]) C. C. Dilworth, G. Occhialini, L. Vermaesen et A. Bonetti, *Bull. Centre Phys. Nucl. Bruxelles*, n°s 13 *a* et 13 *b*.

Zirconium. — La plaque employée était une Ilford G 5 de 200 μ développée au glycin, suivant la méthode des cycles de température. Les mesures ont porté sur 500 traces; l'histogramme obtenu (*fig.* 3) ne permet de préciser qu'un maximum, qui correspond à un parcours réel de 3,0 ± 0,4 μ; ce groupe comprend les électrons issus des couches L de l'argent et du brome et des couches extérieures de l'argent, avec des énergies comprises entre 12 et 15,75 keV.

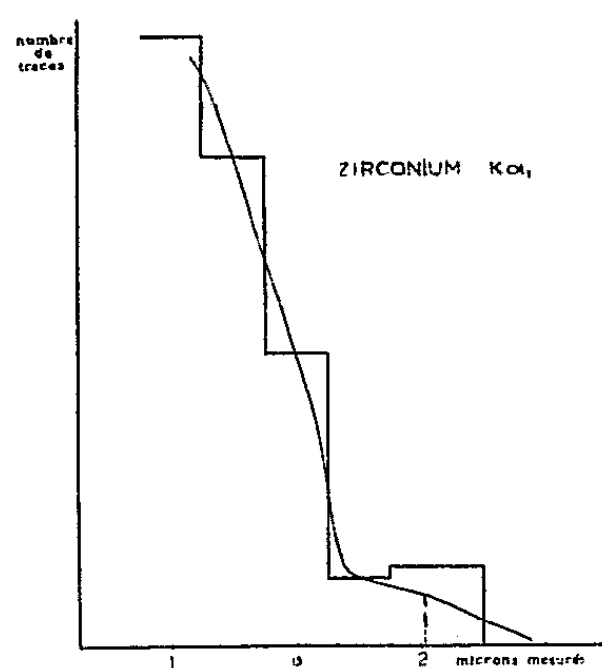


Fig. 3.

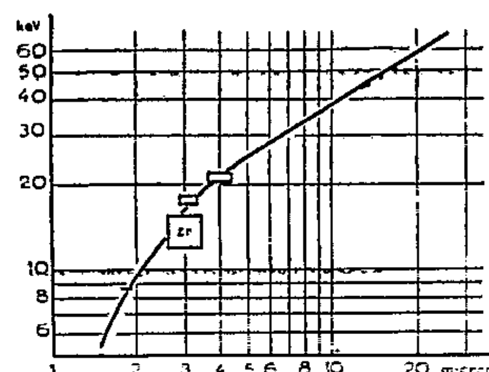


Fig. 4.

L'ensemble de ces mesures permet donc de préciser quatre nouveaux points de la courbe parcours-énergie tracée en coordonnées logarithmiques (*fig.* 4); elle paraît s'écarter nettement, au-dessous de 20 keV, de la droite précédemment trouvée [1] pour s'infléchir vers le bas.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la solvatation du chlorure de polyvinyle par diverses molécules organiques.* Note de MM. **Pierre Terra** et **René A. Pâris**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Étude de la solvatation d'un chlorure de polyvinyle industriel : 1° par des liquides binaires doués de propriétés dissolvantes vis-à-vis du polymère; 2° par des vapeurs pures, de différentes cétones principalement.

Nous avons attiré l'attention, dans un Mémoire antérieur [1], sur le phénomène de solvatation des hauts polymères par les molécules susceptibles de plastifier ou de dissoudre ces derniers. Nous résumerons, dans la présente Note, les résultats obtenus à ce point de vue en soumettant le chlorure de polyvinyle à quelques liquides binaires doués de propriétés solvantes, ainsi

(1) J. Corbière, P. Terra et R. Pâris, *J. Polym. Sc.*, 8, 1952, p. 101.

qu'à un certain nombre de molécules à l'état de vapeur. Le chlorure de polyvinyle étudié était un échantillon commercial de masse moléculaire voisine de 51000 (déterminée par osmométrie en solution dans la cyclohexanone); ce dernier était soumis à une pression de 1,6 tonne/cm², afin d'obtenir des pastilles suffisamment compactes pour se prêter aux déterminations de solvatation.

1. *Solvatation en phase liquide.* — Les pastilles de chlorure de polyvinyle ont été soumises, à température bien déterminée, à l'action de liquides binaires susceptibles de provoquer la gélatinisation précédant la dissolution du polymère. Par application de la méthode des restes dont nous avons brièvement rappelé le principe dans notre précédent Mémoire ([1]), il a été possible de déterminer graphiquement la composition du « solvate » dans les différents cas; les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau I, où l'on a exprimé le taux de solvatation en mole de chaque constituant du mélange liquide par chaînon C_2H_3Cl du polymère.

TABLEAU I.

Solvatation du chlorure de polyvinyle en phase liquide.

Nature du liquide binaire : 1 + 2.		Taux de solvatation.					
		à 5° C.		à 20° C.		à 45° C.	
1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.
2-propanone	Sulfure de carbone	0,5	0,5	0,4	0,4	–	–
2-propanone	Perchloréthylène	0,35	0,0	0,4	0,0	0,5	0,0
2-butanone	Sulfure de carbone	–	–	0,15	0,2	–	–
2-butanone	Perchloréthylène	–	–	0,2	0,0	–	–
3-pentanone	Perchloréthylène	–	–	0,15	0,0	–	–
Sulfure de carbone	Hexane (*)	–	–	0,25	0,0	–	–
Pyridine	Eau	–	–	0,15	0,0	–	–

(*) Le mélange sulfure de carbone-hexane ne dissout pas le chlorure de polyvinyle.

2. *Solvatation en phase vapeur.* — Dans ce cas nous soumettons la pastille de chlorure de polyvinyle à l'action d'une vapeur *sèche* d'un corps organique pur. Cette pastille est placée dans un panier de toile d'acier inoxydable suspendu dans le col d'un ballon de distillation. La vapeur du corps étudié est produite par l'ébullition du liquide dans le ballon et, grâce à une résistance électrique entourant le col du ballon à l'endroit du panier, on réalise une légère surchauffe de la vapeur, juste suffisante pour éviter une condensation de celle-ci sur le polymère. La pression dans l'appareil est réglée par un manostat et ajustée de façon à obtenir la même température d'ébullition pour tous les corps utilisés. Pour une pression constante, une ébullition régulière et une surchauffe constante, on observe une augmentation de poids de la pastille jusqu'à ce que l'équilibre de solvatation soit atteint; à ce moment la pastille est devenue transparente lorsque le corps étudié a un pouvoir solvant suffisant vis-à-vis du

polymère. Cette augmentation de poids de la pastille détermine le taux de solvatation. Les valeurs moyennes obtenues par cette technique sont rassemblées dans le tableau II.

TABLEAU II.

Solvatation du chlorure de polyvinyle en phase vapeur.

Vapeur.	Taux de solvatation en mole de solvant par groupement C_2H_3Cl.	Température de la vapeur surchauffée (°C).	Aspect final de la pastille.
2-propanone	0,52	60	transparente
2-butanone	0,45	60	»
2-pentanone	0,49	60	»
3-pentanone	0,49	60	»
4-méthyl 2-pentanone	0,51	60	»
Cyclopentanone	0,43	60	»
Cyclohexanone	0,49	60	»
Sulfure de carbone	0,27	50	presque opaque
Perchloréthylène	0,10 (?)	60	entièrement opaque

Nous poursuivons actuellement l'étude de ces « solvates » et il serait prématuré pour l'instant d'avancer des conclusions insuffisamment étayées sur la formation et la nature de ces complexes dont l'existence ne saurait être mise en doute. Nous ferons simplement remarquer que nos résultats font apparaître une différence essentielle entre la solvatation par des liquides binaires et la solvatation par des vapeurs pures : dans le premier cas, le taux de solvatation à température constante est fonction de la grandeur moléculaire de la cétone et diminue nettement lorsque le poids moléculaire augmente tandis qu'à l'état de vapeur, à 60°, toutes les cétones que nous avons étudiées solvatent le polymère sensiblement au même degré.

Il est également intéressant de noter que la molécule non polaire de CS_2 solvate aussi bien en phase liquide qu'en phase vapeur et que l'acétone favorise particuliérement cette solvatation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la détermination précise de la température d'ébullition des mélanges. Dispositif expérimental et corrections.* Note (*) de M. **Antoine-Pierre Rollet**, présentée par M. Louis Hackspill.

Un type d'ébullioscope est décrit. Il permet, en particulier, la détermination du point d'ébullition des mélanges de liquides. Un procédé graphique de correction élimine la surchauffe et la quasi-totalité de l'erreur due à l'espace nuisible.

Depuis longtemps, les chimistes ont cherché à débarrasser l'ébullioscopie

(*) Séance du 19 mai 1952.

de ses défauts, dont les plus notoires sont la surchauffe et l'espace nuisible. L'appareil de Swietoslawski est l'un des meilleurs ébullioscopes, mais la surchauffe n'y est pas totalement éliminée et l'erreur due à l'espace nuisible subsiste. De plus, il ne permet pas une détermination précise des températures d'ébullition quand le corps dissous est volatil.

L'appareil présenté par la figure 1 (à gauche) s'inspire du Swietoslawski. Il est rempli de liquide jusqu'au niveau N. Une pompe de Cottrel B projette liquide et vapeur autour du logement C du thermomètre. Le liquide déborde et retombe dans le réservoir A. Un vase de Dewar enveloppe le logement C. Un fil de nichrome permet de chauffer l'espace occupé par la vapeur; le courant électrique est réglé de manière à maintenir la température de la paroi de verre au voisinage du point d'ébullition du liquide. Quand on ferme le robinet R, le liquide de reflux emplit une ampoule; on mesure le temps mis par le liquide pour atteindre le trait de jauge Q. On détermine ainsi le régime d'ébullition.

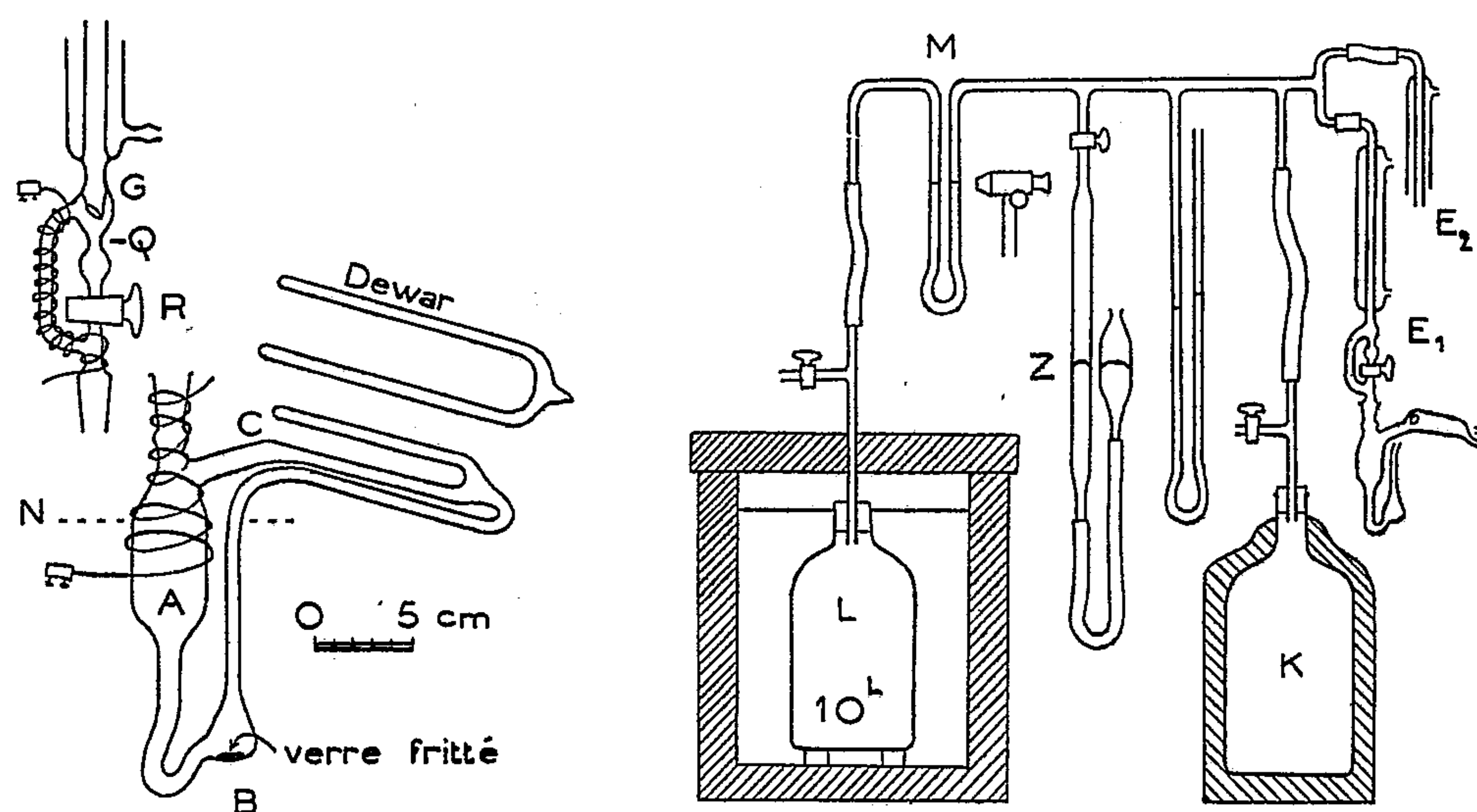


Fig. 1.

La figure 1 (à droite) montre le montage général. Un réservoir tampon K est relié à deux ébullioscopes à peu près identiques; l'un renferme le solvant pur, l'autre la solution. Un seul thermomètre [1] est utilisé. L'azotomètre Z permet de ramener, avant chaque mesure, la pression à l'égalité de celle d'un réservoir L logé dans un thermostat de précision (± 0,02°). Le manomètre différentiel M contient un liquide léger (huile).

---

[1] Roberteau au centième de degré. L'indication qu'il fournit dépend de son inclinaison. Celle-ci doit être la même dans les deux ébullioscopes.

La figure 2 donne les résultats obtenus avec le benzène pur et un mélange benzène-toluène. Les températures notées sont portées en fonction du régime d'ébullition exprimé par le volume du liquide condensé dans l'unité de temps. On obtient des droites, sauf aux très faibles régimes où les pertes de chaleur l'emportent malgré la protection du Dewar. Pour le benzène pur, la droite a une très faible pente positive; avec la solution, la pente est accentuée.

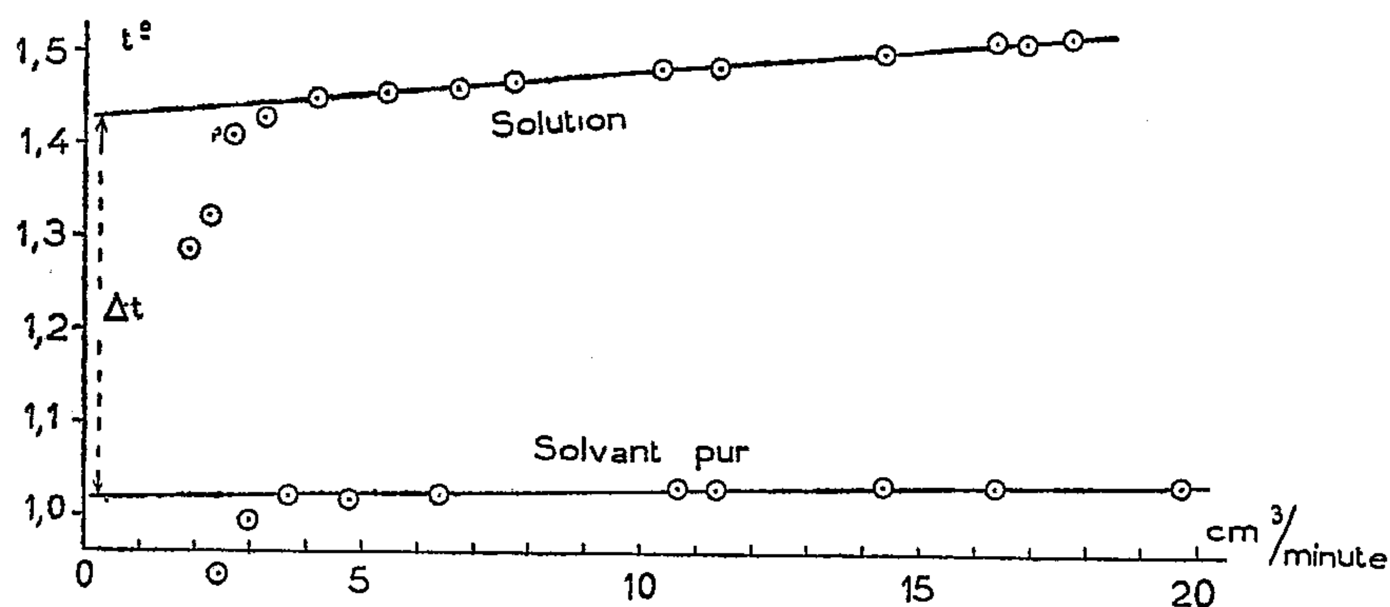


Fig. 2.

Le régime d'ébullition a une influence sur la température observée. Le fait n'est pas particulier à ce type d'ébullioscope. On supprime l'effet du régime par une extrapolation des deux droites jusqu'à l'abscisse zéro; Δt est alors mesuré à l'origine. D'autres séries d'expériences avec les mêmes liquides font retrouver ce Δt à 2 ou 3/1000 de degré près.

Au régime zéro, la vapeur ne dépasse pas le compte-gouttes G. Comme elle occupe un espace chauffé, il n'y a pratiquement pas de condensation et le flux de vapeur qui parvient au logement C est infime. On supprime ainsi la majeure partie de l'erreur appelée « espace nuisible » (liquide de condensation qui reflue, changement de composition du liquide autour du logement C). L'erreur tend à se réduire maintenant à celle qui provient du volume occupé par la vapeur seule. On peut diminuer ce volume, c'est une question de dimensions à donner aux diverses parties de l'appareil. Dans le modèle décrit, la vapeur ne dispose que de la moitié de l'espace affecté au liquide; l'erreur relative sur la composition qui en résulte est 2/1000 (cas du benzène solvant). Avec un corps dissous volatil elle est plus petite.

L'extrapolation à l'origine fait disparaître aussi les résidus de surchauffe que les dispositifs de Cottrell et de Swietoslawski ne suppriment jamais complètement.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de l'adsorption des gaz sur le durcissement superficiel du bronze de beryllium, revenu après trempe.* Note de MM. **Hubert Forestier** et **Joseph Maurer**, présentée par M. Pierre Chevenard.

On peut mettre en évidence une variation de la vitesse de transformation d'un état hors d'équilibre, correspondant à la cessation de la sursaturation dans un alliage ayant subi une trempe structurale, en relation avec l'atmosphère gazeuse en présence. Cet effet est lié à l'adsorption des gaz à la surface du réseau cristallin.

La mise en évidence d'une variation de la vitesse de transformation superficielle d'une structure martensitique, pendant le revenu d'un acier trempé, par action des gaz adsorbés (1), nous a engagés à étudier cette influence des gaz, sur la transformation d'un état hors d'équilibre, correspondant uniquement à la cessation de la sursaturation dans un alliage ayant subi une trempe structurale.

Nous avons pris, pour exemple, l'alliage Cu—Be à 2,5 % de Be. La phase α de cet alliage a été obtenue par trempe après chauffage d'une heure à 750° C (suivi d'un écrouissage de 50 %, permettant de raccourcir la durée des revenus). Les échantillons se présentaient sous la forme de plaquettes de 1 cm de côté et 0,2 cm d'épaisseur, polies électrolytiquement.

La naissance de la phase γ se manifeste notamment par un durcissement des échantillons (2), (3); les mesures de microdureté ont été effectuées au moyen d'un microscléromètre Reichert, à pointe de diamant. D'autre part, la progression du phénomène a été suivie qualitativement par l'analyse aux rayons X.

Les échantillons sont dégazés, avant l'essai, pendant deux heures à 220° C, dans un vide compris entre 10^{-5} et 10^{-6} mm Hg. Ces conditions de température et de durée constituent une limite, au-dessus de laquelle apparaît le durcissement. Avant dégazage, en effet, les échantillons présentaient une microdureté de 200 kg/mm², pour un diamètre d'empreinte de 10 μ; après dégazage, la dureté mesurée dans les mêmes conditions, était de 210 kg/mm². Le gaz, purifié, et soigneusement desséché sur une colonne de P_2O_5, est ensuite introduit, et les échantillons sont maintenus pendant 20 m à une température constante comprise entre 250 et 500° C.

Les gaz utilisés sont H_2, A, CO_2. Les revenus ont aussi été effectués sous un vide de $5 . 10^{-6}$ mmHg. Les résultats obtenus sont résumés dans les courbes ci-contre. L'examen de ces courbes conduit aux conclusions suivantes :

1° L'allure générale des courbes (*fig.* 1) est analogue pour les différents gaz. Dans un gaz déterminé, la dureté des échantillons passe par un maximum bien défini, où le précipité γ n'a pas encore de structure cristal-

(1) J. Maurer, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1773.

(2) Tanimura et Wassermann, *Z. Metallkunde*, **25**, 1933, p. 179.

(3) A. Guinier et P. Jacquet, *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 22.

lographique bien individualisée. Nous avons choisi, pour la comparaison, les duretés correspondant à un diamètre d'empreinte de 10 μ, dont la profondeur est de l'ordre de 2 μ.

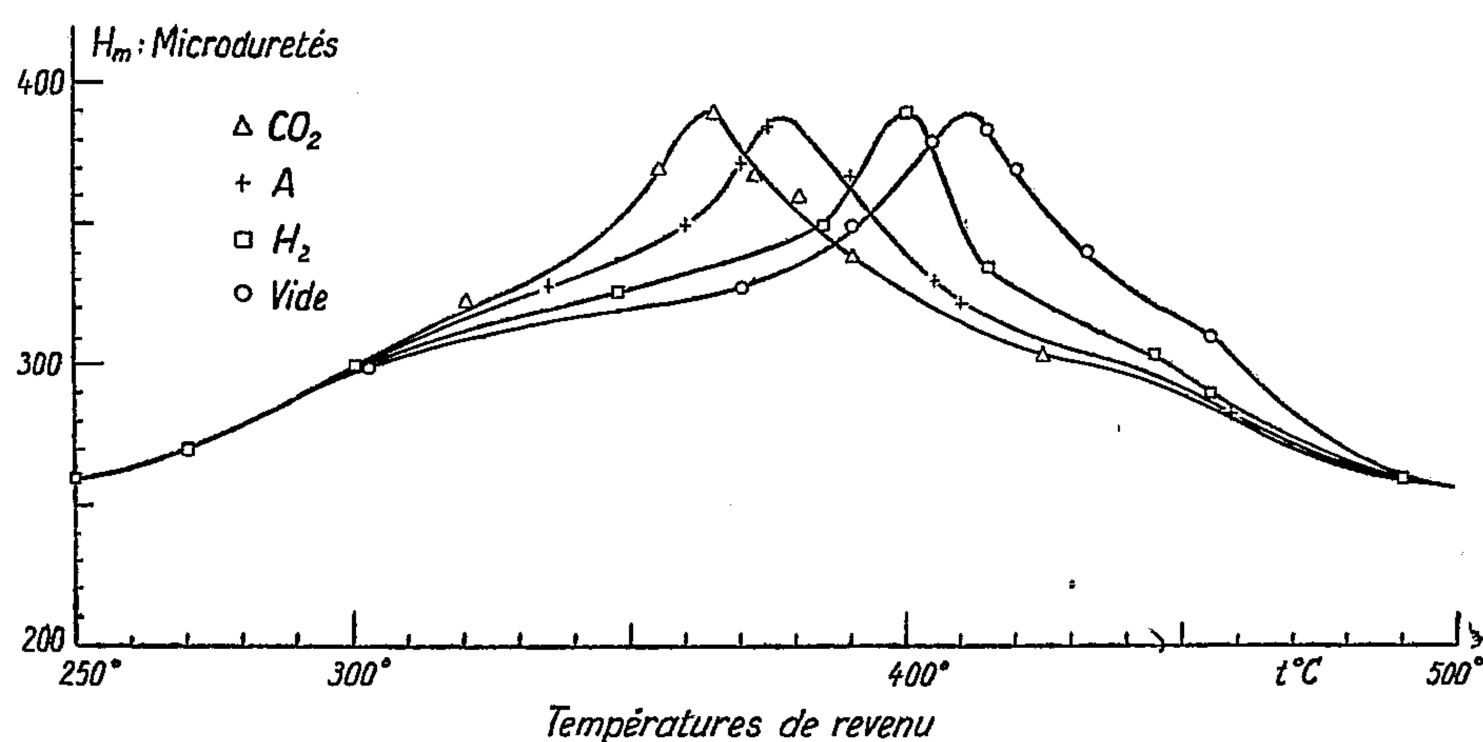


Fig. 1.

2° La température de début de précipitation varie suivant la nature du gaz adsorbé.

3° A température et pression constantes, la vitesse de précipitation est une fonction croissante et régulière de la température de liquéfaction du gaz utilisé, donc du pourcentage de gaz adsorbé. *La température du maximum de dureté est d'autant plus abaissée, que la quantité de gaz adsorbé est plus grande* (*fig.* 2).

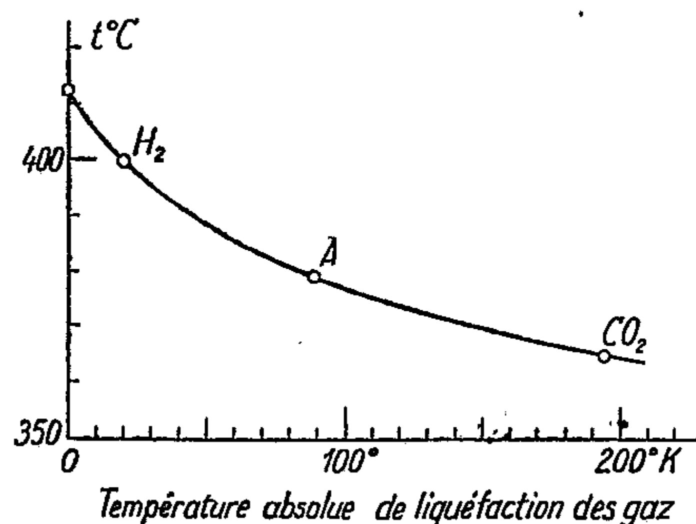


Fig. 2.

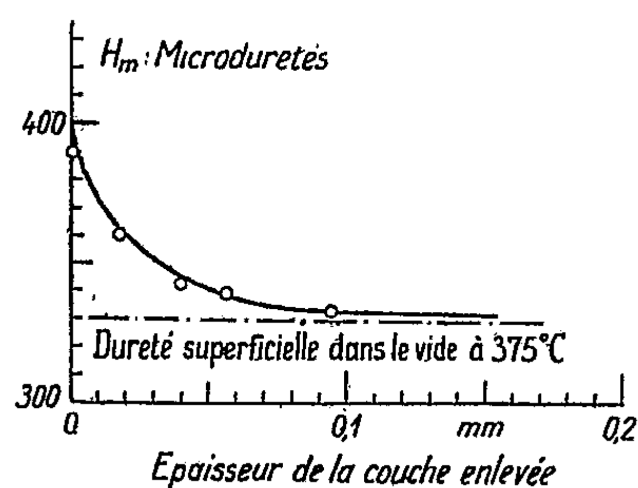


Fig. 3.

4° Pour avoir une idée de la profondeur, à laquelle se manifeste cet effet, nous avons mesuré la dureté d'un échantillon, à différentes distances de la surface : une faible épaisseur de cet échantillon était enlevée par polissage électrolytique, entre chaque série de mesures. Il paraissait logique de pouvoir atteindre ainsi une dureté très voisine de celle que l'on obtient par revenu dans

le vide, à la même température. La figure 3 justifie cette prévision et met en évidence la disparition totale de l'effet dû à l'adsorption, à une profondeur d'environ 70 μ. La distance à laquelle se manifeste cet effet à l'intérieur du réseau cristallin du solide, paraît être en relation avec l'état perturbé du réseau, état qui se traduit, en particulier, par la formation de stries, provenant de tensions internes et de glissements, dus à la cessation de cet état hors d'équilibre [3].

Ces résultats peuvent être mis en parallèle avec les phénomènes analogues, antérieurement observés dans l'évolution de la structure martensitique et les transformations polymorphiques [4]; ils étendent l'effet précédemment observé, au domaine de la précipitation des solutions solides sursaturées, effet qui semble bien relié à une variation de stabilité du réseau cristallin superficiel du solide.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Extension de la notion d'ordre de liaison.*

Note (*) de MM. **Alexandre Laforgue** et **Claude Vroelant**, présentée par M. Louis de Broglie.

Selon une méthode parallèle à celle définissant les charges [1], nous obtenons ici une nouvelle définition de l'ordre de liaison qui dérive toujours de l' « énergie monoélectronique » de la molécule, mais tient compte de la polarité des liaisons, là où elle existe. On tient compte ensuite des interactions de configurations.

Nous avons obtenu précédemment [1] une définition des charges telles que leur distribution sur les noyaux donne le moment dipolaire quand le centre des masses électriques de chaque orbitale atomique est bien confondu avec le noyau. Pour des atomes identiques, ce sont les charges classiques.

A. *Ordres de liaison pour une configuration pure.* — Soit une configuration électronique a décrite par Φ_a déterminant construit sur des spinorbitales moléculaires φ_ν, φ_p, ..., elles-mêmes combinaisons linéaires d'orbitales atomiques ψ_j, ψ_k, ... On a défini la charge de l'atome k ($\nu \in a$ indiquant que l'on fait la somme relative à toutes les spinorbitales moléculaires φ_ν occupées dans l'état a)

$$q_k^{(a)} = \sum_{\nu \in a} 2 x_k^{(\nu)} x_j^{(\nu)} S_{kj} \omega_k^j,$$

$x_k^{(\nu)}$ est le coefficient de l'o. a. ψ_k dans l'o. m. φ_ν; S_{kj} est le recouvrement de ψ_k

(3) H. Forestier et J.-P. Kiehl, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2288; H. Forestier et J. Maurer, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1664.

(*) Séance du 12 mai 1952.

(1) R. Daudel et A. Laforgue, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1608.

et ψ_j; ω_k^i et ω_j^k sont les coordonnées barycentriques, par rapport aux centres des masses k et j respectivement, du « centre de chevauchement » ([2]), des orbitales ψ_k et ψ_j ($\omega_k^k = 1/2$; $\omega_j^k = 1/2$ pour ψ_j identique à ψ_k).

Nous allons montrer que la quantité

$$p_{kj}^{(a)} = \sum_{\nu \in a} \sum_i (x_k^{(\nu)} x_i^{(\nu)} S_{ki} \omega_k^i + x_j^{(\nu)} x_i^{(\nu)} S_{ji} \omega_j^i)$$

est dans les mêmes conditions une définition cohérente de l'ordre de liaison.

1° On retrouve bien $p_{jj}^{(a)} = q_j^{(a)}$;

2° Dans le cas d'atomes identiques on retrouve $p_{kj}^{(a)} = 1/2 \sum_{\nu \in a} [x_k^{(\nu)} y_j^{(\nu)} + x_j^{(\nu)} y_k^{(\nu)}]$

en posant $y_k^{(\nu)} = \sum_i S_{ki} x_i^{(\nu)}$, définition de l'ordre de liaison selon Chirgwin et Coulson ([3]);

3° Enfin dans le cas hétéroatomique on a encore la même formule à condition de poser

$$y_k^{(\nu)} = 2 \sum_i S_{ki} \omega_k^i x_i^{(\nu)}.$$

Les nouvelles définitions ne diffèrent donc des anciennes que dans le cas des hétéro-molécules, celui-là même où l'introduction du recouvrement les modifiait.

Toutes les relations obtenues par Chirgwin et Coulson demeurent valables en remplaçant la matrices des S_{kj} par la matrice $\sigma_{kj} = S_{kj} \omega_k^j$ (seule différence, elle n'est plus symétrique).

En particulier nous pouvons l'inverser

$$x_k^{(\nu)} = \sum_j \sigma^{jk} y_i^{(\nu)}$$

et définir à partir de cette matrice inverse σ^{ji} les éléments énergéniques H_j^k par la même voie que ces auteurs, ce qui permet d'écrire :

$$q_j = \left(\frac{\partial \mathcal{E}}{\partial H_\mu^\mu} \right)_0 p_{jk} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial \mathcal{E}}{\partial H_j^k} + \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial H_k^j} \right)_0.$$

$\mathcal{E}$ désigne l'énergie conventionnelle ou plus exactement la partie monoélectronique de l'énergie. Ces formules éclairent la signification théorique des nouvelles grandeurs en même temps qu'elles permettent de les calculer par des expressions intégrales.

([2]) Point défini par le vecteur $\vec{R} = \int \mu \vec{r} \nu \, d\tau$. *Cf.* MULLIKEN, *J. Chem. Phys.*, **2**, 1934, p. 782.

([3]) *Proc. Roy. Soc.*, **201**, 1950, p. 136.

B. *Interactions de configurations.* — On a défini la mutabilité $m_j^{(a,b)}$ entre deux configurations électroniques a et b ne différant que par une orbitale, $(a - \nu \equiv b - \rho)$ grandeur analogue à une charge, dont la distribution fournit le moment de transition.

Dans les mêmes conditions une « mutabilité de liaison » sera

$$l_{kj}^{(a,b)} = x_k^{(\nu)} y_j^{(\rho)} + y_k^{(\nu)} x_j^{(\rho)} + x_i^{(\nu)} y_k^{(\rho)} + y_j^{(\nu)} x_k^{(\rho)}.$$

Ce qui est justifié par les cas particuliers.

$$l_{jj}^{(a,b)} = m_j^{(a,b)}, \qquad l_{kj}^{(a,a)} = p_{kj}^{(a)}.$$

C'est donc une quantité analogue à un ordre de liaison mais caractérisant la transition a, b.

Si $\psi_A = \sum_a s_a^A \Phi_a$ nous définirons de même que pour la charge

$$p_{kj}^{(A)} = \sum_a (s_a^s)^2 p_{kj}^{(a)} + \sum_{a,b} s_a^A s_b^A l_{kj}^{(a,b)}, \qquad p_{jj}^{(A)} = q_j^{(A)}.$$

Cette définition semble préférable à celle utilisée jusqu'à présent (4) négligeant les termes rectangles et conduisant à écrire un ordre de liaison en général diminué alors qu'on tient compte dans le calcul de causes supplémentaires de stabilisation.

Cette expression tenant compte de l'interaction de configuration peut être utilisée en posant partout $\omega = 1/2$, ce qui revient à une extension de la définition de Chirgwin et Coulson (3).

C. Dans cette Note, nous sommes partis d'orbitales atomiques. On peut en partant d'un système d'orbitales quelconques (non atomiques) définir des grandeurs analogues, mais les « charges » et les « ordres de liaison » ainsi définis perdent évidemment leur signification intuitive. Elles peuvent cependant être utiles pour les calculs de certaines observables mono-électroniques.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur les possibilités d'utilisation des teintes d'oxydation à basse tempéraure pour l'étude de la recristallisation du fer.* Note (*) de M. **Jean Bardolle**, présentée par M. Albert Portevin.

On sait que l'oxydation ou la sulfuration ménagées des surfaces métalliques polies donnent souvent naissance à des films minces présentant des teintes d'interférences. Dans certaines conditions, ces teintes sont diffé-

(4) Coulson, R. Daudee et Robertson, *Proc. Roy. Soc.*, 207, 1951, p. 306.

(*) Séance du 19 mai 1952.

renciées d'un cristal à l'autre; leur développement est toujours influencé par les impuretés et, en général, par tous les défauts et hétérogénéités de la surface. A plusieurs reprises, des chercheurs ont suggéré de mettre à profit ces propriétés particulières pour l'étude des surfaces métalliques ([1]). Parmi les travaux les plus récents, on peut citer ceux de Jacquet sur la sulfuration du cuivre dans une solution de polysulfure d'ammonium ([2]) et ceux de Lacombe et Beaujard sur l'oxydation anodique de l'aluminium et de ses alliages ([3]). Récemment, Beaujard a mis au point de nouveaux réactifs liquides pour révéler la structure micrographique des aciers, par formation de pellicules colorées ([4]).

Les résultats indiqués ici concernent la formation de couches minces d'oxyde de fer obtenues vers 300° dans l'oxygène et leur application à l'étude de la recristallisation de ce métal.

La surface des échantillons utilisés (plaquettes planes de quelques centimètres carrés de fer Armco ou de fer pur électrolytique) est d'abord préparée pour l'observation au microscope. Après polissage aux papiers abrasifs et à l'alumine en suspension dans l'eau, la couche écrouie superficielle est éliminée par polissage électrolytique dans le bain de Jacquet ([5]). L'échantillon, agité par rotation, est poli pendant 5 m sous une tension de 40 V. Il est ensuite lavé à l'eau distillée et à l'alcool. Dans tous les cas, les échantillons sont finalement chauffés sous vide (pression $< 10^{-3}$ mm Hg) pendant 8 h à 850°. Cependant, si les cristaux du métal initial sont assez grands (> 10 mm^2) il faut, en général, faire précéder le chauffage sous vide d'un chauffage de plusieurs heures à 850° dans H_2 très pur.

Les échantillons ainsi préparés sont ensuite oxydés pendant 30 m vers 290° dans un courant d'oxygène. On obtient, dans ces conditions, des teintes d'interférences franches et bien uniformes sur toute l'étendue de chaque cristal. Ces teintes délimitent exactement les contours actuels des grains du métal. Elles possèdent la propriété de disparaître par chauffage d'une heure sous vide poussé vers 850°, en laissant la surface du métal parfaitement brillante. On peut penser que ce dernier phénomène est attribuable à la dissolution du film d'oxyde dans le fer sous-jacent

---

([1]) A. Portevin et P. Bastien, *Réactifs d'attaque métallographique*, Dunod, Paris, 1937.

([2]) *Bull. Soc. Chim. Fr. Métal.*, 1, 1945, p. 1.

([3]) *Études sur les aspects des pellicules d'oxydation anodique formées sur l'aluminium et ses alliages* (Éditions du Comité d'organisation des Industries mécaniques, 1944, p. 73).

([4]) L. Beaujard, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 653.

([5]) *Rev. Metall.*, 46, 1949, p. 214.

qui a été prouvée expérimentalement d'autre part. Une réoxydation à 290° provoque la réapparition de ces teintes, souvent encore plus vives que lors de la première oxydation. Il est donc possible de suivre les différentes étapes du développement d'un grain déterminé de métal, en effectuant alternativement des chauffages sous vide et des oxydations à basse température.

Les possibilités de la méthode sont illustrées d'une manière malheureusement très imparfaite, par suite de l'absence des couleurs, par les figures 1 et 2. Dans la figure 1, quatre plages colorées distinctes définissent les limites actuelles de quatre cristaux de métal ayant subi une recris-

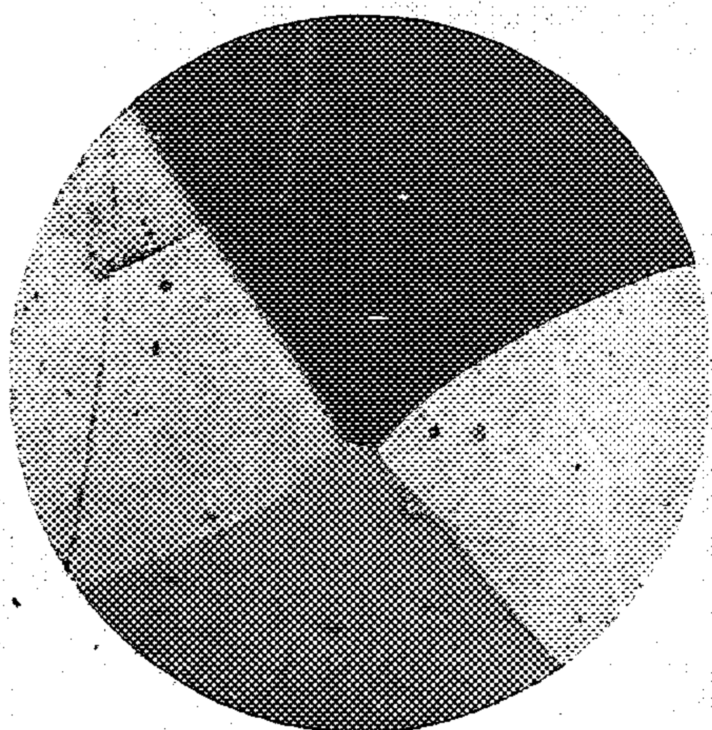


Fig. 1.

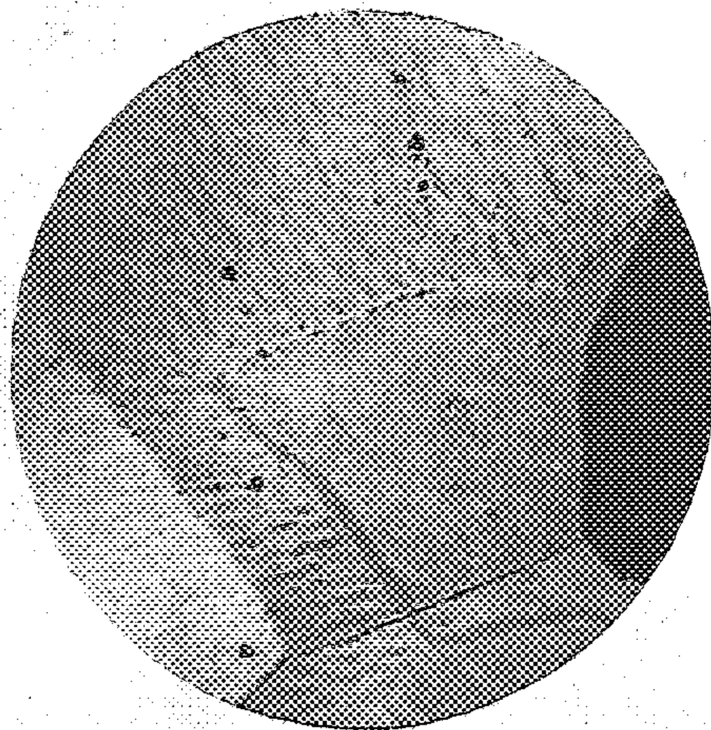


Fig. 2.

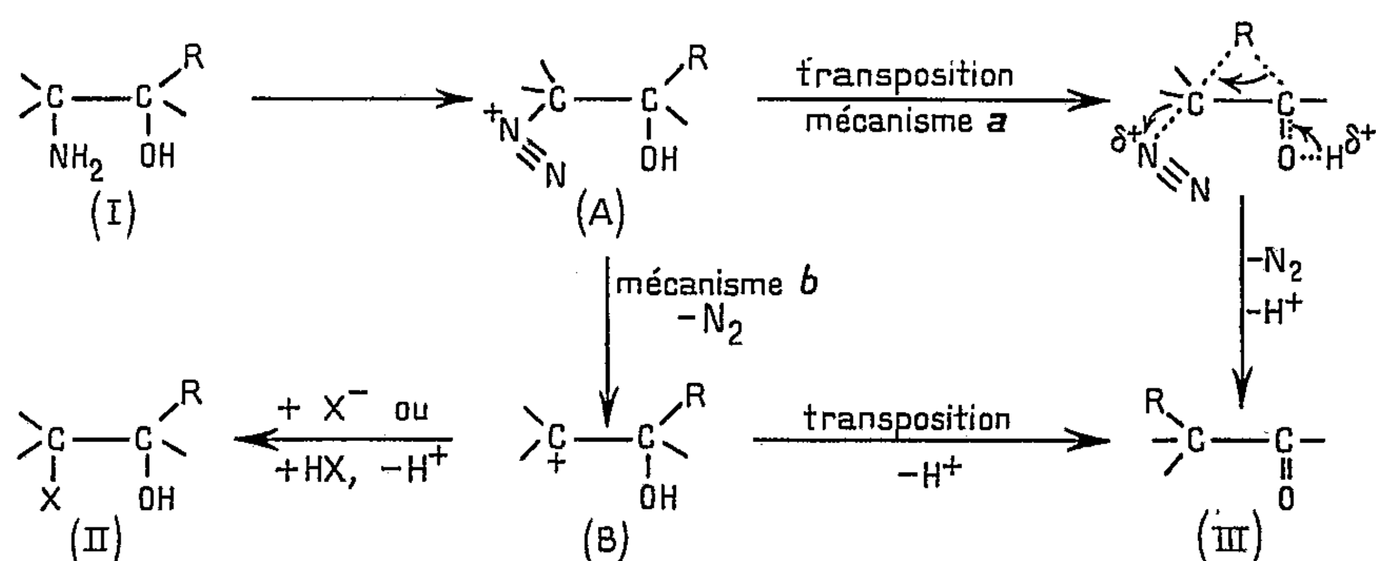
tallisation au cours du chauffage sous vide. Les anciennes limites, mises en évidence lors du polissage électrolytique préalable, restent apparentes et correspondent à des contours très différents. Dans la figure 2, ces anciennes limites ont été encore mieux marquées par un polissage attaque (tension > 40 V).

Ce procédé bien qu'il présente l'inconvénient d'exiger un chauffage préalable prolongé sous vide, constitue une méthode d'étude de la recristallisation du fer. Il semble pouvoir être étendu, sous réserve de certaines modifications, à différents métaux ou alliages. Il constitue, de plus, un moyen commode de contrôle de l'état de surface d'un métal, que nous utilisons depuis plusieurs années dans nos recherches.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude du mécanisme de la désamination nitreuse des α-amino-alcools. Influence du milieu réactionnel.* III. Note (*) de M. **Hugh Felkin**, transmise par M. Pierre Jolibois.

L'influence de la concentration en eau du milieu réactionnel sur la proportion de chlorhydrines formées lors de la désamination nitreuse des α-amino-alcools est mise en évidence par des expériences effectuées dans le dioxane. Un mécanisme réactionnel intramoléculaire est proposé pour expliquer cette influence.

Il est généralement admis que la désamination nitreuse en milieu aqueux acide d'un composé aminé aliphatique ([1]), et en particulier d'un α-amino-alcool (I) ([2]), ([3]), ([4]), comporte le passage par un ion diazonium (A) instable. Cet ion peut conduire (mécanisme *b*) à l'ion carbonium (B) qui se stabilise soit par transposition [formation de cétone (III)], soit par réaction avec un des constituants du milieu réactionnel [formation de chlorhydrine (II, X = Cl), par exemple]. La cétone transposée (III) peut également se former par un autre mécanisme (*a*) ([5]), ([6]) dans lequel la migration du radical R accompagne le départ de l'azote de l'ion diazonium (A) :



Cependant, le mécanisme *b* n'est pas le seul que l'on puisse envisager pour expliquer la formation d'un produit de substitution (II) à partir de l'ion diazonium (A). En effet, il n'est pas exclu *a priori* qu'il existe en série aliphatique un équilibre diazonium (A) + X^- ⇌ diazo (C) analogue à l'équilibre

(*) Séance du 19 mai 1952.

([1]) A. T. Austin, *Thèse*, Londres, 1950; cité par E. D. Hughes, C. K. Ingold et J. H. Ridd, *Nature*, 166, 1950, p. 642.

([2]) B. Tchoubar, *Thèse*, Paris, 1946; *Bull. Soc. Chim., Fr.*, 16, 1949, p. 169.

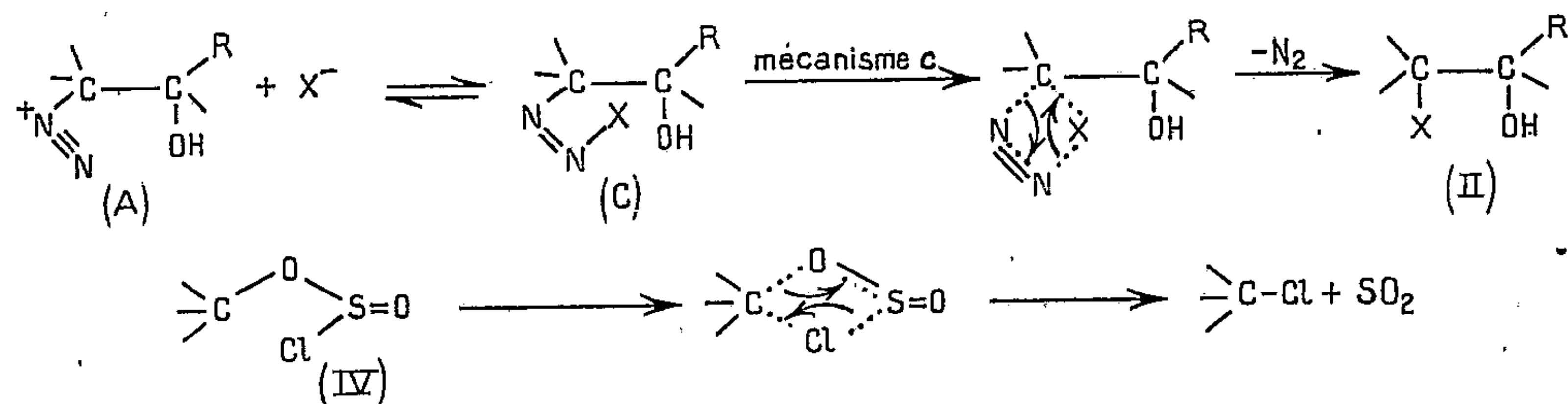
([3]) H. Felkin, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 819.

([4]) H. Felkin, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1383.

([5]) E. D. Hughes, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 18, 1951, p. C 39.

([6]) H. Felkin, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 18, 1951, p. C 52.

$Ar-\overset{+}{N}\equiv N + X^- \rightleftharpoons Ar-N=N-X$ existant en série aromatique, et que la forme diazo (C) puisse se transformer dans certaines conditions en produit de substitution (II) ([7]) par un mécanisme intramoléculaire du type de celui qui a été mis en évidence ([8]) dans la réaction de décomposition des chlorosulfites (IV) :



Lors d'expériences de désamination nitreuse d'amino-alcools (I) en milieu dioxanique, nous avons constaté que la proportion de chlorhydrines (II, X = Cl) formées est souvent déterminée plus par la concentration en *eau* du milieu réactionnel (*voir* colonnes 1 et 3 du tableau) que par celle en acide chlorhydrique (colonnes 1 et 2) :

	Rendements (%) en chlorhydrine (II, X = Cl).			
	H_2O environ 20 M.		H_2O environ 0,5 M.	
Amino-alcool (I).	(1) HCl ≦ 0,3 M.	(2) ([3]) HCl ≧ 3,0 M.	(3) HCl ≦ 0,5 M.	(4) ([4]) HCl ≧ 3,0 M.
$CH_2NH_2-COH(C_6H_5)_2$	0	<5	15	25
$C_6H_5CHNH_2-COH(C_6H_5)_2$	<5	25	85	>90
$C_6H_5CHNH_2-COH(CH_2C_6H_5)_2$ ([6])	<5	45	65	>80

Or, dans l'hypothèse de la formation de chlorhydrine par le seul mécanisme *b*, cette proportion ne devrait dépendre, pour un amino-alcool donné, que de la concentration en acide chlorhydrique; ce mécanisme ne suffit donc pas à lui seul pour expliquer tous les faits.

Au contraire, l'hypothèse d'une contribution (d'importance variable suivant la structure du composé étudié) d'un mécanisme intramoléculaire *c* ([9]) permet

([7]) Il est également possible que dans d'autres conditions ce produit se forme directement à partir de l'ion diazonium (A) par une réaction bimoléculaire avec un ion X⁻. Des travaux sont en cours sur cette question.

([8]) W. A. Cowdrey, E. D. Hughes, C. K. Ingold, S. Masterman et A. D. Scott, *J. Chem. Soc.*, 1937, p. 1252.

([9]) Ce mécanisme comporte comme particularité la préservation intégrale de la configuration optique de l'atome de carbone qui est le siège de la substitution ([8]). L'étude en cours de composés optiquement actifs doit permettre de vérifier l'hypothèse d'un tel mécanisme de désamination; dans le cas des amines simples certaines indications (E. Ott, *Ann.*, 488, 1931, p. 186; P. D. Bartlett et L. H. Knox, *J. Amer. Chem. Soc.*, 61, 1939, p. 3184) semblent d'ailleurs l'étayer.

d'expliquer l'influence propice d'un milieu dioxanique anhydre sur la formation de chlorhydrines. En effet, un tel milieu (moins ionisant qu'un milieu dioxanique aqueux) est susceptible de déplacer l'équilibre diazonium $\rightleftharpoons$ diazo vers la forme diazo (C) et de favoriser ainsi (colonnes 3 et 4) la formation de chlorhydrines par le mécanisme *c*; signalons en outre que le dioxane constitue un milieu particulièrement favorable à l'apparition du mécanisme intramoléculaire dans le cas des chlorosulfites (IV) ([10]). Par contre, en milieu dioxanique aqueux (colonnes 1 et 2) le rôle de ce mécanisme semble en général être peu important; les chlorhydrines obtenues dans ces conditions sont formées essentiellement à partir de l'ion carbonium (B) (mécanisme *b*).

Comme dans le cas des cétones (III), pour lesquelles il existe deux mécanismes de formation (*a* et *b*), deux mécanismes (*b* et *c*) sont nécessaires pour expliquer l'obtention, dans différentes conditions, de chlorhydrines (II, X=Cl) par désamination nitreuse des α-amino-alcools en milieu chlorhydrique.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Structure du carbonate acide de potassium.* Note de Mme **Paulette Herpin**, transmise par M. Charles Mauguin.

Nous nous sommes proposé d'étudier au moyen des rayons X la structure atomique du carbonate acide de potassium par les développements en séries de Fourier.

Les cristaux sont monocliniques et les clichés faits à la chambre de Weissenberg avec le rayonnement K_α du molybdène ($\lambda_{K_\alpha} = 709{,}9$ UX) nous ont permis de déterminer les dimensions de la maille élémentaire

$$a = 15{,}01 \pm 0{,}04 \text{ UX}, \qquad b = 5{,}50 \pm 0{,}02 \text{ UX}, \qquad c = 3{,}67 \pm 0{,}01 \text{ UX}, \qquad \beta = 104^\circ 30',$$

en accord avec les résultats de Dhar ([1]), mais ceux de Isamu Nitta Yujiro Tomiie et Chung Hoe Koo ([2]), qui viennent de nous parvenir diffèrent quelque peu des nôtres

$$a = 15{,}11 \text{ Å}, \qquad b = 5{,}67 \text{ Å}, \qquad c = 3{,}71 \text{ Å}, \qquad \beta = 103^\circ 45'.$$

Le groupe de symétrie est $C_{2h}^5\, P(2_1/a)$ et avec $\rho = 2{,}17$ la maille élémentaire renferme quatre molécules CO_3KH. Les intensités des taches diffractées ont été estimées visuellement sur des films multiples et affectées des corrections habituelles.

Deux projections de Patterson sur les plans 010 et 001 nous ont permis de déterminer les positions approximatives des atomes, donc les signes des fac-

([10]) E. S. Lewis et C. E. Boozer, *J. Amer. Chem. Soc.*, 74, 1952, p. 308.

([1]) *Indian J. of Physics*, 11, 1937, p. 187.

([2]) *Acta Cryst.*, 5, 1952, p. 292.

teurs de structures F_{hkl} pour réaliser les projections de Fourier-Bragg sur les mêmes plans.

Les coordonnées des atomes que l'on déduit de ces projections sont :

	x.	y.	z.
K......................	0,166	0,025	0,8
O_1......................	0,195	0,525	0,590
O_2......................	0,082	0,325	0,215
O_3......................	0,082	0,725	0,215
C......................	0,122	0,525	0,340

Ces coordonnées concordent d'une manière satisfaisante avec celles de Isamu Nitta Yujiro Tomiie et Chung Hoe Koo à condition de faire subir aux positions atomiques ci-dessus définies une translation $OO^1/2$. Si l'on fait coïncider les atomes de potassium dans les deux structures ainsi déterminées, les écarts entre les positions des mêmes atomes donnent une idée de la précision obtenue :

	Δx.	Δy.	Δz.	Distance en Å.
O_1...............	0,004	0,02	0,013	0,13
O_2...............	0,000	0,001	0,051	0,16
O_3...............	0,002	0,004	0,033	0,12
C...............	0,001	0,008	0,009	0,02

Les trois ions O^- de CO_3 forment un triangle équilatéral de côté 2,2 Å, mais l'atome de carbone n'est pas au centre de gravité du triangle, il est plus près de l'oxygène O_1 qui n'est pas lié à H^+ et la liaison $C—O_1$ prend un caractère de double liaison très prononcé.

Les liaisons O—H—O sont notablement plus courtes que les autres distances O—O de deux groupes CO_3 voisins et elles sont d'un type différent de celles de CO_3NaH et du sesquicarbonate : la structure est quasi stratifiée, les strates étant liées entre elles par des liaisons H. Chaque ion K^+ est entouré de huit ions oxygène et il relie 6 ions CO_3.

Voici ci-dessous les distances interatomiques des différents ions :

	Différentes sortes de voisins.	Nombre.	Distance en Å.
C	O_1................	1	1,24
	O_2................	1	1,28
	O_3................	1	1,28
	C................	1–2	3,96–4,6
K	O_1................	2–1–1	3,2–2,65–2,8
	O_2................	2	2,76
	O_3................	2	2,76
	K................	2–2	3,95–3,75
	$O_2—H—O_3$........	1	2,57

Ces résultats diffèrent notablement de ceux donnés par Mme Couture-Mathieu ([3]) résultant de mesures optiques, en particulier l'enchaînement des ions CO_3 entre eux, la direction des chaînes CO_3 et la position de l'axe cristallographique *c* par rapport aux bissectrices des axes optiques X et Z.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur les deux hydrates de la cellulose mercerisée.* Note de M. **Charles Legrand**, présentée par M. Maurice de Broglie.

On montre que la dilatation de la maille de la cellulose mercerisée hydratée ne peut servir de base à la détermination des proportions stœchiométriques : cellulose-eau. L'étude de la déshydratation lente de la « water-cellulose » prouve qu'un départ d'eau est possible sans changement des paramètres de la maille.

On sait que l'eau peut pénétrer le réseau de la cellulose mercerisée et s'y fixer pour donner des hydrates. Avec la cellulose mercerisée sèche, la pénétration est limitée; une hydratation plus importante est obtenue quand une cellulose gonflée (alcali-cellulose ou cellulose-xanthate par exemple) est décomposée par l'eau à basse température.

On a cherché à établir la composition de ces hydrates. Dans le premier cas, G. Champetier ([1]) a obtenu, par une méthode strictement chimique, le rapport stœchiométrique $C_6H_{10}O_5$-H_2O. Hermans et Weidinger ([2]) ont étudié par la diffraction des rayons X ce premier hydrate pour lequel ils ont proposé la formule : $C_6H_{10}O_5$, 1/3 ou 1/2 H_2O, rapport établi grâce à l'équation de Sakurada et Okamura ([3]) : $\varphi_\omega = \varphi_{cr}(1+\beta) - \alpha$, où φ_ω représente le volume spécifique de l'hydrate mesuré dans l'eau, φ_{cr} le volume spécifique de la cellulose II cristalline, β le coefficient du réseau, α le volume d'eau liée.

Les clichés de rayons X leur avaient fourni la valeur de 5 % pour β. Sakurada et Hutino ([4]) ont montré que le second hydrate (ou water-cellulose) correspond à un réseau nettement agrandi. En lui appliquant le même calcul, Hermans et Weidinger ont adopté le rapport stœchiométrique $C_6H_{10}O_5 - 1,5\,H_2O$.

L'objet de cette Note est de montrer le caractère contestable de ces affirmations. En effet, l'équation de Sakurada tient compte de la contraction des molécules d'eau qui peuvent se fixer dans le réseau avec une densité différant de 1. Malheureusement, la densité apparente des fibres dans l'eau est une grandeur difficile à mesurer avec précision. Hermans, lui-même, déclare ([5]) :

([3]) *J. Phys.*, 11, 1950, p. 541.

([1]) *Ann. de Chim.*, 20, 1933, p. 50.

([2]) *J. Coll. Sc.*, 1, 1946, p. 185.

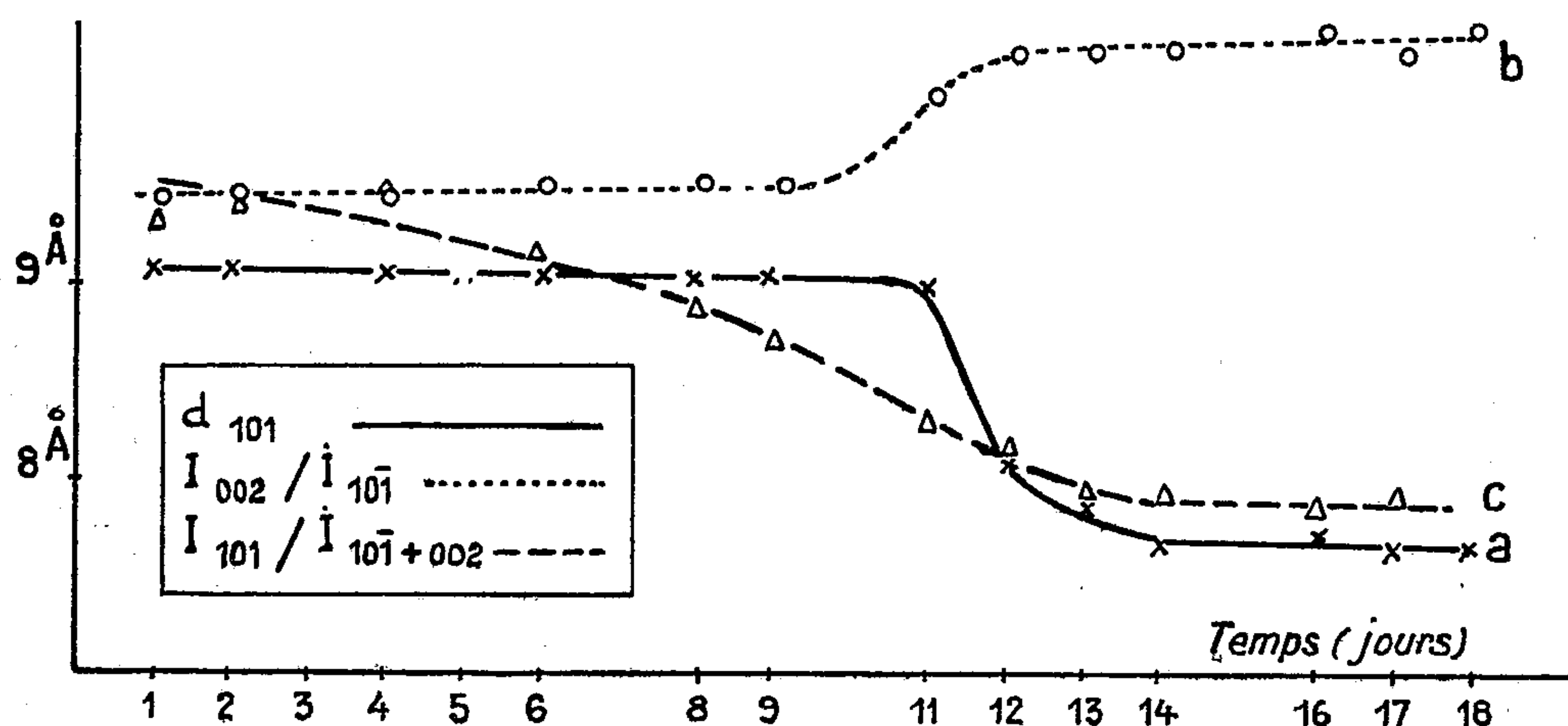
([3]) *Kool. Z.*, 81, 1937, p. 199.

([4]) *Kool. Z.*, 77, 1936, p. 347.

([5]) *Contribution to the Physics of Cellulose Fibres* (London), 1946.

« It is obvious, therefore, that the densities in water do not allow of a quantitative interpretation ». Le volume spécifique n'est pas une grandeur bien définie dans tout le volume d'une fibre. Le désordre des chaînes entraîne pour φ_ω une répartition statistique dont seule une valeur moyenne peut être atteinte par la mesure de la densité apparente dans l'eau. D'autre part, l'extension du réseau n'est mesurable que pour les portions les plus « cristallines » des fibres responsables des diagrammes de diffraction. On conçoit que les deux termes φ_ω et $\varphi_{cr}(1+\beta)$ ne correspondent pas au même état physique de la substance.

Cette vue est confirmée par nos résultats expérimentaux : D'une part, nous avons trouvé ([6]) pour le premier hydrate une dilatation du réseau bien plus faible, 2 % environ, que celle qui a été signalée par Hermans et Weidinger. Cette valeur a été postérieurement confirmée par Kiessig ([7]). L'équation de Sakurada avec cette valeur de β conduirait à admettre une proportion de 0,15 mol d'eau par molécule de $C_6H_{10}O_5$, proportion anormalement faible. D'autre part, nous avons étudié la destruction lente, à température ordinaire, du second hydrate formé à $+4°$ C. Les clichés étaient pris chaque jour et sur chacun d'eux on a mesuré les distances réticulaires correspondant aux taches équatoriales (101), (10$\bar{1}$), (002) et l'on a, après enregistrement microphotométrique, établi les rapports des intensités : $I_{(002)}/I_{(10\bar{1})}$ et $I_{(101)}/I_{(10\bar{1})+(002)}$ évalués en unités arbitraires.



Les résultats de ces mesures sont résumés par les trois courbes de la figure. En fonction du temps on a représenté :

([6]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 229.
([7]) *Z. Elektrochem.*, 54, 1950, p. 320.

a. La variation de la distance réticulaire $d_{(101)}$; *b.* celle du rapport $I_{(002)}/I_{(10\bar{1})}$; *c.* celle du rapport $I_{(101)}/I_{(10\bar{1})+(002)}$.

Les courbes *a* et *b* montrent une variation rapide et simultanée tandis que la courbe *c* révèle une décroissance continue du rapport de l'intensité diffractée par les plans (101) à celle diffractée par les plans $(10\bar{1})$ et (002). De l'eau d'interposition abandonne le réseau avant que les paramètres de celui-ci se modifient. Comme il semble bien peu probable que la densité dans l'eau varie spontanément, on voit que la seule considération de l'extension du réseau ne peut suffire à déterminer un rapport stœchiométrique.

Un autre fait témoigne aussi de ce que l'eau de solvatation s'ajoute à l'eau chimiquement liée : La distance réticulaire *d* (101) peut atteindre des valeurs plus grandes que celles signalées par Sakurada, soit 8,97 Å; nous avons trouvé jusqu'à 9,15 Å et en lavant à $+2°C$ et en exécutant le diagramme à cette température on constate que l'interférence (101) tend à disparaître. Une forte diffusion centrale révèle un gonflement encore plus prononcé.

Nous devons en conclure que les rayons X qui peuvent éclairer sur le mode de fixation de l'eau dans la maille, sont impuissants à renseigner sur la formule exacte de constitution de ces hydrates. Les théories, en particulier celle qui tend à l'estimation des pourcentages des constituants amorphe et cristallin, fondées sur des rapports stœchiométriques aussi peu certains ne peuvent qu'être extrêmement fragiles.

GÉOLOGIE. — *Sur les formations géologiques de la Terre Adélie.* Note de M. **Georges Heurtebize**, présentée par M. Charles Jacob.

En janvier 1951, au cours de l'Expédition antarctique française en Terre Adélie organisée par les Expéditions Polaires Françaises (Missions Paul-Émile Victor), j'ai collecté la plupart des échantillons sur lesquels porte cette étude. Toutefois, les équipes de raid de l'hivernage 1950 ont fourni des renseignements complémentaires avec les échantillons rapportés des différents points qu'elles ont visités.

La géologie des environs de Port-Martin a fait l'objet d'une précédente Note [1]. Les recherches géologiques sur le reste de la Terre Adélie ont été de la même façon limitées aux caps rocheux qui accidentent de temps à autre la côte de glace, et aux îles qui peuvent les prolonger vers le large.

130 km (*fig.*) séparent les points extrêmes visités de l'Est à l'Ouest. D'un bout à l'autre, les formations sont hautement métamorphiques. Leur pendage est toujours voisin de la verticale; la direction des couches est uniformément NW ou NNW. Deux grands ensembles peuvent être distingués, dont la limite passe à quelques kilomètres à l'Ouest de Port-Martin.

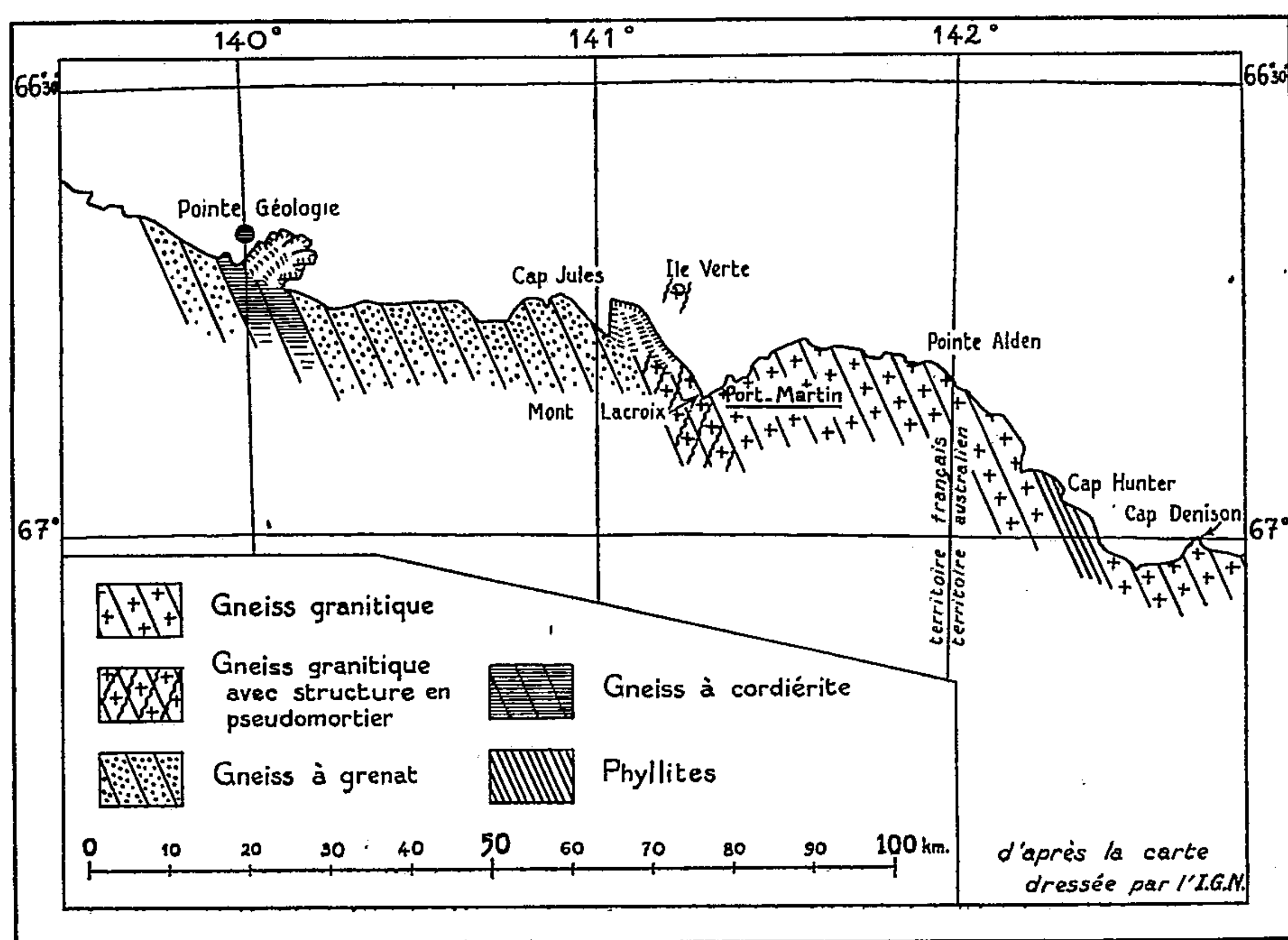
---

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1380.

1. A l'Est, il s'agit de granites d'anatexie et de migmatites d'une nature très voisine [1], dont le type peut être pris à Port Martin. La texture de ces roches est souvent homogène, le grain, assez gros. Quartz, microcline bordé de myrmékite et oligoclase sont les principaux constituants. La biotite est peu abondante; la hornblende verte existe parfois. Les migmatites contiennent fréquemment des enclaves de nature dioritique très chargées en amphibole.

La bordure ouest de cet ensemble (Ile Verte, environ du Mont Lacroix) présente une structure en pseudomortier très caractéristique, avec développement de petits microclines quadrillés.

Notons qu'au Cap Hunter, en territoire australien, l'expédition de Sir Douglas Mawson 1911-1914 a signalé des phyllites peu métamorphiques.



Les noms géographiques dans le texte et sur cette carte sont provisoires. La direction des couches et leur nature ont été extrapolées vers l'intérieur.

2. A l'Ouest, les pointements rocheux montrent un gneiss à grenat, en général assez sombre, à texture gneissique plus ou moins marquée. L'absence souvent complète de feldspath potassique, la grande abondance d'andésine An^{30-35} et de biotite, enfin la présence des grenats, soit disséminés en fine poussière, soit concentrés en gros cristaux pouvant atteindre plusieurs centimètres de diamètre, caractérisent la roche. Le quartz n'existe parfois qu'en minime quantité.

Au sein des gneiss à grenat apparaît, à Pointe Géologie, une zone très particulière de gneiss à cordiérite et sillimanite. Leur texture gneissique est en général bien marquée. Ils sont formés principalement de quartz, microcline, andésine An^{40}, cordiérite, sillimanite et un peu de biotite.

Toutes ces formations, vues en place le long du littoral, doivent être rattachées aux migmatites (à l'exception des phyllites du Cap Hunter). Les moraines donnent des indications sur la nature géologique de l'intérieur du pays. Elles présentent un échantillonnage

varié de granites à grain plus ou moins gros, de gneiss, de roches sombres semblables aux enclaves dioritiques et amphiboliques de Port-Martin. Elles montrent aussi, mais rarement, des micaschistes et des calcaires métamorphiques. Il faut attribuer une importance toute spéciale, au point de vue stratigraphique, à la présence de grès rouge à grain fin; l'abondance de ces dernières roches témoigne en faveur de la proximité et de l'étendue des affleurements dont elles proviennent.

Incidemment, cette étude permet de fixer un point d'histoire. La relation du voyage de Dumont d'Urville laissait quelque incertitude sur la position du point où il avait touché terre en 1840. Les échantillons qu'il en avait rapportés et que j'ai pu étudier au Muséum permettent d'affirmer que le débarquement eut lieu sur une des îles qui s'étendent devant Pointe Géologie. Ceci confirme entièrement l'interprétation donnée par les Expéditions Polaires françaises.

GÉOLOGIE. — *Volcanisme d'âge tertiaire dans le synclinal de Saint-Antonin (Alpes-Maritimes).* Note de M. **Jean Goguel**, présentée par M. Charles Jacob.

Le Tertiaire du vaste synclinal de Saint-Antonin, au Sud de Puget-Théniers, débute par les calcaires nummulitiques et les marnes qui constituent dans le Sud-Est de la France les deux premiers termes de la «trilogie priabonienne ». Le troisième terme, équivalent du grès d'Annot, est représenté essentiellement par des sables, au milieu desquels s'intercalent d'épaisses lentilles de conglomérats à gros éléments, particulièrement développés au Sud de Saint-Antonin. A. F. de Lapparent (1) y a reconnu des roches du massif du Mercantour, granites et gneiss, ainsi que des porphyres rouges de l'Estérel. Aux roches sédimentaires qu'il cite, calcaire nummulitique et Jurassique supérieur, je puis ajouter un Cénomanien à *Ostrea columba*, faciès qui n'existe que vers le Sud-Ouest.

Cet auteur signale aussi, comme roche d'origine indéterminée, une andésite augitique à amphibole « en galets assez rares au Sud de Saint-Antonin, mais très abondants vers la Penne et Collongue, où certains blocs atteignent 1 m^3 ».

Or, à Collongue, cette andésite ne se trouve pas dans les conglomérats proprement dits, dont les galets ne dépassent pas 5 cm, mais appartient à une formation volcanique en place, représentée par un tuf à blocs de toutes tailles, jusqu'à 5 m de long, *interstratifié* au milieu des sables, et dont l'épaisseur atteint 50 m. La même formation volcanique existe, beaucoup moins épaisse, et avec une prédominance de blocs moyens, au Nord de Saint-Antonin, soit sur une extension totale de 10 km. A Collongue, il existe au

(1) *Bull. Carte Géol.*, n° 198, 40, 1938 et *Thèse*, p. 78.

milieu du tuf un lit de quelques centimètres de lignite durci, formé de bois à structure bien visible.

Le ou les centres d'émission de cet abondant matériel volcanique ne peuvent être cherchés qu'au voisinage immédiat de Collongue. Comme il paraît invraisemblable qu'un neck ait pu échapper à l'observation dans les zones environnantes, on ne peut, me semble-t-il, envisager que deux hypothèses : ou bien le culot volcanique a été masqué sous un des chevauchements de la région, ou, plus vraisemblablement, il se trouvait dans la partie centrale du synclinal, où il aurait été masqué par les dépôts les plus récents (sables et marnes d'eau douce). Un levé détaillé des sables, tufs et conglomérats du synclinal de Collongue permettrait sans doute de préciser cette hypothèse, et d'orienter des levés magnétiques éventuels.

Un volcanisme de caractères analogues est connu 25 km plus au Sud, avec les tufs labradoriques du Biot, considérés comme oligocènes ou miocènes, et dont Guébhard avait relevé une série de petits affleurements depuis Saint-Vallier jusqu'au Cap d'Ail.

On peut, d'autre part, établir un rapprochement entre la roche éruptive de Collongue et celle, apparemment très analogue, selon J. Boussac : Andésite à augite (labradorite), remarquable par sa richesse en feldspath et par le zonage de ses cristaux feldspathiques », dont on trouve les fragments remaniés dans les grès mouchetés du Champsaur, et dont l'origine est inconnue.

GÉOLOGIE. — *Le Lias supérieur du sondage de Belleville près de Verdun (Meuse).* Note de M. **Pierre L. Maubeuge**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Une Note précédente [1] a exposé les résultats stratigraphiques essentiels obtenus en ce qui concerne le Jurassique moyen et supérieur de la région de Verdun, grâce au sondage de Belleville. L'étude complète des faunes recueillies m'a permis de préciser quelques limites stratigraphiques; d'autre part, des données paléogéographiques nouvelles viennent étayer mes conclusions premières. On a vu l'existence d'une fosse de subsidence callovo-oxfordienne dans ces régions; fait surprenant, le Bathonien moyen et le Lias supérieur ont montré des formations conglomératiques; en outre la sédimentation est nettement détritique. Ce sondage n'est donc pas dépourvu d'analogies avec celui de Ferrières-en-Bray, si bien étudié par P. Pruvost [2] et réexaminé récemment par A. Bonte [3]; à Ferrières,

---

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1312. (On rectifiera comme suit les coquilles typographiques dans la coupe : ligne 22, de o à 55; ligne 29 : 446,40.)

(2) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 242; *ibid.*, p. 386; *Ann. Off. Nat. Comb. Liq.*, 3, 1928, n° 3, p. 429.

(3) *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, n° 205, 1941.

loin des affleurements et du littoral, conglomérats, lacune stratigraphique, formation d'oolithes ferrugineuses dans l'Aalénien, ont été constatées dans la série jurassique en même temps que des phénomènes importants de subsidence.

J'ai signalé la présence d'un conglomérat au sommet du Toarcien (profondeur 599,50), de même aspect que les conglomérats littoraux du Jurassique lorrain connus aux affleurements. Mais voici qu'en outre, j'ai décelé à la profondeur 627,80 un conglomérat phosphaté riche en Ammonites dans les argiles gréseuses. Ce conglomérat équivalent au conglomérat phosphaté à *Cœloceras crassum*, daté ici sans hésitation par sa faune, se situe donc, comme en Lorraine orientale, un peu au-dessus du Toarcien inférieur (zone à *H. falcifer*, niveau des « Schistes cartons » bitumineux, détritiques à Belleville). On connaît donc maintenant de façon continue ce conglomérat phosphaté sur plus de 100 km du Nord au Sud en Lorraine, et plus de 60 km d'Est en Ouest. Cette extension énorme, comme celle des indices d'émersion au contact Bajocien-Aalénien, sont très expressives; elles ne peuvent pas être interprétées comme des résultats d'érosions sous-marines. On ne peut concevoir la permanence de courants et leur continuité sur de telles étendues du fond sous-marin. Ce sont bien des indices d'oscillations positives avec tentatives d'émersions ou émersions temporaires et partielles. Sous une autre appellation, ce sont les ruptures d'équilibre du milieu marin dont parlait L. Cayeux en en pressentant toute l'importance dans la genèse des niveaux phosphatés marins et à oolithes ferrugineuses.

En Lorraine orientale, j'ai déjà signalé des lacunes stratigraphiques, conglomérats phosphatés au contact du Lias moyen et supérieur; j'ai, en outre, reconnu la présence d'un véritable bone-bed avec graviers de quartz en pleine série argileuse des schistes papyracés de base du Toarcien. L'extension d'indices analogues à des niveaux divers bien loin vers l'Ouest imposera une révision des opinions classiques réclamant une grande épaisseur des eaux submergeant la Lorraine pendant le Jurassique; les mers épicontinentales lorraines étaient certainement peu profondes.

En ce qui concerne l'Aalénien, j'ai pu procéder sur la base de l'analyse des faunes et grâce à la découverte de nouvelles Ammonites, à de légères rectifications des limites de l'étage et à sa division stratigraphique. C'est à 572,50 que se situe exactement le toit, différence minime; par contre, la base fixée à 584 m de profondeur, doit être portée à 591,40, une demi-douzaine de *Dumortieria* ayant été dégagées. De 572,50 à 574, la Couche Grise du gisement ferrifère lorrain a été identifiée; à 578,83, le « crassin » (lumachelle) typique de la Couche Brune a été identifié; c'est vers 580,30 que la base de cette Couche Brune a été reconnue; jusque 591,40 les Couches Noire et Verte et leurs stériles ont été reconnus, et datés eux aussi.

L'Aalénien est donc là amputé de ses termes supérieurs et s'apparente stratigraphiquement au Bassin de Nancy, privé lui aussi des termes supérieurs des Bassins septentrionaux.

Du point de vue minier, le chaînage de l'Aalénien de Belleville avec celui des concessions ferrifères Lorraines occidentales est certain; s'il ne peut apporter des présomptions quant à la présence de couches exploitables lenticulaires, jusqu'ici inconnues, le sondage de Belleville élargit cependant latéralement jusqu'aux Hauts de Meuse la zone prospectable, et vierge de recherches, du Bassin ferrifère lorrain septentrional.

Dans un autre ordre d'idées, du point de vue géologie appliquée, il est intéressant de noter ce qui suit. Dans le Bajocien moyen, une diaclase des Calcaires à Polypiers a donné, à 481 m, de faibles venues de méthane et de gaz carbonique. Au détubage seulement, deux venues artésiennes de 8 m de hauteur de jet ont montré des eaux fortement salées; la première se situait sensiblement au toit du Toarcien inférieur (zone à *H. Falcifer*), à 650 m environ de profondeur; la seconde a eu lieu de 500 à 510 m dans la partie inférieure des « Calcaires à Polypiers » du Bajocien moyen. Le manque de prélèvements nous prive malheureusement à ce sujet de données pratiques et théoriques d'un intérêt considérable dans le cadre de la prospection générale de l'Est du Bassin de Paris.

GRAVIMÉTRIE. — *Nouvelle contribution à la prospection gravimétrique du Sahara central.* Note de M. **Jean Lagrula**, présentée par M. Pierre Lejay.

Les mesures effectuées au Sahara, grâce au pendule Holweck-Lejay de l'Observatoire d'Alger ([1]), ont pu être utilement complétées par l'emploi du gravimètre Western, n° 53. Au cours de l'année 1951, ont été suivis les itinéraires suivants : El Goléa, In Guezzam, In Salah-Aoulef-Adrar, Ain Sefra-Bidon 5 et Beni Abbes-Tabelbala; les stations gravimétriques sont uniformément à 10 km l'une de l'autre.

Tous les trajets ont été parcourus deux fois, ce qui a permis d'éliminer, par de nombreux recoupements, la dérive instrumentale, faible et d'allure assez régulière, malgré les secousses inévitables sur les pistes sahariennes. La valeur de *g* à Aoulef a été confirmée, à quelques décimilligals près, par Mme Duclaux et M. Jean Martin (liaison par avion Alger-Aoulef).

La réduction des observations se heurte à une difficulté : la topographie du Sahara n'est pas connue avec une grande précision et, en particulier les altitudes au Sud d'El Goléa et de Colomb-Béchar, sont purement barométriques. Il en résulte, pour les anomalies gravimétriques, une indétermination difficile

(1) J. Lagrula, *Contribution à l'exploration gravimétrique du Sahara* (*Annuaire* 1939 *de l'Institut de Météorologie et de Physique du Globe de l'Agérie*), p. D 1.

à chiffrer, mais qui pourrait atteindre dans certaines régions, une dizaine de mgal. C'est avec cette réserve que doivent être considérés les résultats. Cependant les retouches que permettront les progrès du nivellement et de la cartographie présenteront un caractère systématique, et les variations fort importantes des anomalies ne seront pas sensiblement modifiées.

L'étude des résultats, dans une zone aussi vaste, comportant des altitudes inférieures à 300 m et d'autres supérieures à 1400 m, ne saurait se contenter des anomalies de Bouguer. J'ai calculé, dans le système Airy, avec la profondeur de compensation T = 60 km adoptée pour l'Algérie, des anomalies isostatiques permettant, malgré leur caractère provisoire, de dégager sans équivoque ce qui est essentiel.

S.	*d* (km).	S.	*d* (km).		*a* (mgals).	S.	*d* (km).	S.	*d* (km).		*a* (mgals).
E. G.	0	I. S.	400		— 8	C. B.	110	B. A.	120	M	+32
E. G.	350	I. S.	50	*m*	—34	C. B.	210	B. A.	20	*m*	— 5
I. S.	0	A.	280		—21	B. A.	0	Ad.	374		0
I. S.	10	A.	270	M	—20	B. A.	40	Ad.	334	M	+13
I. S.	40	A.	240	*m*	—28	B. A.	210	Ad.	164	*m*	— 8
I. S.	270	A.	10	M	+53	B. A.	250	Ad.	124	M	+ 8
A.	0	T.	350		+48	B. A.	370	Ad.	04		—12
A.	40	T.	310	*m*	+11	Ad.	86	R.	54	*m*	—57
A.	130	T.	220	M	+46	R.	0	B.	515		—29
A.	340	T.	10	*m*	+15	R.	296	B.	219	M	+19
T.	0	I. G.	330		+27	R.	336	B.	179	*m*	0
T.	80	I. G.	250	M	+48	R.	376	B.	139	M	+36
T.	300	I. G.	30	*m*	0	R.	426	B.	89	*m*	+14
T.	330	I. G.	0		+14	R.	456	B.	59	M	+28
I. S.	70	Ao.	90	*m*	—31	R.	515	B.	0		+17
Ao.	0	I. S.	160		—18	B. A.	150	Ta.	140	M	+23
A. S.	0	C. B.	260		+ 2	B. A.	200	Ta.	90	*m*	+11
C. B.	0	B. A.	230			B. A.	250	Ta.	40	M	+37
C. B.	10	B. A.	220	M	+31	B. A.	290	Ta.	0		+30
C. B.	90	B. A.	140	*m*	+19						

E. G., El Golea; I. G., In Guezzam; B. A., Beni Abbes; Ta, Tabelbala; I. S., In Sala h Ao., Aoulef; Ad., Adrar; A., Arak; A. S., Ain Sefra; R., Reggane; T., Tamanrasset C. B., Colomb Bechar; B., Bidon V.

Les colonnes *d* sont les distances kilométriques de la station aux lieux portés dans les colonnes

Nous avions constaté en Algérie-Tunisie, une corrélation marquée entre les anomalies isostatiques *a* et la structure géologique (2). Nous la voyons s'étendre au vaste territoire du Sahara. Par exemple, sur le plateau central

(2) J. LAGRULA, *Étude gravimétrique de l'Algérie-Tunisie* (*Bulletin du Service de la Carte Géologique de l'Algérie*), 4e série, n° 2, 1951, Chap. IV.

crétacé (Tadémaït) les anomalies sont de l'ordre de — 10 mgal, comme dans l'Atlas Saharien (formations également secondaires). Au contraire, dans la région du Hoggar, elles sont positives et arrivent à dépasser + 40 mgal; elles sont également positives et atteignent + 30 mgal dans le Carbonifère de la région de Colomb-Béchar.

C'est aux géologues sahariens qu'il appartient de rechercher si cette corrélation, valable pour les grandes lignes de la structure, l'est aussi pour les détails, comme c'est le cas en Algérie où les maxima et minima de a correspondent respectivement à des anticlinaux et synclinaux. La liste complète des résultats numériques a été communiquée au Comité National de Géodésie et de Géophysique; en voici quelques extraits, comportant les principaux maxima (M) et minima (m) de a (*voir* tableau ci-dessus) en des points dont la position est repérée par leurs distances d à des stations de référence S.

Il faut signaler particulièrement, le minimum très marqué (— 57 mgal) à une cinquantaine de kilomètres au Nord de Reggane.

Notons enfin, que la corrélation de nos résultats avec la structure géologique, serait encore meilleure avec une valeur plus faible de T (20 km par exemple).

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Les premières étapes de la trachéogénèse radiculaire avant l'édification des radicelles.* Note (*) de MM. **Fernand Pellissier** et **Pierre Bernard**, présentée par M. Roger Heim.

L'un de nous, étudiant les différentes étapes de la trachéogénèse dans la phylle, a pu mettre en évidence les règles de la différenciation vasculaire (discontinue, nodale et nodifuge) dans les parties aériennes du végétal ([1]).

Nous nous sommes demandé si l'ontogénèse du xylème radiculaire obéissait à un principe analogue.

Pour le savoir, nous avons fait appel à la méthode d'observation par transparence (*in situ*) ([2]) et à la technique des coupes en série en utilisant le réactif de Steinmetz comme milieu de montage éclaircissant et colorant.

Nos observations ont porté sur l'appareil radiculaire de plantules de *Nigella Damascena* L. d'âges différents (depuis le stade post-germinal jusqu'à l'apparition de la cinquième feuille épicotylée).

Ces recherches nous ont conduits à envisager :

a. le processus de différenciation des éléments vasculaires au sein d'une racine (principale ou secondaire), *avant la naissance des radicelles*;

b. le mécanisme de la trachéogénèse au cours de l'édification des radicelles.

(*) Séance du 12 mai 1952.

([1]) F. Pellissier, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 676.

([2]) C. Gabriel et F. Pellissier, *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 83, 1936, p. 8-15.

Seul, le premier de ces deux problèmes sera abordé dans cette Note.

Observés *in situ*, les vaisseaux alternes des racines se présentent toujours sous la forme d'éléments à spirale plus ou moins dense.

Nous avons établi que la notion *d'étirement vasculaire* est capitale dans l'interprétation de l'ontogénèse du système conducteur ligneux. Mais, dans la racine, l'appréciation grossière de l'intensité de l'étirement étant un moyen d'investigation insuffisant, nous avons dû recourir à une technique précise. Pour chaque vaisseau du faisceau ligneux, le nombre n de tours de spires par unité de longueur (36 μ) est mesuré au micromètre oculaire. Les valeurs obtenues permettent de dresser les courbes des fluctuations de l'étirement pour un même vaisseau, en inscrivant en ordonnée la valeur n et en abscisse la longueur du vaisseau (exprimée en unités de longueur).

L'étude de ces courbes révèle :

1° un aspect très sinueux (aspect dit en dents de scie);

2° pour un vaisseau étudié isolément, le diagramme présente toujours des zones plus denses (zones de condensation : $n = 6$ à 8), séparées par des zones moins *accidentées*, plus étirées (zones d'étirement : $n = 4$ à 5);

L'étude de leur alternance et de leur position démontre qu'il n'existe ni symétrie, ni progression; l'étirement du vaisseau est irrégulier;

3° pour chaque vaisseau, à mi-longueur et légèrement vers la base (par rapport à l'organe), existe un *point de condensation maxima* ($n = 8$) de part et d'autre duquel se situent d'autres zones de condensation moins marquées et moins nettes ($n = 7$);

4° enfin, les extrémités du vaisseau et notamment l'extrémité apicale dans le vaisseau terminal (proximal par rapport à la coiffe), présentent des *zones de condensation de valeur moyenne* ($n = 5$ à 6).

En définitive, dans une racine principale ou secondaire, *indépendamment de tout apport radicellaire, chaque vaisseau est caractérisé par un point de condensation maxima.*

Celui-ci se situe dans la portion médiane et légèrement vers la base de la trachée considérée.

Cette zone de moindre étirement ne semble pas devoir être interprétée pour le vaisseau comme le résultat d'une élongation irrégulière *subie* par l'organe après la différenciation vasculaire; en effet, les points de condensation maxima des diverses trachées sont situés à des niveaux différents de la racine; *chaque vaisseau possède son système propre qui ne paraît pas influencer le système de la trachée voisine.*

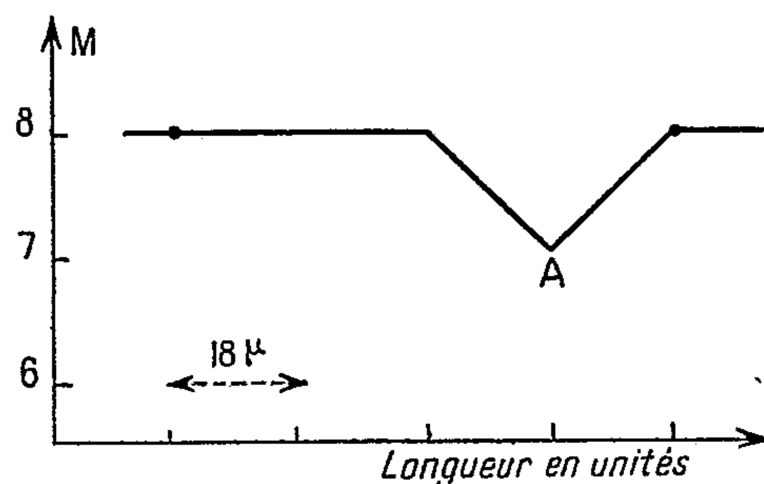
A notre sens, *le point de condensation maxima représente le témoignage d'un point isolé primitif à partir duquel la différenciation ultérieure s'est opérée dans les deux directions.*

Nous avons eu la possibilité de vérifier partiellement cette hypothèse

dans la partie terminale (près de la coiffe) d'une racine secondaire. Nous y avons observé *une trachée isolée* du reste du faisceau ligneux.

Cette trachée ligneuse est de longueur réduite (80 μ); elle est légèrement arquée; sa différenciation ligneuse ne semble pas achevée; en effet, les spirales ne sont pas aussi nettes que sur les autres vaisseaux de la racine; enfin, aux extrémités basale et apicale (en particulier), les tours de spire *s'estompent progressivement.*

Le décompte du nombre de spires par unité de longueur nous permet de dresser un diagramme de cet élément très récent : une ligne horizontale avec un *accident en creux* rétroapical. Dans ce diagramme, les parties horizontales se maintiennent à une valeur moyenne de huit spires par unité de longueur $n = 8$); dans *l'accident en creux* $n = 7$. A notre sens, cette *courbe* traduit un vaisseau néoformé, condensé, dans lequel la dépression représente le premier signe d'étirement en direction apicale (*voir* figure).



A ce stade, la trachée est assimilable à un point initial, de part et d'autre duquel la lignification se poursuit progressivement.

En conclusion, dans une racine dépourvue de radicelles, malgré l'absence de nœuds, l'ontogénèse de l'appareil vasculaire révèle un fait inattendu qui permet de la rapprocher des observations effectuées sur les organes aériens : chaque trachée naît isolément d'un point initial à partir duquel la différenciation se poursuit dans les deux directions.

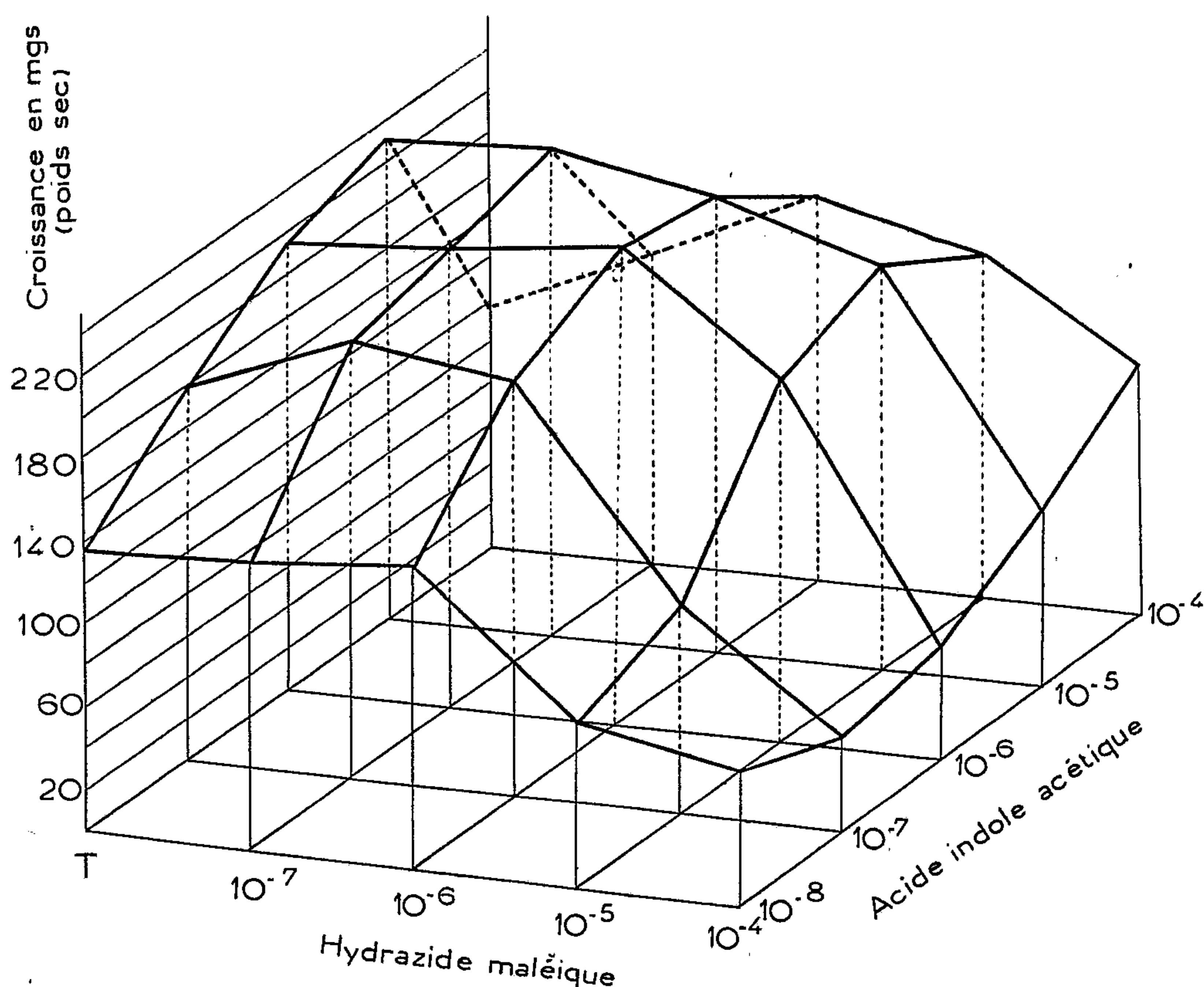
PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur l'action combinée de l'hydrazide maléique et de l'acide indole-acétique sur les cultures de tissus de Topinambour.* Note de M. **Roger J. Gautheret**, présentée par M. Roger Heim.

L'hydrazide maléique employée à faible dose renforce l'action stimulante de l'acide indole-acétique. A haute dose, ces deux subtances sont au contraire antagonistes.

L'hydrazide maléique est un inhibiteur de prolifération ([1]) jouissant,

([1]) A. W. Naylor et E. A. Davis, *Bot. Gaz.*, 112, 1950, p. 112.

en outre, de la curieuse propriété de modifier la composition glucidique des tissus ([2]). Leopold et Klein ont d'autre part établi, en se servant du « test Pisum », qu'il peut être un antagoniste de l'auxine, ce qui expliquerait son pouvoir inhibiteur ([3]). Nous avons pensé que la méthode des cultures de tissus permettrait d'étudier cet antagonisme d'une manière précise.



Action conjuguée de l'acide indole-acétique et de l'hydrazide maléique sur le développement de fragments de tissus de Topinambour.

Selon les combinaisons de concentrations employées, les deux substances sont synergiques ou antagonistes.

Les expériences que nous avons entreprises à cet effet consistaient à ensemencer des fragments calibrés de tubercules de Topinambour sur des milieux contenant diverses doses d'hydrazide maléique (10^{-8} à 10^{-4}) associées à diverses doses d'acide indole-acétique (10^{-8} à 10^{-4}). Des témoins furent réalisés en utilisant des milieux contenant seulement l'une

([2]) C. Phoophas et A. Goris, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1002.
([3]) A. C. Leopold et W. H. Klein, *Science*, 114, 1951, p. 9.

des deux substances. Chaque série de cultures comportait 12 explantats dont le poids initial était de l'ordre de 400 à 600 mg. Au bout de 34 jours, nous avons déterminé le poids frais et le poids sec de chaque explantat et calculé la moyenne des poids obtenus en fin de culture pour chaque série.

Les résultats ont été exprimés par des graphiques à trois dimensions dont l'un, concernant les poids secs, est représenté ci-dessus; lorsque l'intervalle séparant deux points était faible nous avons procédé à l'analyse statistique des valeurs expérimentales afin de préciser la validité des moyennes. Ces expériences ont conduit aux résultats suivants :

1° L'hydrazide maléique a provoqué une déshydratation des tissus. Le rapport poids frais/poids sec qui variait entre 5,63 et 6,26 pour les cultures réalisées en l'absence d'hydrazide maléique s'est abaissé à 4,21 pour 10^{-5} de cette substance et même à 4,00 pour certaines cultures soumises à une dose d'hydrazide égale à 10^{-4}.

Cette action déshydratante suggérait que l'appréciation de l'action de l'hydrazide sur le développement des tissus devait être faite en considérant les poids secs plutôt que les poids frais.

2° Des doses d'hydrazide maléique de l'ordre de 10^{-7} et 10^{-6} peuvent agir en synergie avec l'acide indole-acétique et renforcent très légèrement l'action stimulante de cette substance lorsqu'elle est employée à la dose de 10^{-7}. Des observations anatomiques ont confirmé cette conclusion en montrant que les néoformations obtenues sous l'action du mélange des deux substances étaient plus abondantes qu'en présence d'acide indole-acétique seul.

3° Pour d'autres combinaisons de doses, les deux substances manifestent, au contraire, des propriétés antagonistes.

C'est ainsi qu'une dose d'hydrazide de l'ordre de 10^{-5} bloque la prolifération des tissus si le milieu contient 10^{-8} d'acide indole-acétique, mais cesse d'être inhibitrice si l'on augmente la dose d'acide indole-acétique. Vice-versa, l'hydrazide maléique à des doses de l'ordre de 10^{-6} et 10^{-5} atténue la toxicité de l'acide indole-acétique employé à la concentration supra-optimale de 10^{-4}. Ces résultats ont également été confirmés par l'étude anatomique des explantats.

Si l'on porte enfin la dose d'hydrazide à 10^{-4}, on obtient un blocage total quelle que soit la dose d'acide indole-acétique. La pesée des explantats semble pourtant indiquer qu'à forte dose (10^{-4}) l'acide indole-acétique peut lever cette inhibition mais l'étude anatomique montre qu'en réalité il n'en est rien. L'augmentation du poids des explantats ne résulte donc pas dans ce cas d'une prolifération mais d'une simple accumulation de substances.

Les faits que nous venons d'exposer ont été vérifiés au moyen de trois

expériences distinctes. Ces trois expériences ont fourni des résultats analogues; les données numériques contenues dans la présente Note proviennent de l'une d'elles.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Migration des phosphates marqués absorbés par les feuilles aériennes.* Note de Mme **Cécile Sosa-Bourdouil** et M. **Pierre Lecat**, présentée par M. Raoul Combes.

Le radiophosphore P^{32} administré à la feuille sous forme de phosphates en solution aqueuse, est non seulement absorbé, mais transporté et métabolisé dans les parties de la plante non traitées. Nous avons étudié entre autres, les effets de la concentration, de la température, de la surface foliaire traitée et de la structure.

Nous avons employé ici le phosphate d'ammonium $P^*O_4H_2NH_4$ contenant une certaine proportion de P^{32} et mis en solution dans l'eau distillée. Les feuilles peuvent être mises en contact avec la solution de diverses manières, et les premières expériences ont été faites en 1950 en faisant tremper le limbe d'une ou de plusieurs feuilles dans un godet contenant la solution radioactive. Par la suite, nous avons employé le badigeonnage ou la pulvérisation. Les plantes sont cultivées au Muséum, soit sur terre ordinaire, soit sur milieu synthétique de Hoagland complet ou déficient en P. Les mesures sont effectuées à l'Institut du Radium suivant les indications de M. Bonet-Maury et Mlle A. Deysine à l'aide du compteur de Geiger-Müller. Les résultats sont exprimés en coups/minute par décigramme de substance sèche : (c/m).

1. *Transport et répartition suivant les organes.* — Des plants de *Matthiola fenestralis* ont été repiqués sur milieu de Hoagland. Trois feuilles sur dix trempaient dans la solution active de phosphate d'ammonium (concentration 2 %; activité initiale 12 000 c/m/cm³). Après rinçage, l'activité des feuilles immergées est de 4 330 c/m à la fin de l'expérience. Pour les parties de plante non immergées, on trouve au bout de la 3e journée : feuilles âgées 43 c/m; bourgeon terminal 584; tige 374; racines 152. Du phosphore a donc été transporté dans toutes les parties de la plante. L'activité maximum se note pour le bourgeon terminal en cours de croissance. Ceci confirme la notion classique de l'appel de phosphore vers les points végétatifs.

Chez *Brassica napus*, après 4 jours, nous trouvons pour les feuilles non traitées (limbes) : 5 650; pétioles, 2 680; tige, 2 880; racines, 1260. La plus grande activité se trouve dans le limbe, la plus faible dans la racine.

Avec *Primula sinensis* en pot, sur terre ordinaire, on a trouvé des résultats de même sens en badigeonnant les feuilles avec un mélange adhésif contenant la solution active (phosphate 1 %, le « carbowax »

comme adhésif, le « triton » comme hypotenseur et le glycérol pour éviter la dessiccation). Au bout de 5 jours à partir du traitement de la moitié des feuilles, on trouve pour l'autre moitié : 534 c/m et pour les fleurs 1400 c/m. Il y a donc bien appel du phosphore vers les fleurs au moment de la reproduction.

2. *Action de la température et de la surface foliaire traitée.* — Des jeunes plants de *Brassica napus* sont repiqués sur milieu de Hoagland déficient en phosphore. Les deux faces de la feuille sont badigeonnées avec un mélange semblable au précédent (activité initiale de la solution de phosphate à 1 % : 86 000 c/m/cm³). Les mesures sont faites au bout de 7 jours.

Température de 9 à 12°.

Proportion de feuilles traitées	1/6	2/6	3/6
Activité des feuilles non traitées	163	177	355

Température de 9 à 20°.

Feuilles non traitées	175	768	865

Avec l'élévation de la température moyenne, l'absorption et le transport du phosphore se sont intensifiés. Par ailleurs, l'effet est en rapport avec le nombre de feuilles traitées.

3. *Action de la structure de la surface foliaire.* — Chez *Brassica napus* cultivé dans le champ, le badigeonnage a été effectué soit sur la face supérieure, soit sur la face inférieure de la feuille sur des plantes se trouvant par ailleurs dans les mêmes conditions. L'activité a été de 43 c/m dans le premier cas et de 252 c/m dans le deuxième. Cette différence est due vraisemblablement à une facilité de pénétration plus grande de la solution par la face inférieure dont la structure est différente de celle de la face supérieure. Nous avons pu observer des différences de même ordre suivant que l'on s'adresse à des feuilles à épiderme épais et cireux ou à des feuilles à épiderme mince, ou pileux, etc.

L'âge de la feuille intervient également. D'autre part, le transport est plus rapide chez les plantes annuelles que chez les plantes ligneuses.

4. *Métabolisme.* — Nous avons séparé les diverses fractions phosphorées dans les feuilles non traitées des plantes en expérience : *a.* phosphore acido-soluble; *b.* phosphore lipidique; *c.* phosphore nucléique et protidique. Une partie des feuilles a été badigeonnée avec le mélange suivant : gélatine 1 %; glycérol 5 ‰; « triton » 1 ‰; phosphate 0,21 %.

	a.	*b.*	*c.*
Après 2 jours : *Atropa Belladonna*	1530	100	90
» 3 jours : *Raphanus raphanistrum*	1440	250	160
» 3 jours et demi : *Œnothera biennis*	604	112	155

Ces résultats tendent à montrer que les feuilles aériennes peuvent constituer à l'occasion, vis-à-vis des éléments nutritifs, un système absorbant complémentaire de celui des racines du sol.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *De la vitalité du* Taraxacum Duplidens *ou Pissenlit scandinave*. Note de M. **François A. Abadie Maumert**, transmise par M. Louis Blaringhem.

Dans la présente Note sont présentées quelques observations sur la vitalité du *Taraxacum Duplidens*, vitalité qui paraît être le principal caractère le différenciant du *Taraxacum Dens Leonis*.

Le *Taraxacum Duplidens* dont le nom « Lövetann » traduit littéralement « Dent de Lion » présente tous les caractères du *Taraxacum Dens Leonis* avec lequel ses spécimens moyennement développés peuvent être confondus : sa vitalité extraordinaire malgré un climat rude constitue la principale différence.

Le *Taraxacum Duplidens* est une des plantes les plus répandues en Norvège. Nous l'avons trouvée même en dehors des limites que lui assignent généralement les botanistes scandinaves [1]. Des spécimens fleuris, normalement développés, se rencontrent en juillet aussi bien à Finse à 1222 m d'altitude, en bordure d'un glacier qu'à Hammerfest et dans la région du Cap Nord (71° latitude Nord) bien que la température puisse n'y pas dépasser 10° C (1949). Dans ces régions extrêmes rien ne le distingue, quant à sa taille, du *Taraxacum Dens Leonis*. Dans la région d'Oslo, plus au Sud (60° latitude Nord) au bord de la mer, *Taraxacum Duplidens* se trouve souvent sous une forme géante. C'est dans la première semaine de juin que son développement atteint le maximum.

Le plus grand spécimen que nous ayons examiné provenait d'un verger situé dans une riche vallée au pied du petit massif montagneux de Kolsås [2].

Voici quelques-unes de ses caractéristiques : poids : 700 g (avec racine); racine : longueur 20 cm, diamètre maximum 3,5 cm; feuilles : nombre 288 dont 198 encore vertes, longueur moyenne 25 cm, longueur maximum 50 cm, largeur maximum 8,5 cm; pédoncules : nombre : 47 dont 40 portant des fleurs, des akènes, ou ayant perdu ceux-ci mais demeurés verts; hauteur moyenne 58,5 cm, hauteur maxima 64 cm qui n'a rien d'exceptionnel; nous avons trouvé sur les premières pentes du massif de Kolsås, un pédoncule floral de *Taraxacum* ayant 105 cm; certains sont hypertrophiés et

---

(1) T. Lagerberg et J. Holmboe, *Våre ville planter*, 6, Oslo, 1940, p. 250.

(2) Anonyme, *Aftenposten*, n° 257, 1950, p. 8.

indépendamment de leur hauteur peuvent avoir jusqu'à 4 cm de tour; ils ne sont plus alors cylindriques mais aplatis et en hélice. Bien qu'ils soient généralement plus courts, il ne semble pas que les feuilles et pédoncules morts restent de l'année précédente. Étant donné la rigueur des hivers, il s'agit vraisemblablement des premières pousses de l'année en cours.

Même placé dans des conditions défavorables, *Taraxacum Duplidens* peut être exceptionnellement vigoureux. En juin 1951, après un printemps sans pluie, dans une fissure de l'asphalte d'un parc à autos situé au centre d'Oslo, nous en avons trouvé un spécimen ayant 374 feuilles d'une longueur moyenne de 13 cm, la plus longue mesurant 20 cm, et 93 pédoncules tous verts d'une longueur moyenne de 15 cm, le plus haut mesurant 22 cm.

Taraxacum Duplidens a été peu étudié, même dans la région limitée où il se cantonne [presqu'île scandinave et Danemark ([2])]. Nous nous proposons d'en poursuivre l'étude au cours de la prochaine saison.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la nature protéique des trichophytines et leur composition en amino-acides.* Note de MM. **Jacques Meyer, René Sartory, Jacques Malgras** et **Jacques Touillier**, présentée par M. Roger Heim.

Au cours de nos recherches sur la composition des Trichophytines, nous sommes partis de cinq souches de Dermatophytes, à savoir : *Ctenomyces interdigitalis* (Priestley 1917), *Microsporum lanosum* (Sabouraud 1907), *Microsporum audouini* (Grüby 1843), *Ctenomyces granulosum* (Sabouraud 1908), *Ctenomyces persicolor* (Sabouraud 1910).

Ces différentes souches ont été cultivées en fioles de Roux sur milieu de Schuermann ([1]) durant trois mois.

Nous avons alors isolé les toxines des Dermatophytes selon la méthode employée par Estermann ([2]) pour la trichophytine. Pour chaque souche étudiée, nous avons préparé l'endotoxine, ou endotrichophytine, incluse dans le mycélium, et d'autre part l'exotoxine ou exotrichophytine, qui a diffusé dans le milieu de culture.

Endo- et exotoxine sont obtenues par précipitation acétonique à basse température, d'après la méthode de Piettre ([3]).

Après purification, ces toxines ont été mises en solution, tyndallisées, et par des essais cliniques sur différents malades atteints de mycoses, nous

---

([1]) *A propos des cultures de Dermatophytes. Préparation d'un milieu de choix synthétique* (*Thèse Doct. Pharm.*, Strasbourg, 1950).

([2]) *La Trichophytine. Essais sur la préparation, la constitution chimique et les propriétés biologiques* (*Thèse Doct. Pharm.*, Strasbourg, 1950).

([3]) *Biochimie des Protéines*, Masson, Paris, 1937.

avons vérifié l'activité et la spécificité antigénique de nos substances, en comparaison avec la trichophytine brute (Lilly), d'Hémostyl et de Soluté physiologique.

L'obtention des différentes toxines par précipitation acétonique et le fait que ces toxines révèlent une forte proportion d'azote à l'analyse élémentaire, nous donnent des preuves concrètes de leur nature protéique. Nous nous sommes donc attachés à déterminer la composition en amino-acides des différentes toxines que nous avions isolées.

Nous avons effectué cette étude par chromatographie de partage sur papier; nous avons opéré en chromatographie ascendante, en deux dimensions, en prenant comme solvant, d'une part le phénol, d'autre part le butanol acétique.

Après séparation, les acides aminés ont été révélés par une solution à 0,2 % de ninhidrine dans le butanol.

Nous avons travaillé avec l'appareil classique décrit par Lederer ([1]) dans son traité de chromatographie.

Les différents acides aminés ont été déterminés par calcul de leur Rf respectif et nous avons vérifié toutes nos déterminations par chromatographie de mélanges d'acides aminés purs pris pour témoin.

L'analyse chromatographique nous a permis de constater les faits suivants :

1° Endotrichophytine et exotrichophytine élaborées par les Dermatophytes en culture ne sont pas identiques pour une espèce donnée, sauf pour *Microsporum audouini* et *Ctenomyces persicolor*.

2° Toutes les Trichophytines possèdent neuf acides aminés de base à savoir : acide aspartique, acide glutamique, sérine, glycocolle, thréonine, alanine, lysine, arginine, leucine.

Ces neuf acides aminés doivent donc être à la base du composé trichophytinique des Dermatophytes.

Le seul antigène renfermant uniquement ces neuf acides aminés est l'endotrichophytine de *Microsporum lanosum*.

3° Les autres toxines comprennent en plus des neuf acides aminés de base la valine, la proline et la tyrosine.

4° Trois antigènes examinés : l'endotrichophytine de *Ctenomyces interdigitalis*, l'endotrichophytine de *Ctenomyces granulosum* et l'exotrichophytine de *Microsporum lanosum*, révèlent en outre une tache correspondant à un acide aminé inconnu dont nous n'avons pu déterminer la nature.

5° La trichophytine la plus complexe semble être l'exotoxine de *Micro-*

([1]) *Progrès récents de la chromatographie*, Paris, Hermann, 1949.

sporum lanosum. Elle montre, en effet 15 acides aminés, dont deux, la phénylalanine et la cystine, n'existent dans aucun autre hydrolysat.

Cette complexité structurale de l'exotrichophytine de *Microsporum lanosum* pourrait expliquer la plus grande spécificité qu'elle présente lors des essais cliniques.

A l'heure actuelle, nous n'avons pu effectuer que des déterminations qualitatives, mais nos recherches continuent pour déterminer par des microméthodes les quantités respectives des différents acides aminés séparés par chromatographie.

PHYTOPATHOLOGIE. — *Le* Phytophthora cinnamomi *parasite du Châtaignier en France*. Note de M. **Jean Grente**, présentée par M. Roger Heim.

La station d'amélioration du châtaignier de l'Institut national de la Recherche agronomique à Brive étudie, depuis 5 ans, selon l'orientation des travaux donnée en 1946 par M. Schad, les causes du dépérissement du châtaignier en France. En 1951, nous avons poursuivi les études de pathologie végétale ayant pour but de déterminer les causes de la maladie de l'Encre, principale responsable de la régression de la châtaigneraie française. Plusieurs centaines d'isolements ont été effectués sur des châtaigniers de tous âges présentant des symptômes de dépérissement. Les résultats obtenus montrent que, dans plus de 90 % des cas, on peut mettre en évidence l'un des deux parasites des racines : *Phytophthora cambivora* (Petri) Buiss. ou *Phytophthora cinnamomi* Rands. Ces champignons envahissent le cambium des racines en commençant par les plus fines terminaisons du chevelu, puis remontent en suivant le cambium, jusqu'au collet et même souvent sur la base du tronc où se produit une lésion de forme triangulaire remontant jusqu'à 90 cm au-dessus du sol. Les lésions laissent exsuder une substance noirâtre qui a fait donner le nom « d'Encre » à la maladie. Parallèlement à l'envahissement des racines, le système aérien présente un dessèchement progressif des extrémités. Chez beaucoup d'arbres paraissant sains extérieurement, on peut souvent trouver des lésions dues aux *Phytophthora* sur les racines. Petri, en 1917, a décrit l'agent pathogène sous le nom de *Blepharospora cambivora*, plus tard classé parmi les *Phytophthora*; en France, Dufrénoy, en 1920, arrivait aux mêmes conclusions. Un examen critique des travaux de cet auteur permet, néanmoins, de se rendre compte qu'il avait travaillé avec plusieurs organismes différents, dont l'un était le *P. cambivora* de Petri et l'autre le *P. cinnamomi*, espèce décrite, en 1922, par Rands comme parasite du Cannelier à Sumatra. Cette espèce ne fut reconnue sur le châtaignier, en Europe, que vers 1938 par Day, puis un peu plus tard aux États-Unis

par Crandall. Certains auteurs ayant proposé de réunir les deux espèces en une seule par suite de leur grande ressemblance, une confusion regrettable régna pendant un certain temps. En 1942, Urquijo, reprenant, en Espagne, l'étude de la maladie de l'Encre, montra que les deux espèces étaient réellement distinctes dans leur morphologie et dans leur résistance au vert de malachite, mais que les caractères taxinomiques donnés par Leonian dans sa clé dichotomique de détermination des *Phytophthora* n'avaient pas tous la même valeur. Seule la résistance au *P. cinnamomi* à 1/8 p. p. m. de vert de malachite permet de le distinguer du *P. cambivora* qui ne se développe pas dans les milieux de culture en présence de cette concentration. Par contre, l'apparition des sporanges dans différents milieux est trop variable selon les souches et trop difficile à obtenir pour pouvoir servir de caractère différentiel; la taille des sporanges ainsi que celle des zoospores varie énormément selon les conditions de milieu. Urquijo trouve de bonnes caractéristiques spécifiques dans la morphologie du mycélium qui est presque lisse sans chlamydospores et sans formes de réserve chez le *P. cambivora* à l'inverse de celui de *P. cinnamomi* verruqueux, vésiculé et avec chlamydospores. Nos conclusions découlant de l'étude de 50 souches de *Phytophthora* toutes isolées de châtaignier en France et comparées aux souches ayant servi au travail de Urquijo, montrent que les deux espèces sont répandues très largement dans les châtaigneraies où elles peuvent se maintenir à l'état de saprophytes dans le sol pendant plusieurs années. Le *P. cinnamomi* est plus répandu que le *P. cambivora*, surtout dans les régions méridionales, la première espèce n'existant que dans des îlots correspondant aux anciens foyers de maladie. Les deux espèces peuvent être distinguées par leur réaction différentielle au vert de malachite, mais la grande majorité de nos souches de *P. cinnamomi* sont plus résistantes au vert de malachite que la souche type de Rands qui ne supporte pas 0,5 p. p. m., fait déjà signalé par Urquijo sur ses souches isolées en Espagne. Nous ne pensons pas que ce caractère ait une valeur taxinomique puisque toutes nos souches présentant les caractères morphologiques de *P. cinnamomi* n'ont pas cette propriété et que certaines possèdent les mêmes caractéristiques que celles de Rands. De même à l'intérieur de l'espèce, *P. cinnamomi*, le polymorphisme est tel que certaines souches se rapprochent du *P. cambivora* par leur morphologie. Contrairement aux résultats donnés par Tucker, les deux espèces sont également pathogènes pour le tubercule de pomme de terre. Le *P. cinnamomi* est également remarquable par la difficulté d'obtention de ses sporanges qui ne se forment qu'en très petit nombre sur extraits de terre dilués. La polyphagie et la grande dispersion du *P. cinnamomi* est un fait de la plus haute importance; il attaque plus de 50 espèces dans toutes les régions du globe et on doit le considérer comme l'un des destruc-

teurs de plantes ligneuses les plus importants. Le *P. cambivora* semble, au contraire, assez strictement spécialisé au châtaignier et peut-être au noyer. Le pouvoir pathogène des souches isolées vis-à-vis du châtaignier est utilisé sur une grande échelle dans l'épreuve des plantes pour la recherche de types résistants à l'Encre. Nous n'avons pas trouvé de différences notables de virulence entre les deux espèces en opérant sur un très grand nombre de plantes appartenant à des populations homogènes. Selon les auteurs américains, le *P. cinnamomi* n'attaquerait les conifères et les feuillus autres que le châtaignier, qu'en pépinières à l'état de jeunes semis; cependant, C. et M. Moreau ont trouvé le *P. cinnamomi* produisant une grande affection qu'ils dénomment « Encre du Chêne » et qui attaque les espèces de chêne rouge, pédonculé et tauzin du Pays Basque, à l'état adulte et en plantations forestières. Dans le cas du châtaignier, tous les moyens de lutte essayés se sont révélés inapplicables en pratique ou inefficaces (antibiotiques, désinfection du sol, assainissement, fertilisation, traitement du collet aux sels de cuivre). La seule méthode intéressante est la création de types résistants qui doivent être obtenus par sélection en utilisant les gènes de résistance présents dans les espèces *Castanea*, indigènes et exotiques.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur l'absorption de l'infrarouge par l'œil humain.* Note de M. **Yves Le Grand**, transmise par M. Jean Becquerel.

On calcule l'absorption des milieux de l'œil, en les assimilant à leur épaisseur d'eau pure. Aux températures des fours industriels, c'est la région 1,0-1,9 μ qui contribue principalement à l'échauffement du cristallin et de l'humeur aqueuse, cette dernière intervenant probablement d'une façon prépondérante dans les troubles constatés.

On attribue à l'absorption de l'infrarouge par les milieux de l'œil certaines affections qui atteignent les ouvriers travaillant devant des fours (cataracte des verriers, par exemple). Deux théories ont été proposées pour rendre compte de ces effets, l'une qui invoque l'absorption du rayonnement par le cristallin lui-même, tandis que l'autre admet une action indirecte due à l'échauffement des autres milieux de l'œil, l'humeur aqueuse en particulier.

Au cours de recherches sur cette question, nous avons calculé *a priori* l'énergie qu'absorbent les milieux de l'œil humain, en admettant que l'eau qu'ils contiennent est la cause de cette absorption. De tels calculs ne sont pas nouveaux ([1]), mais la publication récente de valeurs précises

([1]) M. Luckiesh, *Electr. World*, 62, 1913, p. 844; H. Hartridge et A. V. Hill, *Proc. Roy. Soc.*, B 89, 1915, p. 58.

pour l'absorption de l'eau entre 0,7 et 2,5 μ permet d'aboutir à des résultats plus exacts ([2]). Le calcul est relatif à la température 20° C, mais la température plus élevée des milieux oculaires ne doit guère modifier les valeurs.

Longueurs d'onde (μ).	Valeurs relatives des énergies incidente.	absorbées par la cornée.	l'humeur.	le cristallin a.	b.	c.	d.	sortant du cristallin.
				1 448° K.				
<1	0,93	0,009	0,048	0,015	0,014	0,014	0,014	0,82
1,0-1,4	5,96	0,42	1,55	0,34	0,29	0,26	0,22	2,88
1,4-1,6	5,19	2,94	2,16	0,040	0,017	0,006	0,003	0,015
1,6-1,9	9,32	3,20	5,24	0,39	0,21	0,12	0,067	0,089
1,9-2,1	6,56	6,25	0,31	0	0	0	0	0
2,1-2,3	6,44	4,16	2,27	0,008	0,001	0	0	0
2,3-2,5	6,71	5,94	0,77	0	0	0	0	0
>2,5	58,89	58,88	0,01	0	0	0	0	0
TOTAL	100,00	81,80	12,36	0,79	0,53	0,40	0,31	3,81
				2 896° K.				
<1	24,68	0,11	0,59	0,19	0,18	0,18	0,17	23,26
1,0-1,4	24,17	1,27	5,03	1,19	1,05	0,93	0,84	13,86
1,4-1,6	9,45	5,48	3,83	0,064	0,026	0,009	0,005	0,028
1,6-1,9	10,81	3,58	6,15	0,47	0,26	0,15	0,084	0,12
1,9-2,1	5,40	5,16	0,24	0	0	0	0	0
2,1-2,3	4,30	2,79	1,50	0,005	0,001	0	0	0
2,3-2,5	3,75	3,31	0,44	0	0	0	0	0
>2,5	17,44	17,44	0	0	0	0	0	0
TOTAL	100,00	39,14	17,78	1,92	1,52	1,27	1,10	37,27

Le tableau ci-dessus contient, dans diverses bandes spectrales, les proportions de l'énergie incidente et des énergies absorbées par la cornée, l'humeur aqueuse, et quatre tranches de cristallin (*a*, *b*, *c*, *d*), enfin l'énergie qui sort du cristallin dans le vitré. L'énergie incidente est représentée par la valeur 100 pour la totalité du spectre; quant à sa répartition, nous avons admis celle du corps noir à deux températures différentes (1448° K et 2 896° K) qui encadrent les températures de la plupart des fours industriels (ces valeurs conduisent à des maxima respectifs à 2 μ et 1 μ pour un étalement linéaire en longueurs d'onde, ce qui simplifie les calculs). Nous avons supposé des épaisseurs d'eau égales aux valeurs moyennes

([2]) J. A. CURCIO et C. C. PETTY, *J. Opt. Soc. Amer.*, 41, 1951, p. 302.

suivantes ([3]) : cornée, 0,55 mm; humeur aqueuse, 3,05 mm; chaque tranche de cristallin, 1 mm.

Malgré sa minceur, la cornée est donc l'obstacle principal à l'entrée de l'infrarouge dans l'œil, mais il est probable que l'aération et le larmoiement combattent son échauffement. L'humeur aqueuse absorbe notablement dans les bandes 1,0-1,9 et 2,1-2,3 μ, et l'élévation de température qui en résulte doit être sensiblement uniforme dans toute la chambre antérieure grâce aux mouvements de convection bien connus. Quant au cristallin, il absorbe dans les bandes 1,0-1,4 et 1,6-1,9 μ, mais notablement moins au total que l'humeur; il semble donc que l'échauffement de celle-ci soit, sinon le facteur essentiel, du moins une cause importante des troubles cristalliniens.

Ces calculs assimilent les milieux de l'œil à de l'eau; ils contiennent en effet beaucoup d'eau, mais aussi des substances organiques qui possèdent leur absorption propre, mais ce n'est que dans l'infrarouge proche ($< 1 \mu$) que cette absorption pourrait modifier sensiblement les résultats ci-dessus, et cela semble peu probable.

ENDOCRINOLOGIE. — *Dissociation spermato-diastématique, sous l'influence de la cortisone, chez le Rat adulte, surrénalectomisé et hypophysectomisé.* Note de MM. **Pierre Leroy** et **Lincoln Valentine Domm**, présentée par M. Robert Courrier.

L'acétate de la 11-déhydro-17-hydroxycorticostérone (cortisone) injecté quotidiennement pendant 18 jours, à raison de 5 mg par jour, à des rats adultes surrénalectomisés et hypophysectomisés, maintient l'activité spermatogénétique, mais ne prévient ni l'atrophie du tissu interstitiel, ni celle des caractères sexuels secondaires.

Dans une Note antérieure ([1]), l'un de nous a donné les variations pondérales des testicules de rats adultes normaux, surrénalectomisés, hypophysectomisés, traités à la cortisone. Nous avons conclu que cette hormone exerce une action favorable sur la gonade mâle.

Ces observations ont été vérifiées et confirmées par l'examen histologique. Chez les rats adultes normaux ou surrénalectomisés, la cortisone ne porte pas atteinte au développement spermatogénétique : histologiquement, les tubes séminifères ne diffèrent pas de ceux des témoins; les spermatozoïdes sont abondants dans les testicules comme dans l'épididyme; leur motilité, dans la queue de l'épididyme, est normale. Le tissu

([3]) Y. Le Grand, *Optique physiologique*, 2e édit., I, p. 52, Paris, 1951, édit. de la *Revue d'Optique*.

([1]) P. Leroy, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 976.

interstitiel glandulaire est semblable à celui des adultes non traités; les caractères sexuels secondaires sont conditionnés comme ceux des témoins.

Lorsque des rats adultes hypophysectomisés et surrénalectomisés ont reçu une injection de cortisone, il en résulte une dissociation spermato-diastématique, comme le montre l'expérience suivante.

Dix-sept rats mâles de la race Sprague-Dawley et d'un poids de 350 g, ont été surrénalectomisés à l'âge de 5 mois. Treize d'entre eux reçurent quotidiennement 5 mg de cortisone; les autres ne furent pas injectés. Quatre jours après la surrénalectomie, trois traités et un témoin mouraient. Les treize survivants furent hypophysectomisés : dix continuèrent à être injectés avec la même dose de cortisone pendant 18 jours; les trois autres servirent de témoins.

A la fin de l'expérience, alors que les testicules des rats témoins étaient remontés dans la cavité abdominale, ceux des rats traités étaient encore dans le scrotum. Chez les témoins et les traités, les vésicules séminales et la prostate avaient subi une atrophie égale, consécutive à l'hypophysectomie. Histologiquement, on remarque, *chez les témoins*, une sensible diminution de l'évolution séminale; les tubes séminifères, d'un diamètre moyen de 124 μ, ne produisent plus de spermatozoïdes, mais on trouve encore, de place en place, de rares figures de spermiogenèse. Les cellules interstitielles de Leydig sont petites, au repos sécrétoire. *Chez les traités*, au contraire, l'épithélium séminal est intact; les tubes, d'un diamètre moyen de 170 μ, présentent une spermatogenèse active et forment de nombreux spermatozoïdes. Quant aux cellules de Leydig, elles sont aussi involuées que celles des témoins : leur noyau est ratatiné, leur cytoplasme est fort peu abondant; cet aspect suggère un état d'activité très ralentie ou nulle.

Le résultat obtenu sur le testicule est comparable à celui qu'entraîne, chez les rats hypophysectomisés, l'injection de stéroïdes androgènes. Des expériences antérieures de Walsh, Cuyler et Mc Cullagh (²), Nelson et Gallagher (³), puis de Nelson et Merckel (⁴), celles de Gaarenstrom et Freud (⁵), Cutuly, Mc Cullagh et Cutuly (⁶) ont établi, en effet, que des androgènes (testostérone, androstérone, déhydro-androstérone, etc.) injectés à des rats hypophysectomisés, empêchaient l'atrophie de l'épithélium séminal, mais non celle du tissu interstitiel.

La cortisone qui est sans action androgène sur les vésicules séminales et

---

(2) *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 30, 1933, p. 848; *Amer. J. Physiol.*, 107, 1934, p. 508.

(3) *Science*, 84, 1936, p. 230.

(4) *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 38, 1938, p. 737.

(5) *Acta brevia neerl.*, 8, 1938, p. 178,

(6) *Endocrin*, 21, 1937, p. 241.

la prostate des Mammifères (7), ou sur la crête des Chapons (1), se comporte sur le testicule, en l'absence de surrénale et d'hypophyse, comme un stéroïde androgène : elle stimule la spermatogenèse dont elle maintient l'activité, mais n'empêche pas la régression de la glande diastématique causée par l'hypophysectomie.

BIOLOGIE. — *Stimulation, par le chloramphénicol, de certains éléments du tissu mésenchymateux.* Note de Mme **Thérèse Feyel-Cabanes**, présentée par M. Robert Courrier.

Les résultats que nous avons obtenus antérieurement avec le chloramphénicol, dans la stimulation du système réticulo-endothélial (S. R. E.) (1), nous ont conduite à étudier l'action de ce produit sur la vitesse de réparation d'une lésion produite sur le muscle strié du Lapin. Nous avons également étudié, dans les mêmes conditions, l'effet exercé par le chloramphénicol associé à la cortisone, hormone dont on connaît l'action inhibitrice propre à l'égard du tissu mésenchymateux (2).

L'expérience a été conduite sur des lapins adultes de 2 à 3 kg. Les animaux sont traités, comparativement, par le chloramphénicol (voie buccale, 30 mg/kg par jour), par la cortisone (voie sous-cutanée, 12,5 mg/kg par jour), ou par l'association des deux substances administrées séparément. Au deuxième jour de l'essai, aux animaux traités et aux témoins, on procède à l'injection intramusculaire, dans les muscles dorsaux, de 1 cm^3 de propylène-glycol. Au sixième jour, les animaux sont sacrifiés. Les muscles prélevés au niveau des lésions sont fixés à l'alcool absolu, coupés en série et colorés à l'hématoxyline phosphotungstique de Mallory.

Il résulte de nos observations que :

1° L'injection du propylène-glycol provoque, au niveau des fibres musculaires, des transformations que nous avons décrites précédemment (3). Il s'agit de la formation de ce que Nageotte et nous-même avons étudié sous le nom de *bandes de contraction extrême* (4). La fibre musculaire striée, violemment excitée dans une de ses parties, se contracte au maximum dans cette région, ce qui aboutit à un raccourcissement de 75 à 80 %. Les possi-

---

(7) R. Courrier et M. Marois, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 271.

(1) C. Teodoru et Th. Feyel-Cabanes, *Arch. Int. de Physiol. et de Thérapie* (sous presse).

(2) Bibliographie in Sprague, *Amer. J. Med.*, 10, 1951, p. 588.

(3) Th. Feyel-Cabanes, *C. R. Soc. Biol.*, 144, 1950, p. 367.

(4) J. Nageotte, *Z. Zellforsch. u. mikr. Anat.*, 26, 1937; Th. Feyel-Cabanes, *C. R. Soc. Biol.*, 124, 1937, p. 1048; *C. R. Ass. Anat. Marseille*, 1937.

bilités physiologiques de raccourcissement d'un muscle *in situ* (élasticité des tendons et des disques clairs) étant d'environ 20 %, il s'ensuit des ruptures entre les bandes de contraction extrême et les fragments de fibres intacts, le tout étant contenu dans le sarcolemme. Au quatrième jour après l'agression, chez le Lapin, on observe la phagocytose d'une partie des débris. Cette phagocytose s'exerce par digestion autour du débris qui prend un aspect vitreux, puis disparaît, laissant une alvéole limitée par une gaine conjonctive, reliquat du sarcolemme. En même temps que cette phagocytose s'exerce, apparaissent des fibroblastes, plus nombreux à la périphérie de la lésion que vers le centre et qui vont constituer rapidement une coque fibreuse l'isolant du tissu sain. A ce stade, chez l'animal témoin, on n'observe pas encore de néoformation de vaisseaux dans le tissu fibreux nouvellement constitué.

2° Chez l'animal ayant reçu du chloramphénicol, il n'y a à peu près plus, au quatrième jour après l'agression, de débris intacts; dans les régions où il en reste quelques-uns, les macrophages les recouvrent entièrement. Quant aux fibroblastes ils sont extrêmement abondants, aussi touffus que dans une culture de myocarde d'embryon de poulet en parfaite santé, ils intéressent toute la lésion et non pas seulement la périphérie comme chez le témoin. Enfin, on observe déjà des vaisseaux néoformés.

3° Chez l'animal traité à la cortisone nous observons l'aspect de « poor healing » signalé par les auteurs anglo-saxons : phagocytes rares, d'où débris extrêmement abondants, fibroblastes quasi inexistants.

4° Chez l'animal ayant reçu à la fois le chloramphénicol et la cortisone, nous obtenons l'aspect suivant : phagocytes en nombre élevé et très actifs, disparition de nombreux débris (alvéoles), mais fibroblastes assez clairsemés. Le chloramphénicol ayant été administré par voie buccale et rapidement éliminé, la cortisone au contraire administrée par voie sous-cutanée a certainement imprégné l'organisme beaucoup plus longtemps, d'où l'inhibition relative de la fibroblastose.

En résumé, le chloramphénicol, dont nous avons montré l'action de stimulation sur la cellule de Küpffer, exerce un effet analogue sur d'autres éléments du système réticulo-endothélial, les histiocytes macrophages et sur les fibroblastes. Il accélère la phagocytose et rend précoce la vascularisation.

BIOLOGIE. — *Sur le cycle sexuel de* Sphærechinus granularis *L.*

Note de Mlle **Yvette Neefs**, présentée par M. Maurice Caullery.

Un petit nombre d'hermaphrodites accidentels ont été signalés chez les Échinides. A ma connaissance, les hermaphrodites décrits comprennent :

12 *Paracentrotus lividus* (¹), 11 *Arbacia pustulosa* (²), 1 *Strongyllocentrotus drœbachiensis* (³), 1 *Psammechinus microtubercularis* (⁴), 1 *Echinus esculentus* (⁵), 2 *Echinocardium cordatum* (⁶). Giard admettait l'existence, dans cette dernière espèce, d' « une sexualité successive avec protandrie (⁷), catégoriquement niée par Caullery dans la même localité (⁸). Enfin, Viguier (⁹) déclare avoir rencontré, au cours de recherches portant sur un grand nombre de *Sphærechinus granularis* des côtes d'Alger, un cas unique d'hermaphrodisme.

J'ai eu l'occasion de reprendre l'étude du phénomène chez *Sphærechinus granularis*. Les observations ont été faites entre mars 1951 et avril 1952 sur des populations d'Oursins récoltées dans la région de Brest, soit à la grève, soit par dragage, au cours des sorties organisées par l'Office des Pêches sur le *Président Théodore Tissier*. A partir de novembre 1951, la découverte d'un gisement important dans certaines criques de la Pointe de l'Armorique a permis, aux périodes de grandes marées, des pêches suffisantes pour une étude statistique. Il serait souhaitable de pouvoir également les effectuer par dragage pendant les époques de morte-eau.

A part quelques échantillons assez rares, recueillis précisément pendant la morte-eau, ces Oursins ont, en général, à toutes les époques de l'année, des gonades bien développées et émettent facilement des produits sexuels mûrs par injection d'une solution de chlorure de potassium dans la cavité cœlomique. J'ai pu constater deux faits essentiels : d'une part, la présence dans les gonades d'éléments cellulaires de l'autre sexe; d'autre part, une importante variation, au cours de l'année, de la proportion des mâles et des femelles.

Les statistiques, poursuivies à l'heure actuelle, m'ont fourni les résultats suivants :

(¹) M. Herlant, *Arch. Zool. Exp. Gen.*, 57 N et R, 1918, p. 28; J. Gray, *Proc. Cambridge Phil. Soc.*, 20-21, 1920, p. 481; A. Drzewina et G. Bohn, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 662; Y. Neefs, *Comptes rendus*, 204, 1936. p. 900.

(²) J. Gray, *loc. cit.*; L. V. Heilbrunn, *Science*, New-York, 69-1790, 1929, p. 427; H. Shapiro, *Amer. Naturalist*, 69, 1935, p. 286; E. B. Harvey, *Biol. Bul.*, 77, 1939, p. 74; G. Reverberi, *Bol. di Zool.*, 11, 1940 et p. 11 et 14, nos 3-4, 1947.

(³) G. Gadd, *Zool. Anz.*, 31, 1907, p. 635.

(⁴) Reverberi, *loc. cit.*, 1947.

(⁵) H. B. Moore, *Nature*, 130, 1932, p. 59.

(⁶) A. Drzewina et G. Bohn, *loc. cit.*, 1924; H. B. Moore, *J. Mar. Biol. Assoc.*, Plymouth, N. S. 20, p. 103-107.

(⁷) A. Giard, *C. R. Soc. Biol.*, 1900, p. 761.

(⁸) M. Caullery, *Trav. Stat. Zool. Wimereux*, 9, 1925, p. 21.

(⁹) C. Viguier, *Comptes rendus*, 131, 1900, p. 63.

Dates.	Mâles.	Femelles.	Femelles %.
22 mars 1951	6	8	–
20 juin 1951	6	5	–
20 août 1951	16	3	–
17 septembre 1951	5	1	–
30 novembre 1951	22	15	40
30 janvier 1952	28	63	69
26 février 1952	41	49	54
26 mars 1952	63	63	50

Si le petit nombre d'individus recueillis enlève aux résultats des premiers mois leur valeur significative, les statistiques montrent cependant une forte prédominance de l'un des sexes sur l'autre au milieu de l'hiver et, vraisemblablement, au milieu de l'été ([10]).

L'étude histologique a révélé la présence, dans les gonades, d'éléments de l'autre sexe, soit intacts, soit dans un état de dégénérescence plus ou moins avancée. La plupart des glandes mâles contiennent des ovocytes entiers ou phagocytés en partie par les cellules vésiculeuses décrites par Caullery chez *Echinocardium cordatum* ([11]). Ils disparaissent, d'ailleurs plus rapidement que les éléments mâles contenus dans les ovaires. Dans tous les exemplaires étudiés, il ne s'agit donc pas d'une maturité synchrone des gamètes.

Je conserve depuis plusieurs mois en aquariums distincts, des lots de *Sphærechinus* de sexe déterminé. Ils continuent à émettre des produits sexuels sous l'action du chlorure de potassium. Les conditions anormales de l'élevage provoquent vraisemblablement un arrêt de l'évolution des glandes reproductrices. L'examen histologique des individus sacrifiés n'a révélé, jusqu'ici, aucune tendance au virage sexuel, mais une dégénérescence très lente des gonades et l'arrêt du fonctionnement de la paroi germinative.

Pour interpréter ces divers résultats, on peut admettre que le *Sphærechinus granularis* de la rade de Brest présente une alternance sexuelle saisonnière. Il est nécessaire de reprendre la même étude dans d'autres régions. Je l'ai entreprise au cours de l'année 1951 sur la côte de Banyuls et n'ai pas retrouvé les particularités constatées en Bretagne. D'autre part, l'examen d'autres espèces d'Oursins, comme *Arbacia pustulosa* et *Echinus esculentus*, me porte à croire que le changement de sexe pourrait être masqué chez certains Échinides par la rapidité même du virage.

([10]) J'ai signalé en 1938 un phénomène analogue dans les espèces *Paracentrotus lividus* et *Echinocardium cordatum* des côtes de Bretagne (*Comptes rendus*, 206, 1938, p. 775).

([11]) *Loc. cit.*

RADIOBIOLOGIE. — *Sur la mise au point d'une méthode de repérage cellulaire des éléments radioactifs « trace-histophotographique ».* Note (*) de MM. **Charles-Marie Gros, Pierre Cüer** et **Roger Rechenmann**, présentée par M. Robert Courrier.

Les auteurs ont mis au point un procédé de repérage cellulaire des éléments radioactifs à l'aide des traces isolées observées dans des émulsions nucléaires. La couche photographique s'imprègne dans la coupe mince préparée convenablement. La coloration est effectuée à travers la couche sensible. La méthode permet un dosage quantitatif précis, global et à l'intérieur de la cellule. Un exemple de foie au thorotrast est donné.

Au cours de recherches systématiques destinées à utiliser les qualités des émulsions nucléaires dans l'étude de l'action des radioéléments émetteurs α ou β en biologie, nous avons mis au point une technique quantitative simple permettant le repérage autoradiographique à l'échelle cellulaire par les traces isolées des particules chargées. Nous décrivons ici brièvement la méthode avec un exemple.

Nous avons essayé de conserver les avantages essentiels de chacune des méthodes préconisées jusqu'ici ([1]), en mettant au point un procédé simple et reproductible, pouvant être utilisé en grande échelle, pour suivre, dans le temps, l'action radiobiologique et pour bénéficier dans les dosages quantitatifs des méthodes éprouvées de Physique corpusculaire. Afin de rendre le spécimen biologique solidaire de la couche sensible, nous avons préféré couler les émulsions nucléaires ([2]) sur les coupes fixées préalablement sur des lamelles de verre gélatinées. Les principaux problèmes à résoudre consistaient alors à faire pénétrer convenablement la couche sensible dans le spécimen, tout en facilitant l'adhérence et à colorer convenablement la coupe à travers l'émulsion après les processus photographiques, sans rendre la gélatine opaque pour l'observation au microscope. L'émulsion rendue très fluide est coulée bien horizontalement en couche mince à 35° C sur les coupes ramenées graduellement à l'eau distillée; les processus photographiques sont ensuite identiques à ceux des émulsions nucléaires ([3]). Après quelques essais peu satisfaisants avec les colorants

(*) Séance du 19 mai 1952.

([1]) *Voir*, par exemple : T. C. Evans, *Nucleonics*, 2, 1948, p. 52 ; M. Blundell et J. Rotblat, *Nature*, 167, 1951, p. 645 ; D. T. King, J. E. Harris et S. Tkaczyk, *Nature*, 167, 1951, p. 273 ; J. Eugster et L. Jenny, *Experientia*, vol. VII, 12, 1951, p. 468 et Communications personnelles de J. Rotblat, L. Jenny et D. T. King.

([2]) Les coulages et quelques émulsions α ont été réalisées dans notre Laboratoire par F. Simon et J. J. Jung.

([3]) C. M. Lattes, P. H. Fowler et P. Cüer, *Proc. Phys. Soc.*, 49, 1947, p. 883.

histologiques classiques, nous utilisons le glychæmalun (⁴) en différenciant graduellement à ClH pour éliminer d'abord la coloration de la gélatine. Cette coloration suffit pour repérer la spécificité des localisations.

Voici les résultats quantitatifs relatifs aux figures 1 et 2. A ce stade de localisation cellulaire très avancé, les traces α du thorium sont sélectivement issues des macrophages souvent agglomérés, dont certains apparaissent nécrosés. Cependant, la présence de quelques traces prenant nais-

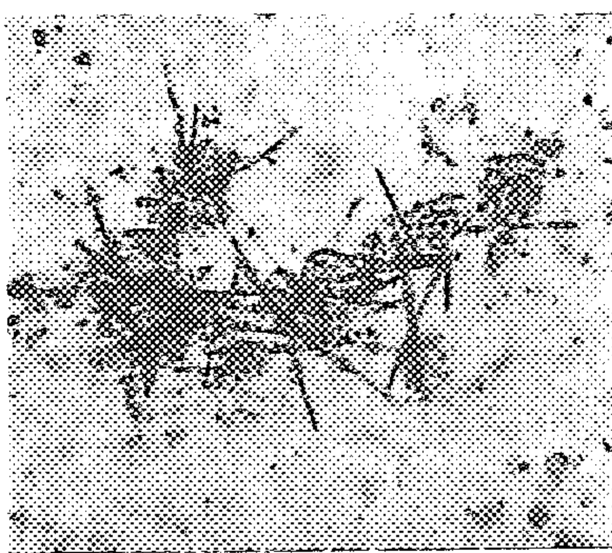


Fig. 1.

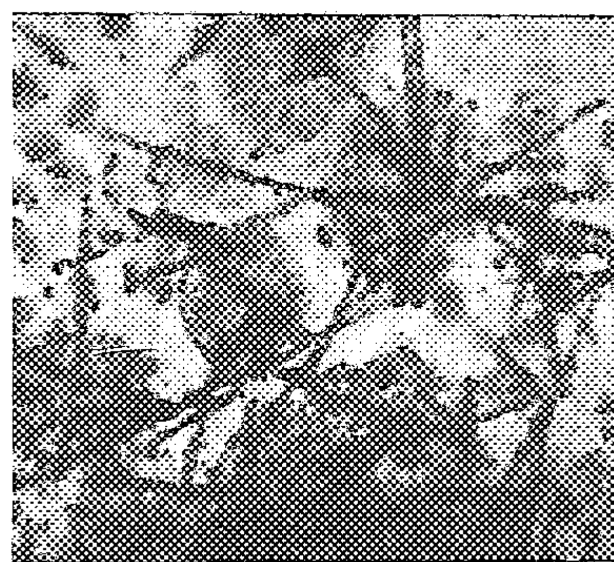


Fig. 2.

Fig. 1 : G ∼ 550 (immersion). — Fig. 2 : G ∼ 1100 (immersion).

Microphotographies d'une coupe de 5 μ de foie d'un malade ayant subi une injection de thorotrast (⁵). Traitée par la méthode histologique classique avant coulage; séchage horizontal : 15 h; exposition : 15 jours; colorée à travers l'émulsion au glychæmalun (35 m); différenciée à ClH jusqu'à éclaircissement visuel de la gélatine. Le Th est concentré dans les macrophages, les noyaux cellulaires sont indemnes.

sance au hasard, dans des parties même dépourvues de tissu, indique que le déparaffinage entraîne mécaniquement sans doute une petite quantité de substance radioactive. La statistique effectuée au microscope Leitz Ortholux à immersion avec filtre jaune vert (G∼1260) indique que 463 traces sont issues de $1,4.10^{-7}$ cm³ de macrophages. En supposant le thorium en équilibre avec ses dérivés, on trouve donc une concentration gravimétrique d'environ 16 % de Th dans les macrophages. L'imprégnation de l'émulsion dans les cellules permet de déterminer la proportion de l'énergie laissée par les α dans les macrophages. Cette fraction est trouvée égale à 0,367, soit au moment du prélèvement une dose de 6,5 röntgen par jour par gramme de macrophage.

La méthode est très générale et a été également appliquée avec succès à des études utilisant les β de ^{131}I et ^{32}P. L'activité nécessaire dans ce procédé est de 10^2 à 10^3 fois plus faible que celle utilisée dans les autoradiographies ordinaires, ce qui supprime tout risque de nécrose radio-

(⁴) Nous sommes redevables de ce procédé à J. Vivien.

(⁵) J. Kuntzmann, Ch. M. Gros et J. Meyer, *Journal de Chirurgie*, 66, 1950, p. 201.

active dans l'étude des localisations. Quelques améliorations sont encore en cours, notamment pour éviter la perte de radioéléments durant les manipulations sur les coupes minces et pour accroître la discrimination histologique dans la coloration.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Production de bactériophages par action de la méthyl-bis (chloroéthyl) amine sur des bactéries lysogènes* (1). Note (*) de M. FRANÇOIS JACOB, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'addition de méthyl-bis (chloroéthyl) amine à des cultures de *Pseudomonas pyocyanea* lysogène induit la production de phages par la presque totalité des bactéries.

Les rayons ultraviolets déclenchent la production de bactériophages chez certaines bactéries lysogènes. Nous avons recherché l'action d'un autre agent mutagène, la méthyl-*bis* (chloroéthyl) amine ou ypérite azotée (YA). Une culture de *Pseudomonas pyocyanea* 13 (8) lysogène en voie de croissance exponentielle en milieu levuré caséiné reçoit une quantité d'YA (solution extemporanée) telle que la concentration finale soit 10^{-4} M, puis est agitée à 37°. La densité optique de la culture continue à augmenter à vitesse réduite pendant 80 m, puis les bactéries se lysent en libérant des bactériophages. Dans une autre expérience (*fig.* 1), on a ajouté à des cultures de 13 (8) des concentrations variables d'YA. Les tubes étaient maintenus à 37° sans agitation. A temps variable, des échantillons étaient dilués et étalés sur gélose pour dénombrer les bactéries induites et les bactéries survivantes. La même expérience a été réalisée avec une culture non lysogène de 13 et avec une suspension de φ 8. On voit que les bactéries 13 sont moins sensibles à l'action de l'YA que les bactéries lysogènes 13 (8). Dans les deux cas, les courbes de survie, d'abord exponentielles, s'incurvent, ce qui est dû vraisemblablement à l'hydrolyse de l'YA. Les courbes de survie du φ 8, au contraire, restent exponentielles plus longtemps. Avec une concentration en YA de 10^{-3} M, 95 % des bactéries lysogènes sont induites en 2 m, puis on note une inactivation des centres infectieux. Quand on diminue la concentration (5 et $2{,}5.10^{-4}$ M), il faut augmenter le temps pour obtenir le même effet. Si la concentration est trop faible ($1{,}25.10^{-4}$ M), on n'obtient pas d'induction totale car l'YA est hydrolysée trop tôt. Pour un temps d'action fixe, l'effet inactivateur de l'YA est proportionnel à la concentration comme le montre la figure 2 où l'on a porté, en fonction de la concentration d'YA, la fraction des φ 8,

---

(*) Séance du 19 mai 1952.

(1) Travail effectué à l'aide d'une subvention du *National Cancer Institute of the National Institutes of Health* des États-Unis d'Amérique.

des bactéries 13 et 13 (8) survivants et la fraction des bactéries 13 (8)

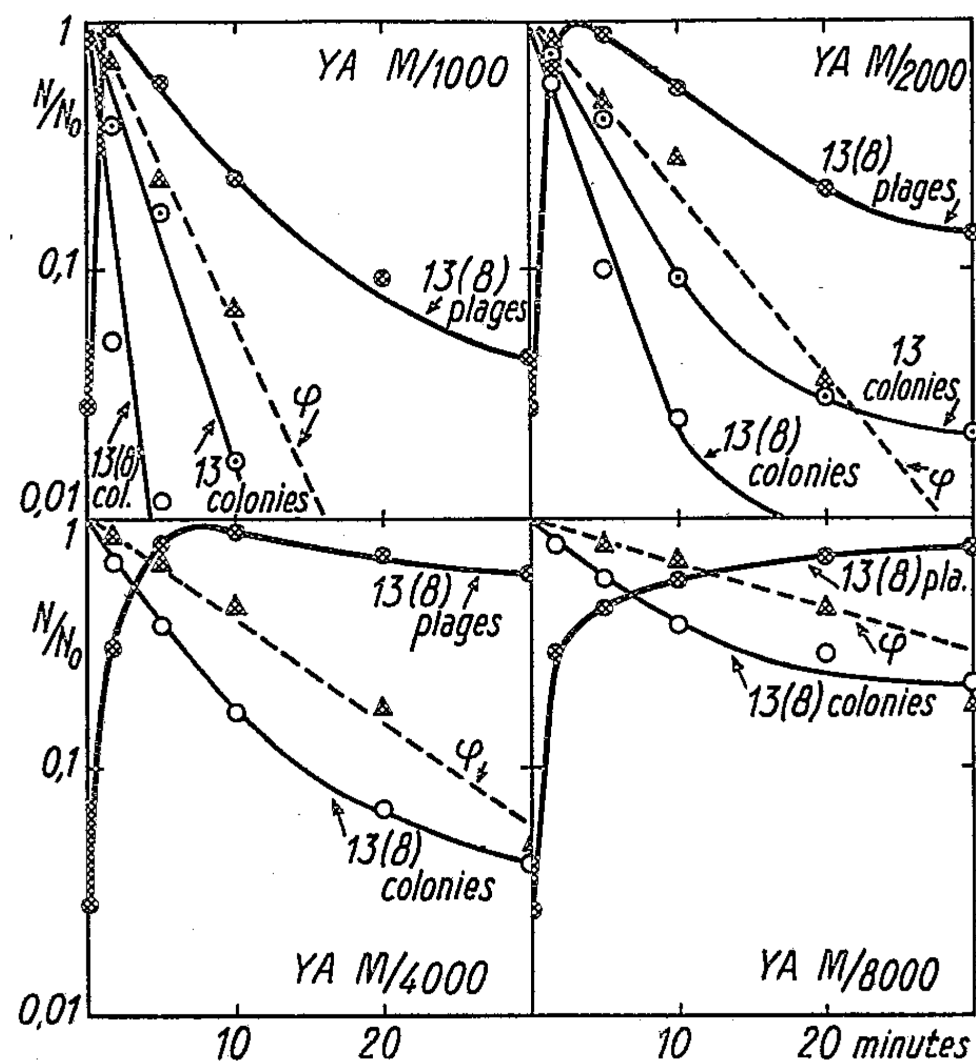


Fig. 1.

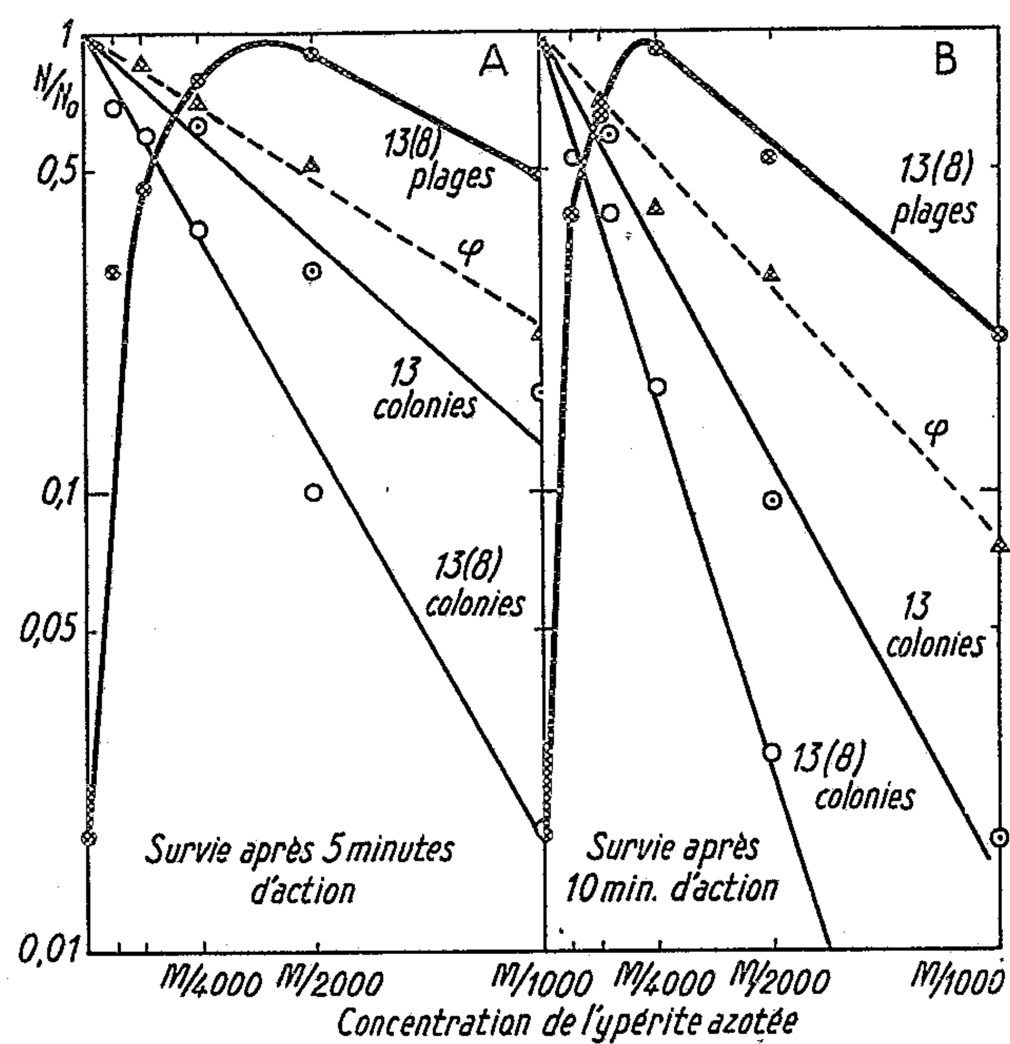


Fig. 2.

induites après 5 m (A) et 10 m (B) d'action de l'YA. L'analogie des résultats obtenus avec l'YA et les rayons ultraviolets est manifeste. Ajoutons que

la période latente et le rendement moyen en phages sont semblables dans les deux cas et dépendent soit de la concentration, soit de la dose.

L'YA permet d'induire la production de phages chez d'autres bactéries lysogènes, en particulier *Bacillus megatherium* et *Escherichia coli* K-12. H. Williams Smith (communication personnelle) a constaté, indépendemment, l'action inductrice de l'YA sur *Salmonella thompson*. Ajoutons que la souche « Lisbonne » d'*E. coli* qui n'est pas induite par les ultraviolets ne l'est pas non plus par l'YA. Un tel parallélisme dans les effets des deux agents inducteurs suggère un mode d'action commun.

A 15 h 50 m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 h 20 m.

L. B.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 4 JUIN 1952.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE CHEVALIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le PRÉSIDENT souhaite la bienvenue à MM. MANNE SIEGBAHN, Correspondant de l'Académie, Directeur de l'Institut Nobel, à Stockholm, et HANS REICHENBACH, Professeur à l'Université de Californie, qui assistent à la séance.

Notice nécrologique sur M. GUIDO CASTELNUOVO,
par M. RENÉ GARNIER.

GUIDO CASTELNUOVO naquit à Venise le 14 août 1865. Son père, Enrico Castelnuovo, qui fut directeur de l'École Supérieure de Commerce de Venise, était, par surcroît, un fin lettré et un écrivain de talent, auteur de romans et de nouvelles d'un style élégant et d'une sensibilité délicate. L'un de ses oncles, Luzzatti, plusieurs fois ministre, fut Président du Conseil.

Au Lycée Foscarini, à Venise, le jeune Guido fut l'élève de Faifofer, excellent professeur dont les leçons l'attirèrent vers les Mathématiques; il s'inscrivit donc à l'Université de Padoue, où enseignait l'un des plus brillants disciples de Cremona, Giuseppe Veronese. Sous sa direction, l'étudiant aborde l'analyse de l'hyperespace et, en 1886, il soutient sa thèse « di laurea ». Aussitôt après, il est envoyé à Turin, comme assistant d'Enrico d'Ovidio et il y reste jusqu'en 1891. Il obtient alors au concours la chaire de Géométrie analytique et projective à l'Université de Rome, où toute sa carrière se déroulera désormais.

Mais les années de Turin devaient être décisives pour l'orientation scientifique de Castelnuovo. C'est à Turin qu'il se lia d'amitié avec un de ses collègues, de deux ans son aîné, Corrado Segre, géomètre pénétrant, esprit sans cesse en éveil, qui entrevoyait de nouveaux horizons pour la recherche; et l'on a pu dire qu'au cours de leurs promenades sous les arcades de la rue du Pô une Géométrie nouvelle avait pris naissance...

Les premiers travaux de Castelnuovo dans le domaine de la Géométrie algébrique se rapportent à la théorie des courbes. Il emploie volontiers le langage de l'hyperespace et les procédés de la Géométrie énumérative; il détermine, par exemple, les courbes d'un espace S_r qui, pour un ordre donné, ont le genre maximum. Il analyse ensuite les correspondances entre les groupes de points et les involutions sur une courbe algébrique, questions qui trouvaient leur origine dans un Mémoire célèbre de Hurwitz, et qui furent étudiées indépendamment par P. Painlevé et G. Humbert. Les résultats que Castelnuovo a obtenus à ce sujet sont restés classiques.

C'est en 1891 qu'il aborde l'étude des surfaces; son travail, quoique limité aux systèmes linéaires de courbes planes, introduit des notions qui vont jouer un rôle fondamental : dimension et genre effectifs ou virtuels, surabondance, courbes composées, série caractéristique, systèmes adjoints successifs, ...; ainsi, du premier coup, se trouve forgé l'outillage essentiel qui, désormais, se révélera si précieux. En 1893, Enriques l'emploie pour l'étude des surfaces algébriques. La même année, Castelnuovo l'utilise pour résoudre une question qui avait résisté aux efforts des géomètres : soit $f(x, y, z) = 0$ une surface telle que x, y, z s'expriment rationnellement en fonction de deux paramètres u et v sans que u et v soient rationnels en x, y, z; peut-on choisir des fonctions rationnelles $U(u, v)$ et $V(u, v)$ telles que x, y, z soient rationnels en U, V et U, V en x, y, z ? La réponse de Castelnuovo est affirmative : c'est la généralisation d'une propriété aisée à établir dans le cas des courbes, mais qui ne s'étend pas aux variétés à trois dimensions. La démonstration de Castelnuovo s'appuie sur la technique qu'il a créée : l'examen de la série caractéristique des systèmes linéaires complets appartenant à $f = 0$ lui montre que la surface est régulière ($p_g = p_a$) et, le processus d'adjonction s'éteignant au bout d'un nombre fini d'opérations, il en déduit que la surface est rationnelle. La même méthode lui permet d'établir un théorème qui eut aussi un grand retentissement : les conditions de rationalité d'une surface algébrique ne sont pas $p_g = 0 = p_a$, comme on le supposait jusqu'alors, mais $p_a = 0 = P_2$, P_2 désignant un nouveau caractère invariant, le « bigenre ».

Dès lors la voie est ouverte; suivant le mot de G. Humbert, on assiste à une véritable « renaissance de la Géométrie », tout à la gloire de l'École italienne. Sous les efforts combinés de Castelnuovo, d'Enriques, auxquels s'adjoint bientôt M. Severi, l'horizon s'élargit sans cesse. Bornons-nous à évoquer le Mémoire célèbre des *Annali di Matematica* où Castelnuovo et Enriques résolvent le problème difficile des courbes exceptionnelles, et arrêtons-nous un peu sur un travail dont Castelnuovo donna les prémices aux *Comptes rendus*. Ce Mémoire identifie par des propriétés quantitatives précises les surfaces S possédant des systèmes non linéaires et les surfaces admettant des intégrales de Picard de première et de seconde espèces.

A toute surface S Castelnuovo associe une variété algébrique à p dimensions, V_p; l'addition des systèmes linéaires de S lui montre que V_p possède un groupe continu d'automorphismes birationnels; en vertu d'un résultat fondamental de Picard, V_p est une variété abélienne, et d'une discussion célèbre de Painlevé il résulte que les fonctions abéliennes correspondantes sont $2p$-périodiques. Un examen attentif de V_p établit alors l'existence sur S de $2p$ intégrales de Picard et, chemin faisant, l'Auteur retrouve le théorème de Poincaré sur les intégrales réductibles ! On ne sait ce qu'il faut le plus admirer dans ce Mémoire : la finesse de l'esprit d'observation, l'ampleur de l'érudition, l'habileté du constructeur dans le choix et l'utilisation des matériaux, la pénétration de l'analyste, le souci extrême de la rigueur, la netteté et la précision de la présentation... Ces qualités se retrouvent d'ailleurs dans toute son Œuvre; pour s'en convaincre, il suffit de parcourir les *Memorie scelte* publiés à l'occasion de son Jubilé; ce recueil ne contient que des travaux de premier plan, sur des sujets difficiles et d'une forme impeccable. Malgré leur date, ils restent d'actualité et leur extension pose encore plus d'un problème important.

L'activité universitaire de Castelnuovo fut considérable. Dès sa nomination à Rome, son Cours sert de modèle et la fusion des enseignements de Géométrie analytique et de Géométrie projective est réalisée dans toute l'Italie. En 1903, à la mort de Cremona, Castelnuovo se voit attribuer la chaire de Géométrie supérieure; il y traite de la Géométrie algébrique, puis de la Géométrie non euclidienne et de la Géométrie différentielle. Il aborde aussi l'Analyse, et dans sa théorie des fonctions intermédiaires on peut découvrir le germe de la belle synthèse de M. F. Conforto sur les fonctions abéliennes; puis il donne une série de leçons sur le développement historique des théories modernes. Attiré par des problèmes de philosophie scientifique il s'intéresse à deux disciplines dont il prévoit l'importance croissante : la théorie de la Relativité et le Calcul des Probabilités. Sur ce second sujet il publie un traité d'une clarté remarquable, qui devient bientôt classique, et où de nombreux étudiants se sont initiés aux travaux de l'École russe sur le problème des moments. Le succès de ces leçons lui permet d'obtenir la création de Facultés des Sciences « démographiques et actuariales ». A Rome, il fait créer une chaire de Physique théorique pour le jeune Fermi dont il avait pressenti la valeur. En 1935, atteint par les nouvelles lois sur la limite d'âge, il doit abandonner son enseignement; mais sa dernière leçon, qui réunit ses disciples et ses collègues, fut l'occasion d'une cérémonie jubilaire qu'il voulut tout intime.

Vinrent ensuite les années d'épreuve, où Castelnuovo, frappé par les lois raciales, vécut comme un exilé dans sa propre patrie, sans se prêter à aucune compromission. Il organise alors une Université clandestine pour les étudiants israélites et il réussit à en faire accepter les diplômes par

l'Université du Canton de Fribourg. Pendant l'occupation allemande de 1943-1944 il dut abandonner son foyer et se réfugier chez des amis.

Une revanche éclatante lui était réservée. Dès la constitution de la République Italienne, il est choisi comme l'un des cinq sénateurs nommés à vie en raison de leurs mérites exceptionnels. Président de l'Académie des Lincei, il en dirige la réorganisation et il lui fait reconnaître une réglementation indépendante et libérale, compatible avec le climat de la recherche. Il est nommé en même temps Commissaire général au Conseil national de la Recherche, Président de la délégation italienne à l'U.N.E.S.C.O. et de la Société européenne de culture; et c'est alors qu'il obtient une limite supérieure, remarquablement simple, du nombre des modules d'une surface irrégulière...

En 1950, Président du Comité du Jubilé de M. Severi, il ouvre la cérémonie par un long et beau discours, sans l'aide d'aucune Note, avec une jeunesse et une maestria incomparables; mais, pour lui, une telle performance n'avait rien d'exceptionnel, comme nous le signale M. B. Segre. On nous permettra d'ajouter que dans l'entretien qu'il voulut bien nous accorder lors de cette même cérémonie, M. Castelnuovo se plut à évoquer les liens d'amitié qui l'unissaient à É. Picard, à P. Painlevé et à G. Humbert; et il nous témoigna toute sa sympathie pour la France. Son accueil était plein de franchise, de simplicité et de bonté; la noblesse de son caractère se lisait dans son regard; une attirance singulière émanait de sa personne, et l'on conçoit l'emprise très forte qu'il exerçait sur ses élèves, comme sur tous ceux qui l'approchaient.

Depuis plusieurs mois la maladie le retenait à la chambre, mais sans avoir diminué aucunement ses facultés intellectuelles. L'assemblée de l'Union mathématique internationale qui se tint à Rome en mars dernier s'ouvrit sur un beau Message que lui adressa Castelnuovo et qui fut lu par un de ses disciples de prédilection, M. E. Bompiani. Il s'éteignit le 27 avril, dans toute sa lucidité et avec une grande sérénité.

G. Castelnuovo avait épousé Elbina Enriques, la sœur de son collègue. Ce fut la compagne d'élite des jours heureux, comme des heures d'épreuves. L'Académie s'incline devant son grand deuil, devant le deuil de ses enfants et de tous les siens; elle prend part à la tristesse de l'Académie des Lincei et de l'Université de Rome.

PHOTOGRAMMÉTRIE. — *Méthode de formation de l'image plastique.* Note (*) de M. GEORGES POIVILLIERS.

La méthode repose sur la correction de calage en site des faisceaux perspectifs par relèvement dans un plan normal à la base, obtenu en remplaçant l'intersection de segments capables par celle de cordes. L'image plastique est formée sans tâtonnements quelle que soit la forme de la surface couverte.

Dans deux Notes déjà anciennes ([1]) j'ai indiqué que l'image plastique pouvait être formée à partir d'un « relèvement » dans un plan normal à la base, confondue au départ avec l'axe des x. Ce relèvement permet de corriger le calage relatif autour de cet axe des deux faisceaux perspectifs définis par le couple de photographies. J'y ai indiqué également une méthode graphique de relèvement dans laquelle les segments capables étaient remplacés par leur tangente en un point approché de leur point d'intersection.

Les opérations sont très simplifiées si l'on remplace les tangentes par des cordes passant par des points voisins. Cette méthode ([2]), appliquée depuis plus de deux ans à l'Institut Géographique National et à l'Institut cartographique Militaire Belge, a facilité l'instruction des restituteurs et amélioré le rendement. La présente Note est relative à son application au cas des couples tronqués par des nuages ou des étendues d'eau et à sa généralisation au cas de vues obliques ou panoramiques.

Le plan de relèvement ne doit pas être pris à l'une des extrémités de la base comme c'est d'usage courant, vestige des anciennes méthodes de tâtonnement, mais doit être choisi en un lieu tel que le profil du terrain diffère le plus possible du cercle d'indétermination. Trois points ANA' sont choisis au voisinage de ce plan, l'ordonnée de N étant voisine de zéro et celles de A et de A' différant le plus possible l'une de l'autre et de celle de N. La parallaxe transversale λ est annulée en N par la composante by de base, puis successivement en A et A' par bz, by conservant sa valeur by_1 trouvée en N. Les quantités by_1, bz_1 et by_1, bz'_1 sont les coordonnées de deux points du plan situées sur les segments capables de AN et A'N. L'opération est répétée après avoir légèrement modifié le calage angulaire de l'un des faisceaux autour de l'axe des x. On obtient ainsi deux autres points des segments capables de coordonnées by_2 bz_2 et by_2 bz'_2. L'intersection de ces segments est remplacée par celle des droites passant par chaque couple de points homologues.

S'il n'existe pas de point identifiable d'ordonnée voisine de zéro, on en utilise un autre. Les points définissant les cordes sont alors les intersections

(*) Séance du 26 mai 1952.

([1]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1770-1775 et p. 1938-1941.

([2]) POIVILLIERS, *Revue française de Photogrammétrie*, n° 4, oct. 1950, p. 2 à 9.

des droites de pente y/z menées parles points dont les coordonnées by et bz annulent λ.

Les coordonnées by_0 bz_0 du point de relèvement sont introduites comme composantes de la base et λ est annulé dans le plan de relèvement par modification du calage de l'un des faisceaux perspectifs autour de l'axe des x, ce qui corrige l'erreur β de calage relatif des deux faisceaux autour de cet axe.

Les deux composantes de base étant ensuite ramenées à zéro, l'expression de la parallaxe λ a pour valeur la relation connue

$$\lambda = \frac{yx}{z}\alpha_1 + x\gamma_1 + \frac{y}{z}(b-x)\alpha_2 + (b-x)\gamma_2.$$

En $N_1(o,o)$ elle ne dépend que de γ_2, erreur de calage du faisceau 2 autour d'une parallèle à l'axe des z; en l'annulant par modification de ce calage, on corrige γ_2. En $N_2(b, o)$ on corrige de la même façon γ_1,

Dans le plan $x = o$, λ ne dépend plus que de α_2, erreur de calage du faisceau 2 autour d'une parallèle à l'axe des y; en l'annulant par modification de ce calage on corrige α_2. La correction de α_1 est obtenue de la même façon dans le plan $x = b$.

Ce mode opératoire est en défaut si le couple est tronqué dans la région des points $N_1 N_2$. Mais dans les plans $x = o$, $x = b$ et $y = o$ on a respectivement

$$\lambda = \frac{y}{z} b\alpha_2 + b\gamma_2, \qquad \lambda = \frac{y}{z} b\alpha_1 + b\gamma_1, \qquad \lambda = x(\gamma_1 - \gamma_2) + b\gamma_2.$$

En annulant λ par by en deux points du plan $y = o$ on obtient deux valeurs qui permettent de déterminer, graphiquement par exemple, $b\gamma_1$ et $b\gamma_2$. Ces quantités introduites comme composante by de base ne laissent subsister respectivement dans les plans $x = b$ et $x = o$ que des parallaxes dues à α_1 ou à α_2, qui peuvent être corrigées comme précédemment. Après remise à zéro de by, on corrige γ_1 et γ_2 en annulant λ dans ces mêmes plans par modifications des calages autour des axes parallèles aux z.

S'il ne figure aucun point du terrain au voisinage du plan $x = b$, par exemple, la correction de γ_1 est effectuée sur le point de parallaxe résiduelle maximum du plan $y = o$ après correction de α_2 et γ_2. La parallaxe résiduelle maximum subsistant dans le couple est finalement annulée en corrigeant α_1.

Dans le cas d'une île de faible dimension par exemple, il se peut que les plans $x = o$, $x = b$ ne rencontrent pas celle-ci. Après le relèvement, la parallaxe λ est annulée par by en deux points d'un plan $y/z = t$ et en deux points d'un autre plan $y/z = t'$. Les deux droites définies par ces couples de points sont tracées. Leurs ordonnées à l'origine et au point $x = b$ ont pour valeurs respectives

$$b(t\alpha_2 + \gamma_2), \quad b(t'\alpha_2 + \gamma_2) \quad \text{et} \quad b(t\alpha_1 + \gamma_1), \quad b(t'\alpha_1 + \gamma_1)$$

qui fournissent facilement $b\gamma_2$ et $b\gamma_1$.

En un point d'abscisse x et d'ordonnées y, z telles que $y/z=t$ la valeur de la parallaxe due au seul défaut de calage α_1 a pour expression

$$\lambda - x\gamma_1 - (b-x)(t\alpha_2+\gamma_2).$$

On introduit donc une composante de base

$$by = x\gamma_1 + (b-x)(t\alpha_2+\gamma_2)$$

dont les éléments sont fournis par le graphique. La parallaxe résiduelle est annulée en modifiant le calage correspondant à α_1. γ_1 est corrigé ensuite sur le même point après avoir remis by à zéro. On peut opérer de même pour corriger α_2 et γ_2.

Vues obliques ou panoramiques. — Les axes de prise de vue sont sensiblement normaux à la base et fortement inclinés sur la verticale; la ligne d'horizon paraît sur les vues panoramiques. Les coordonnées y et z sont permutées dans l'appareil de restitution.

Le relèvement est effectué dans le plan de meilleur profil, généralement $x=b/2$ pour lequel les vues ont plus la grande étendue angulaire tranversale commune. La correction de β est assurée dans ce plan.

La parallaxe λ est annulée par bz sur deux points d'un plan $z/y=t$ et d'un autre par $z/y=t'$ les plus éloignés possible les uns des autres. Les lois linéaires de variation des parallaxes en x et en t fournissent facilement les valeurs $b\gamma_1$ et $b\gamma_2$ de λ aux points $x=b$, $z=0$ et $x=0$, $z=0$. Ces quantités sont introduites successivement comme composantes bz et les parallaxes annulées dans les plans $x=b$ et $x=0$ respectivement par les corrections de α_1 et α_2. bz étant remis à zéro la parallaxe résiduelle est annulée dans ces mêmes plans en corrigeant γ_1 et γ_2 dont les corrections sont ensuite reprises sur les points les plus éloignés si c'est nécessaire.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Rotativités et réfractivités du propane et du butane.* Note (*) de MM. René de Mallemann, François Suhner et Jean Grange.

Les pouvoirs rotatoires magnétiques du propane et du butane furent observés il y a une vingtaine d'années ([1]), mais, pour ces deux gaz, l'effet des *compressibilités* propres se manifeste par une croissance très nette des constantes de Verdet (réduites) A_0^{760} avec la pression; les conclusions antérieures n'avaient pas suffisamment tenu compte de ce fait, faute de données relatives aux variations des *densités*. L'amélioration notable de la technique des mesures a permis de combler cette lacune et de réaliser une comparaison plus précise des rotativités dans les états liquide et gazeux.

(*) Séance du 26 mai 1952.

([1]) R. de Mallemann et P. Gabiano, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 1319; P. Gabiano, *Ann. de Phys.*, 20, 1933, 10e série, p. 18-131.

On a pu opérer cette fois sur des produits livrés en bouteilles sous la dénomination « pure grade » : propane F — 187°, 7, É — 42°, 1; butane F — 138°, 5, É — 0°, 5.

I. *Liquides.* — On a mesuré les *rotations magnétiques*, les *densités* et les *indices de réfraction*, pour une série de températures comprises entre — 80° et les points d'ébullition respectifs. Ne pouvant inclure dans cette Note l'ensemble des résultats (portés sur des graphiques), nous extrayons ce qui suit :

$\lambda = 578$ mμ.

	t (°C).	d_t (gr/cm³).	n_{578}.	$\Lambda\ 10^2$ (min).	$[\Lambda]\ 10^2$ (min).	$[\Lambda]_M\ 10^5$ (rad).	$[\Omega]_M\ 10^5$ (rad).
C_3H_8	−73	0,615	1,3662	1,261	$2,05^1$	$26,3^2$	$21,6^3$
	−59	0,599	1,3559	1,224	$2,04^3$	$26,2^2$	$21,7^1$
	−42 (éb)	0,580	1,3407	1,179	$2,03^3$	$26,1^0$	$21,8^4$
C_4H_{10}	− 8,7	$0,608^7$	1,3526	1,195	$1,96^3$	$33,2^0$	$27,5^5$

Dispersions : $\frac{546}{578} = 1,12^5$; $\frac{436}{578} = 1,84^5$.

II. *Gaz.* — Les *densités* ont été mesurées par deux méthodes : *a.* Comparaison des masses de gaz à celle d'un même volume d'oxygène normal, à des pressions et températures choisies parmi celles qui furent réalisées pour les observations magnéto-optiques. *b.* Pesée du liquide vaporisé dans le tube polarimétrique jaugé. Les valeurs de d en fonction de p, à une même température, sont représentées graphiquement, et l'on obtient par interpolation les d_t^p correspondant à chacune des mesures optiques.

On a déterminé d'autre part les *indices de réfraction* par interférométrie, au voisinage des conditions *normales*, les deux gaz à comparer étant substitués *un à un* dans l'ordre : CH_4, C_2H_6, C_3H_8, C_4H_{10}.

Indices : C_3H_8, $n_0^{760} = 1,00109^1$; C_4H_{10}, $n_0^{760} = 1,00140^4$

$\lambda = 578$ mμ.

	p. (mm).	t. (°C).	$d_t^p\ 10^3$ (gr/cm³).	$Hl\ 10^{-3}$ (c.g.s.).	2ρ (degrés).	$\Lambda_t^p\ 10^6$ (min.).	$\Lambda_0^{760}\ 10^6$ (min.).	$[\Lambda]\ 10^6$ (rad.).	$[\Lambda]_M\ 10^5$ (rad).
C_3H_8	3 355	8,4	9,35	690,0	3,765	163,6	38,2	50,8	$22,4^0$
	1 766	8,2	4,68	»	1,865	81,1	36,0	50,4	$22,2^2$
	833	8,5	2,17	»	0,865	37,6	35,5	50,4	$22,2^2$
	761	8,9	$1,95^5$	»	0,78	33,9	35,0	$50,4^7$	$22,2^4$
	*1 444	11,2	3,76	641,3	1,39	65,0	35,5	50,3	22,1
C_4H_{10}	1 021	8,6	3,58	690,0	1,36	59,1	45,7	$48,0^7$	$27,8^8$
	978	8,4	3,42	»	1,30	56,5	45,5	$48,1^8$	$27,9^5$
	744	8,0	2,57	»	0,975	42,4	44,5	$48,0^0$	$27,8^5$
	435	14,0	1,45	»	0,55	23,9	43,9	$48,0^1$	$27,8^6$
	**1 130	11,0	3,95	641,3	1,39	65,0	45,8	47,8	$27,7^5$
	* 824	19,0	2,72	»	0,965	45,1	44,3	48,0	$27,8^5$

Dispersions : $\frac{546}{578} = 1,12^5$, $\frac{436}{578} = 1,84^5$.

Les lignes précédées d'un astérisque se réfèrent aux mesures anciennes, avec les valeurs des *densités* déduites de nos dernières expériences : les [Λ] ainsi *corrigés* ne diffèrent pratiquement pas des nombres récents. (Le double astérisque rappelle une expérience où la vapeur observée était presque saturante.)

En définitive, les rapports des rotations spécifiques [Λ] du gaz et du liquide (0,851 pour C_3H_8 et 0,839 pour C_4H_{10}) seraient un peu supérieurs, l'un et l'autre, aux rapports théoriques correspondants (0,837 et 0,830 respectivement).

La réfractivité spécifique du propane liquéfié ne varie pas sensiblement au-dessous de — 60°; elle décroît ensuite et se trouve réduite de 7 millièmes au point d'ébullition. La réfractivité du butane liquide décroît seulement de 3 millièmes dans l'intervalle —70° à —1°. Les valeurs minima respectives (1,0863 et 1,0659) seraient légèrement supérieures aux nombres que nous obtenons pour les réfractivités dans l'état gazeux (1,080 et 1,050), mais les différences ne dépassent guère l'ordre de grandeur des incertitudes expérimentales (pour le butane surtout).

En somme, dans le passage des liquides aux gaz, les rotativités *augmenteraient* un peu (ici, de 1 à 2 %), alors que les réfractivités semblent *diminuer* faiblement.

M. **Louis de Broglie** fait hommage d'un Ouvrage de M. **André Mercier** intitulé : *Leçons sur les principes de l'électrodynamique classique*, dont il a écrit la *Préface*.

PLIS CACHETÉS.

M. **Yves Turbec** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 30 avril 1951 et enregistré sous le n° 12831.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Le Problème du Cancer.*

(Renvoi à la Section de Médecine et Chirurgie.)

MM. **René Cohen**, **Eugène Cotton** et **Antoine Lévêque** demandent l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 26 novembre 1951 et enregistré sous le n° 12896.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Mesure du rapport des Sections efficaces de fission par neutrons thermiques de* ^{239}Pu *et de l'uranium naturel.*

(Renvoi à la Section de Physique générale.)

DÉSIGNATIONS.

MM. **Maurice Javillier** et **Albert Demolon** sont désignés pour représenter l'Académie aux Cérémonies qui auront lieu à Nantes, les 18, 19 et 20 juin 1952, à l'occasion du Centième anniversaire de la fondation de la **Station agronomique** de cette Ville, créée sur l'initiative de **Jean-Baptiste Dumas.**

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Le hasard et les causes rythmées*, par Gaston Baudez.

2° National Bureau of Standards Report (Washington). *Bibliography on Geiger-Müller photon counters*, by Edward J. Walker.

3° Geological Survey of Canada. Radioactivity Division. *Prospecting for Uranium in Canada*, by Officers of the Radioactivity Division.

4° Académie des Sciences du Tadjikstan. *Bioulleteni Stalinabadskoi astronomitcheskoi Observatorii*, nos 1, 2.

5° Gesellschafts-und Sprachwissenschaftliche Reihe. N° 1. *Wissenschaftliche Zeitschrift der Universität Leipzig*, Jahrgang 1951-1952, Heft 1, 2.

ALGÈBRE. — *Théorèmes de décomposition dans certains demi-groupes réticulés satisfaisant à la condition de chaîne descendante affaiblie.* Note de M. **Léonce Lesieur**, présentée par M. Henri Villat.

La théorie de la décomposition d'un idéal d'un anneau noetherien A comme intersection d'un nombre fini d'idéaux primaires a été étendue par R. Ward et P. Dilworth [1] à certains treillis multiplicatifs modulaires satisfaisant à la condition de chaîne ascendante. Dans la présente Note j'étudie certaines conditions (C_1) et (D_1), du point de vue de la représentation d'un élément comme intersection d'un nombre fini d'éléments primaires.

Indépendance des conditions (C_1) *et* (D_1). — La chaîne $\overset{0}{\circ}-\circ-\circ\longrightarrow\overset{u}{\circ}$; isomorphe à la chaîne des nombres naturels, complétée par u, où la multiplication est définie par $x.y = x\cap y$, satisfait à la condition (C_1) et ne peut satisfaire à (D_1), car le théorème de la Note citée [2] s'appliquerait, et la condition de chaîne ascendante serait valable.

---

(1) *Transactions of the Americ Math. Soc.*, 45, 3, 1939, p. 335-355.

(2) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1017.

On voit de même que (D_1) n'entraîne pas (C_1) en prenant le chaîne $\overset{0}{\circ}-\circ-\circ-\!\!\!-\!\!\!\rightarrow\!\!\!-\!\!\!-\overset{m}{\circ}-\!\!\!-\overset{u}{\circ}$ isomorphe à la chaîne des nombres naturels complétée par m et u, avec une multiplication définie par $xu = ux = x$ et $xy = 0$ si $x \neq u$, $y \neq u$.

Théorème 1. — T *étant un treillis complet,* $\cap$*-continu, satisfaisant à la condition de chaîne descendante affaiblie, tout élément* $a \in T$ *est l'intersection d'un nombre fini d'éléments* $\cap$*-irréductibles.*

La démonstration utilise le théorème de Zorn.

Dans la suite T *désigne un demi-groupe réticulé complet* ([3]), *commutatif, entier d'élément unité e,* $\cap$*-continu, satisfaisant à la condition de chaîne descendante affaiblie.*

Théorème 2. — *Si* T *vérifie la condition* (C_1), *tout élément* $x \in T$ *est intersection d'un nombre fini d'éléments primaires.*

Il suffit, d'après le théorème 1, de montrer que tout élément irréductible est primaire. Soit $m \in T$, non primaire. On a donc : $a.b \leqq m$, $a \nleqq m$, $b^n \nleqq m$, quel que soit le nombre naturel n. D'après (C_1), on a : $b = \bigcup_{\alpha \in \mathfrak{A}} b_\alpha$, où les éléments b_α sont principaux. Il existe au moins un b_α tel que $b_\alpha^n \nleqq m$ pour tout n ; en effet, en introduisant le radical r de m défini dans la Note citée ([2]), on aurait $b_\alpha \leqq r$, d'où $b \leqq r$, et il existerait n_0 tel que $b^{n_0} \leqq m$. On peut donc supposer que b est principal. On choisit alors k, d'après la condition de chaîne descendante affaiblie, tel que : $m : b^k = m : b^{k+1}$. L'élément b^k est principal, et la démonstration s'achève comme dans R. P. Dilworth et M. Ward ([4]) (théorème 11.2, p. 349), en utilisant la modularité qui intervient dans (C_1).

Théorème 3. — *Si* T *vérifie la condition* (D_1), *tout élément est d'une manière unique intersection (ou produit) d'un nombre fini d'éléments primaires premiers entre eux.*

On montre encore tout élément m $\cap$-irréductible est primaire.

Supposons $ab \leqq m$, $a \nleqq m$, $b^n \nleqq m$, quel que soit n. D'après (D_1), on a $b = \bigcup_{\alpha \in \mathfrak{A}} b_\alpha$, où les éléments b_α sont essentiels. On en déduit comme plus haut qu'il est permis de supposer b essentiel. Choisissons k, en vertu de la condition de chaîne descendante, tel que $e.b^k \cup m = b.b^k \cup m$, c'est-à-dire, puisque b^k est essentiel, $e = b \cup x$, avec $x \leqq m : b^k$. Par suite, $e = b \cup (m : b^k)$, et $m = m : e = (m : b) \cap \big(m : (m : b^k)\big)$. Mais $a \leqq m : b < m$; m étant supposé $\cap$-irréductible, on a

$$m = m : (m : b^k) \geqq b^k,$$

([3]) Du moins pour l'union. Il en résulte que le dual-idéal $)x($ (où $x \neq 0$, si 0 existe), est un demi-groupe réticulé complet satisfaisant à la condition de chaîne descendante.

([4]) Les démonstrations seront exposées dans un mémoire qui paraîtra ultérieurement.

ce qui est contraire à l'hypothèse $b^n \not\leq m$. Donc tout $x \in T$ est intersection d'un nombre fini d'éléments primaires.

On démontre ensuite ([4]) l'unicité d'une représentation au moyen d'éléments non superflus premiers entre eux, et le fait que l'intersection de ces éléments est égale à leur produit.

Les treillis de Dedekind considérés par M. L. Dubreil-Jacotin ([5]) vérifient les hypothèses du théorème 3 (tout élément y est en effet essentiel). On démontre inversement qu'un treillis vérifiant les hypothèses du théorème 3 et la condition Φ' (tout élément est principal) est un treillis de Dedekind.

GÉOMÉTRIE. — *Formules matricielles relatives aux complexes linéaires et aux faisceaux de complexes linéaires.* Note de M. **André Charrueau**, présentée par M. Henri Villat.

1. Considérons les deux matrices antisymétriques, de 4 lignes et 4 colonnes,

$$\mathcal{A}_1 = \begin{Vmatrix} 0 & -C_1 & B_1 & D_1 \\ C_1 & 0 & -A_1 & E_1 \\ -B_1 & A_1 & 0 & F_1 \\ -D_1 & -E_1 & -F_1 & 0 \end{Vmatrix}, \qquad \mathcal{B}_1 = \begin{Vmatrix} 0 & F_1 & -E_1 & -A_1 \\ -F_1 & 0 & D_1 & -B_1 \\ E_1 & -D_1 & 0 & -C_1 \\ A_1 & B_1 & C_1 & 0 \end{Vmatrix}.$$

On passe de $\mathcal{A}_1$ à $\mathcal{B}_1$ en remplaçant respectivement A_1, B_1, C_1, D_1, E_1, F_1 par $-D_1$, $-E_1$, $-F_1$, $-A_1$, $-B_1$, $-C_1$. Pour

$$\omega_1 = A_1 D_1 + B_1 E_1 + C_1 F_1 \neq 0, \qquad \text{on a} \quad \mathcal{B}_1 = \omega_1 \mathcal{A}_1^{-1}.$$

Soient $\mathcal{A}_2$ et $\mathcal{B}_2$ deux matrices analogues à $\mathcal{A}_1$ et $\mathcal{B}_1$, relatives à d'autres quantités $A_2, B_2, \ldots, F_2$. Posons

$$\omega_2 = A_2 D_2 + B_2 E_2 + C_2 F_2, \qquad \omega_{12} = A_1 D_2 + A_2 D_1 + B_1 E_2 + B_2 E_1 + C_1 F_2 + C_2 F_1.$$

Pour ω_1 et ω_2 différents de zéro ou nuls, les produits de matrices $\mathcal{A}_1 \mathcal{B}_2 \mathcal{A}_1$ et $\mathcal{A}_2 \mathcal{B}_1 \mathcal{A}_2$ sont tels que

$$(1) \qquad \mathcal{A}_1 \mathcal{B}_2 \mathcal{A}_1 = \omega_{12} \mathcal{A}_1 - \omega_1 \mathcal{A}_2,$$

$$(2) \qquad \mathcal{A}_2 \mathcal{B}_1 \mathcal{A}_2 = \omega_{12} \mathcal{A}_2 - \omega_2 \mathcal{A}_1.$$

Prenons des axes trirectangles, d'origine O. Soient $\mathfrak{S}_1$ un système de vecteurs de résultante générale (A_1, B_1, C_1) et de moment résultant (D_1, E_1, F_1) en O, et $\mathfrak{S}_2$ le système analogue correspondant à $A_2, B_2, \ldots, F_2$. Les quantités ω_1 et ω_2 sont respectivement l'automoment de $\mathfrak{S}_1$ et celui de $\mathfrak{S}_2$; et ω_{12} est égal à $\mathcal{M}^t(\mathfrak{S}_1, \mathfrak{S}_2)$, moment de $\mathfrak{S}_1$ et $\mathfrak{S}_2$.

2. Soient L, M, N, X, Y, Z les coordonnées plückériennes d'une droite, *d*,

---

([5]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1174, et M. L. Dubreil-Jacotin, L. Lesieur et R. Croisot, *Leçons sur la théorie des treillis* (à paraître).

par rapport aux axes trirectangles ($LX + MY + NZ = 0$). Posons

$$a = \begin{Vmatrix} 0 & -Z & Y & L \\ Z & 0 & -X & M \\ -Y & X & 0 & N \\ -L & -M & -N & 0 \end{Vmatrix}, \qquad b = \begin{Vmatrix} 0 & N & -M & -X \\ -N & 0 & L & -Y \\ M & -L & 0 & -Z \\ X & Y & Z & 0 \end{Vmatrix}.$$

Les déterminants des matrices a et b sont tous deux égaux à $(LX + MY + NZ)^2$, donc nuls. Désignons par $\mathcal{T}_0$ la corrélation $u' = x$, $v' = y$, $w' = z$, $r' = t$, qui est la polarité par rapport à la sphère de centre O et de rayon $i = \sqrt{-1}$. On peut prendre $-X$, $-Y$, $-Z$, $-L$, $-M$, $-N$ comme coordonnées plückériennes de la droite d' conjuguée de d dans $\mathcal{T}_0$ et, par suite, regarder b comme la matrice correspondant à a et relative à d'. Posons

(3) $$\varphi_1 = A_1 L + B_1 M + C_1 N + D_1 X + E_1 Y + F_1 Z = \mathcal{M}(\mathcal{S}_1, \vec{d}),$$

$\vec{d}$ étant le vecteur (L, M, ..., Z) placé sur la droite d. Nous avons, d'après (2),

(4) $$a\mathcal{B}_1 a = \varphi_1 a, \qquad b\mathcal{A}_1 b = \varphi_1 b.$$

Si d appartient au complexe linéaire $\mathcal{C}_1$, d'équation $\varphi_1 = 0$, on a

(5) $$a\mathcal{B}_1 a = \|0\|, \qquad b\mathcal{A}_1 b = \|0\|.$$

Pour $\omega_1 \neq 0$, $\mathcal{A}_1$ et $\mathcal{B}_1$ sont les deux matrices de la polarité relative à $\mathcal{C}_1$. $\mathcal{B}_1$ est aussi la matrice analogue à $\mathcal{A}_1$, mais écrite pour le complexe $\mathcal{C}'_1$, transformé de $\mathcal{C}_1$ par $\mathcal{T}_0$.

3. Désignons par $\mathcal{C}_2$ le complexe linéaire, supposé non spécial, d'équation

$$\varphi_2 \equiv A_2 L + B_2 M + C_2 N + D_2 X + E_2 Y + F_2 Z = 0.$$

Le complexe $\mathcal{C}_{12}$, conjugué de $\mathcal{C}_1$ par rapport à $\mathcal{C}_2$, a pour équation

(6) $$\varphi_{12} \equiv \omega_{12}\varphi_2 - \omega_2\varphi_1 = 0.$$

Et le complexe $\mathcal{C}_{21}$, conjugué de $\mathcal{C}_2$ par rapport à $\mathcal{C}_1$, supposé ici non spécial, a pour équation

(7) $$\varphi_{21} \equiv \omega_{12}\varphi_1 - \omega_1\varphi_2 = 0.$$

La matrice $\mathcal{A}_{12}$, analogue à $\mathcal{A}_1$ et relative au complexe $\mathcal{C}_{12}$, est, d'après (2) et (6), telle que

(8) $$\mathcal{A}_{12} = \omega_{12}\mathcal{A}_2 - \omega_2\mathcal{A}_1 = \mathcal{A}_2\mathcal{B}_1\mathcal{A}_2.$$

Et la matrice correspondante, $\mathcal{A}_{21}$, du complexe $\mathcal{C}_{21}$ est telle que

(9) $$\mathcal{A}_{21} = \omega_{12}\mathcal{A}_1 - \omega_1\mathcal{A}_2 = \mathcal{A}_1\mathcal{B}_2\mathcal{A}_1.$$

4. Soient $\mathcal{A}_0$ et $\mathcal{A}'_0$ les deux matrices carrées, antisymétriques

$$\mathcal{A}_0 = \begin{Vmatrix} 0 & -C_0 & B_0 & D_0 \\ C_0 & 0 & -A_0 & E_0 \\ -B_0 & A_0 & 0 & F_0 \\ -D_0 & -E_0 & -F_0 & 0 \end{Vmatrix}, \qquad \mathcal{A}'_0 = \begin{Vmatrix} 0 & -C'_0 & B'_0 & D'_0 \\ C'_0 & 0 & -A'_0 & E'_0 \\ B'_0 & A'_0 & 0 & E'_0 \\ -D'_0 & +E'_0 & -F'_0 & 0 \end{Vmatrix},$$

telles que

$$\omega_0 = A_0D_0 + B_0E_0 + C_0F_0 = 0, \qquad \omega'_0 = A'_0D'_0 + B'_0E'_0 + C'_0F'_0 = 0,$$
$$A_0D'_0 + A'_0D_0 + B_0E'_0 + B'_0E_0 + C_0F'_0 + C'_0F_0 \neq 0.$$

Les déterminants de $\mathfrak{A}_0$ et de $\mathfrak{A}'_0$, respectivement égaux à ω_0^2 et à ω'^2_0, sont donc nuls. Considérons un nombre n, impair quelconque de matrices

$$\mathfrak{A}_1 = \mathfrak{A}_0 + \xi_1\mathfrak{A}'_0, \qquad \mathfrak{A}_2 = \mathfrak{A}_0 + \xi_2\mathfrak{A}'_0, \quad \ldots, \quad \mathfrak{A}_n = \mathfrak{A}_0 + \xi_n\mathfrak{A}'_0,$$

les ξ étant des nombres quelconques non nuls. On démontre, en particulier, la relation

$$(10) \qquad \mathfrak{A}_1\mathfrak{A}_2^{-1}\mathfrak{A}_3\mathfrak{A}_4^{-1}\mathfrak{A}_5\ldots\mathfrak{A}_{n-1}^{-1}\mathfrak{A}_n = \mathfrak{A}_0 + \frac{\xi_1\xi_3\ldots\xi_n}{\xi_2\xi_4\ldots\xi_{n-1}}\mathfrak{A}'_0,$$

Elle se rattache à des résultats (1) que nous avons obtenus sur les produits de polarités relatives à des complexes linéaires non spéciaux appartenant à un même faisceau.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur l'étalonnage des microphotographies de jets pulvérisés.* Note (*) de MM. **Frank Ferrie** et **Numa Manson**, présentée par M. Gustave Ribaud.

1. L'étude de la structure de jets liquides pulvérisés au moyen de la microphotographie a déjà été abordée par divers expérimentateurs (1) et (2), mais il ne semble pas qu'elle ait été poursuivie jusqu'à l'établissement des cartes de jets. Ayant repris cette méthode (3), nous avons constaté sur les microphotographies, que le microscope est ici utilisé non seulement dans son plan de mise au point, mais aussi sensiblement en dehors de celui-ci, car certaines gouttes apparaissent floues. Il fallait donc développer une technique d'étalonnage susceptible de fournir le volume réel observé dans le jet, le nombre de gouttes dans ce volume et leurs diamètres vrais.

2. Dans ce but, nous avons recueilli des gouttes de gas-oil sur une sonde à fils de plexigomme (4) que nous avons déplacée de part et d'autre du plan de mise au point. Les microphotographies ainsi obtenues ont

---

(1) A. Charrueau, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 334. Ces résultats, notamment, sont développés par nous dans un fascicule du *Mémorial des Sciences mathématiques* qui paraîtra prochainement.

(*) Séance du 26 mai 1952.

(1) D. W. Lee et R. C. Spencer, *N. A. C. A.*, Rep. n° 454, 1933.

(2) H. Jung, *Jahrbuch Deutsch. Versuchsanst. Luftfahrt*, 1938, p. 440.

(3) F. Ferrie et N. Manson, *Communication au* IIIe *Congrès mondial du Pétrole*, La Haye, 1951, p. 440.

(4) E. Brun, L. Demon et M. Vasseur, *La Recherche Aéronautique*, n° 1, 1948, p. 15.

permis de définir le « domaine de visibilité » correspondant à chaque catégorie de gouttes (de 5,5 en 5,5 μ).

Ce « domaine » constitue en quelque sorte la profondeur de champ pratique dans laquelle les gouttes restent suffisamment nettes pour être mesurées. D'après nos constatations et avec notre appareillage, il varie linéairement en fonction des diamètres.

D'autre part, la mesure du diamètre apparent des gouttelettes sur ces microphotographies, nous a permis de déterminer les courbes de variation du diamètre en fonction de l'éloignement, par rapport au plan de mise au point (*fig.* 1).

La forme du volume observé dans le jet a été ensuite précisée en déterminant la variation du grandissement du microscope par photographie d'une échelle micrométrique déplacée dans les mêmes conditions que la

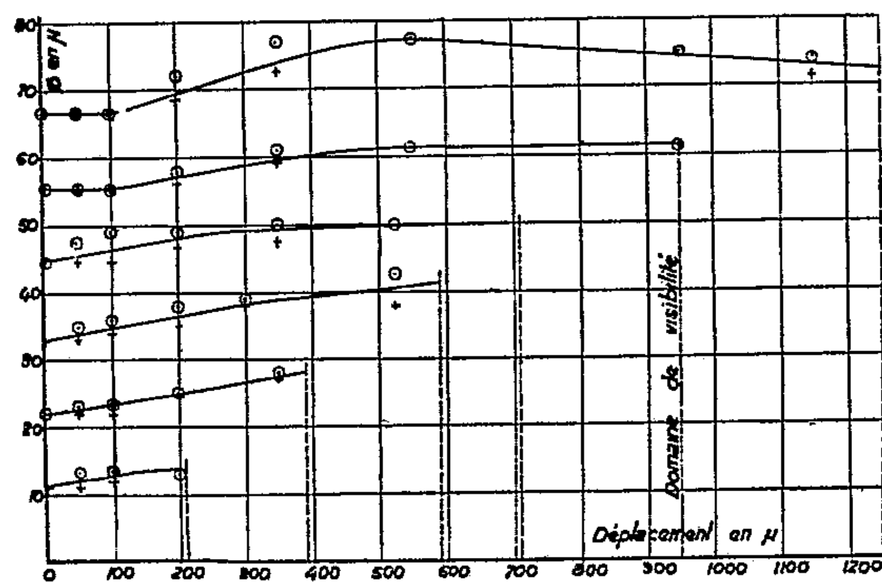


Fig. 1.

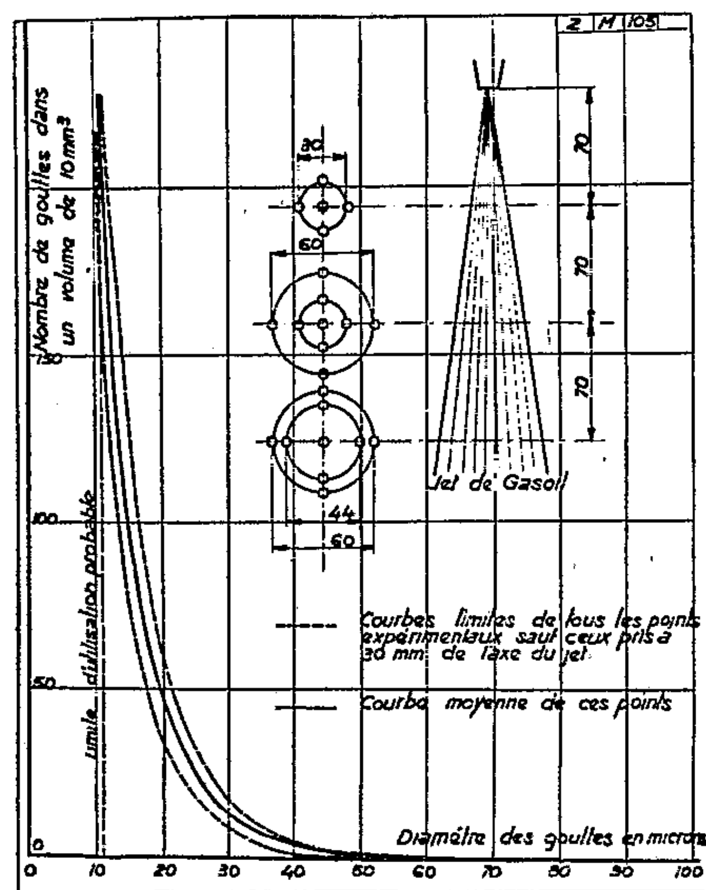


Fig. 2.

grille. On a constaté que ce volume peut être assimilé à un cylindre, dont le diamètre correspond au champ du microscope utilisé et dont la longueur, égale au « domaine de visibilité », varie pour chaque catégorie de gouttes considérée. Nous en avons déduit les coefficients par lesquels il faut multiplier :

1° le volume correspondant à chaque catégorie de gouttes pour obtenir un volume unitaire V;

2° le nombre de gouttes de chaque catégorie pour la « remise au mille ».

Il est à remarquer que l'étalonnage ainsi réalisé tient compte non seulement de l'appareillage, mais aussi de l'opérateur qui dénombre les gouttes.

3. Les courbes caractéristiques donnant le nombre des gouttes (d'un

diamètre donné) en fonction de ce diamètre (*fig.* 2) résument les résultats actuels de nos expériences sur un brûleur à pulvérisation pneumatique. En chaque point, plusieurs microphotographies (4 à 7) ont été prises et leur interprétation a montré que, dans ce cas, un nombre total restreint (10 à 15 seulement) de ces dernières aurait donné le même résultat. Signalons que nous avons pris un volume unitaire de 10 mm³ et, qu'avec notre appareillage, le coefficient de remise au mille décroît de 12,3 à 1,4 lorsque le diamètre des gouttes croît de 5,5 à 67 μ.

Dans certains cas, les courbes présentent un maximum pour la catégorie des gouttes de 5,5 à 11 μ, mais il nous est impossible actuellement de préciser si ce maximum est une caractéristique de la pulvérisation ou constitue simplement la limite d'utilisation de notre appareillage (dont le grossissement de 36 nous a pourtant permis de photographier des gouttes de 4 μ).

On notera que si ces courbes n'avaient pas été établies en tenant compte des coefficients de remise au mille, leur allure eût été différente et, de ce fait, l'erreur considérable.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Sur un type d'écoulement turbulent non homogène.* Note de M. **Jean Bass**, présentée par M. Maurice Roy.

On étudie la structure générale et la forme locale des corrélations spatio-temporelles dans un écoulement turbulent incompressible, non homogène dans une direction λ, homogène dans les directions perpendiculaires à λ, ayant la symétrie de révolution autour de λ, et stationnaire.

Le fluide turbulent que je vais étudier est *incompressible*, et sa *vitesse d'ensemble* est un *vecteur constant* λ_i, qu'il est licite de supposer unitaire. Par rapport à l'écoulement moyen uniforme, on peut envisager diverses symétries du mouvement d'agitation. Dans des Notes précédentes [1] j'ai défini un type d'écoulement homogène et isotrope, en général non stationnaire dans le temps. J'en ai déduit que, si ξ et τ désignent des décalages d'espace et de temps, les coefficients de corrélation longitudinaux et transversaux entre les composantes longitudinales (c'est-à-dire suivant la direction λ_i) de la vitesse sont, pour les petites valeurs de ξ, τ, de la forme

$$\rho_1 = 1 - a(\xi - \tau)^2 - b\tau^2 \ (\text{long.}), \qquad \rho_2 = 1 - a(2\xi^2 + \tau^2) - b\tau^2 \ (\text{transv.}),$$

a et b étant des fonctions du temps, b petit devant a.

Ce schéma ne semble pas assez souple pour bien représenter les faits expérimentaux, et je me propose d'en examiner un autre : la turbulence sera *stationnaire* (dans le temps) *non homogène* suivant l'axe λ, *homogène dans tout*

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 806 et 1033.

plan perpendiculaire à λ, et elle aura la *symétrie de révolution autour de* λ. Ce modèle de turbulence est donc une extension de la turbulence axisymétrique de G. K. Batchelor (²).

Si $u_\alpha(x_1, x_2, x_3, t)$ désigne la vitesse d'agitation au point x_i et à l'instant t, je poserai

$$R_{\alpha\beta} = \overline{u_\alpha(x_i, t)\, u_\beta(x_i + \xi_i, t + \tau)}.$$

Les hypothèses ci-dessus entraînent que $R_{\alpha\beta}$ est de la forme

$$R_{\alpha\beta} = A\xi_\alpha\xi_\beta + B\delta_{\alpha\beta} + C\lambda_\alpha\lambda_\beta + D(\lambda_\alpha\xi_\beta + \lambda_\beta\xi_\alpha),$$

A, B, C, D étant fonctions des quantités τ, $s = \Sigma\lambda_i\xi_i$, $r^2 = \Sigma\xi_i^2$ et $l = \Sigma\lambda_i x_i$. La présence de l traduit le fait que la turbulence n'est pas homogène suivant la direction λ_i. Lorsqu'on change s en $-s$, τ en $-\tau$, et l en $l+s$, A, B, C ne changent pas et D est remplacé par $-$D. L'incompressibilité se traduit par les relations

$$4rA + r^2\frac{\partial A}{\partial r} + rs\frac{\partial A}{\partial s} + \frac{\partial B}{\partial r} + s\frac{\partial D}{\partial r} + r\frac{\partial D}{\partial s} = 0, \qquad \frac{\partial}{\partial l}(sA + D) = 0,$$

$$4rD + r^2\frac{\partial D}{\partial r} + rs\frac{\partial D}{\partial s} + r\frac{\partial B}{\partial s} + s\frac{\partial C}{\partial r} + r\frac{\partial C}{\partial s} = 0, \qquad \frac{\partial}{\partial l}(B + C + sD) = 0.$$

La corrélation entre les composantes longitudinales de la vitesse a pour expression

$$\omega = \Sigma\lambda_\alpha\lambda_\beta T_{\alpha\beta} = As^2 + 2Ds + B + C.$$

On remarque qu'*elle ne dépend pas de l.*

Pour les petites valeurs de ξ et τ, les coefficients de corrélation longitudinaux ($\xi_i = \lambda_i\xi$) et transversaux ($\Sigma\lambda_i\xi_i = 0$) ont pour expressions approchées

$$\rho_1 = 1 - p_1(\xi - \tau)^2 - p_2\xi^2 - p_3\xi\tau, \quad \text{(long.)}, \qquad \rho_2 = 1 - p_1\tau^2 - p_4\xi^2, \quad \text{(trans.)},$$

les p_i étant des constantes.

L'expérience montre que p_2 et p_3 sont petits devant p_1, mais rien ne prouve *a priori* que p_4 soit voisin de $2p_1$, comme dans le cas de la turbulence homogène et isotrope.

Si l'on désigne par B_0 et C_0 les valeurs de B et C pour $\xi_\alpha = 0$, $\tau = 0$, la composante u_λ de la vitesse suivant la direction λ a pour variance $\overline{u_\lambda^2} = B_0 + C_0$, quantité indépendante de l. La composante u_μ de la vitesse suivant la direction transversale μ a pour variance $\overline{u_\mu^2} = B_0$, fonction de l. L'énergie totale d'agitation par unité de masse est $3B_0 + C_0$, quantité qui dépend de l, mais ne peut décroître indéfiniment. Une telle limitation à la décroissance de l'énergie cinétique se présente dans tous les écoulements stationnaires, à un degré qui dépend de leur degré d'homogénéité. Elle disparaît avec la stationnarité, qui ne peut donc avoir que le caractère d'une approximation.

(²) *Proc. of the Royal Soc.*, A, 186, 1946, p. 480.

ASTRONOMIE. — *Sur l'irrégularité de la rotation de la Terre dans les deux hémisphères.* Note de Mme **Anna Stoyko**, présentée par M. André Danjon.

Dans ses études sur l'irrégularité saisonnière de la rotation de la Terre, M. N. Stoyko a comparé la marche des horloges des observatoires de Paris, de Hambourg et de Washington aux observations astronomiques de l'observatoire moyen, dont deux observatoires seulement (celui de Buenos-Aires et de Rio-de-Janeiro) appartenaient à l'hémisphère Sud et tous les autres à l'hémisphère Nord. Les marches des horloges des autres services horaires (de Berlin, de Greenwich et de Potsdam) ont été comparées aux observations astronomiques des observatoires de l'hémisphère Nord seulement. Ainsi on peut dire que pratiquement les variations saisonnières de la rotation de la Terre ont été rapportées à la rotation de l'hémisphère Nord exclusivement.

On trouve des différences dans le déplacement du pôle suivant que la détermination de ce déplacement était effectuée d'après l'ensemble des observatoires de l'hémisphère Nord ou ceux de l'hémisphère Sud. Aussi la séismicité de la Terre montre une période annuelle très marquée dans les deux hémisphères, mais les phases sont diamétralement opposées.

Ainsi certains auteurs (1) ont remarqué que les variations saisonnières de la rotation de surface de la Terre peuvent être différentes étant déterminées d'après l'ensemble d'observatoires de l'hémisphère Nord ou d'après celui de l'hémisphère Sud. Autrement dit, on pourrait penser qu'il y a un glissement entre les continents de l'hémisphère Nord par rapport aux continents de l'hémisphère Sud.

Pour vérifier, si dans la rotation de la Terre les distances respectives des points différents de la surface terrestre ne subissent aucune variation et, par conséquent, s'il n'y a pas de décalage entre les résultats obtenus pour les deux hémisphères, considérés chacun à part, j'ai repris l'étude d'ensemble des observations astronomiques des observatoires des deux hémisphères indépendamment.

Jusqu'à 1939 inclus on a utilisé pour la réduction des observations astronomiques de passage le catalogue d'étoiles fondamentales d'Eichelberger. A partir de 1940 on emploie dans le même but le catalogue d'étoiles fondamentales FK 3.

J'ai pris les résultats des observations à partir de 1934 jusqu'à 1949. Cette période a été divisée en deux parties : la période 1934-1939, quand fut utilisé le catalogue d'Eichelberger, et la période 1940-1949, où l'on a employé le catalogue FK 3. Les résultats de la période 1934-1939 ont été ramenés aussi

(1) M. Zverev, *J. Astron. U. R. S. S.*, 28, 1951, p. 136.

au système du catalogue fondamental FK 3 pour la comparaison directe avec les résultats de la période 1940-1949.

J'ai trouvé pour la période 1934-1939 dans le système d'Eichelberger les corrections suivantes de l'horloge-Terre par rapport à sa rotation moyenne :

$$\Delta T_{BA+Rz} = +0^s,067\,89 \sin n(j+311,8) + 0^s,012\,66 \sin 2n(j+27,4),$$
$$\Delta T_{G+Pa} = +0^s,064\,71 \sin n(j+298,1) + 0^s,007\,90 \sin 2n(j+59,3),$$
$$\Delta T_{W} = +0^s,065\,46 \sin n(j+298,1) + 0^s,009\,36 \sin 2n(j+47,1),$$
$$\Delta T_{S} = +0^s,065\,67 \sin n(j+298,1) + 0^s,008\,06 \sin 2n(j+57,8);$$

où les indices BA, Rz, G, Pa, W et S correspondent aux observatoires : Buenos-Aires, Rio-de-Janeiro (hémisphère sud); Greenwich, Paris, Washington (hémisphère nord) et l'observatoire moyen; $n = 2\pi : 365$; j représente le temps en jours moyens, comptés à partir de janvier 0.

Les résultats de la même période, rapportés au système FK 3 sont :

$$\Delta T_{BA+Rz} = +0^s,063\,05 \sin n(j+298,1) + 0^s,008\,30 \sin 2n(j+38,0),$$
$$\Delta T_{G+Pa} = +0^s,064\,39 \sin n(j+304,2) + 0^s,004\,71 \sin 2n(j+56,3),$$
$$\Delta T_{W} = +0^s,060\,53 \sin n(j+301,1) + 0^s,008\,86 \sin 2n(j+42,6).$$
$$\Delta T_{S} = +0^s,063\,92 \sin n(j+305,7) + 0^s,005\,33 \sin 2n(j+54,7).$$

Les résultats de la période 1940-1949 donnent dans le système FK 3 :

$$\Delta T_{BA+Rz} = +0^s,049\,86 \sin n(j+298,1) + 0^s,006\,42 \sin 2n(j+80,6)$$
$$\Delta T_{G+Pa} = +0^s,053\,44 \sin n(j+311,8) + 0^s,008\,63 \sin 2n(j+63,9),$$
$$\Delta T_{W} = +0^s,050\,30 \sin n(j+299,6) + 0^s,007\,65 \sin 2n(j+68,4),$$
$$\Delta T_{S} = +0^s,049\,09 \sin n(j+308,7) + 0^s,006\,41 \sin 2n(j+70,0).$$

La période 1934-1949, rapportée au système FK 3, donne :

$$\Delta T_{BA+Rz} = +0^s,055\,24 \sin n(j+298,1) + 0^s,005\,25 \sin 2n(j+60,8),$$
$$\Delta T_{G+Pa} = +0^s,057\,86 \sin n(j+308,7) + 0^s,006\,90 \sin 2n(j+62,4),$$
$$\Delta T_{W} = +0^s,054\,40 \sin n(j+301,1) + 0^s,006\,93 \sin 2n(j+57,8),$$
$$\Delta T_{S} = +0^s,055\,09 \sin n(j+307,2) + 0^s,005\,76 \sin 2n(j+65,4).$$

On remarque que :

1° l'influence des systèmes de référence est négligeable pour l'hémisphère Nord. Elle est un peu plus importante pour l'hémisphère Sud.

2° les différences des amplitudes et des phases pour la même période, d'après les résultats des observations des services horaires des hémisphères Nord et Sud, sont dans les limites d'erreurs des résultats.

Ainsi on peut conclure que les valeurs des fluctuations saisonnières de la rotation de la Terre, obtenues d'après les observations de l'hémisphère Nord et de l'hémisphère Sud, sont les mêmes. Autrement dit, les différents points de la surface de la Terre conservent dans leur rotation leurs positions respectives.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur le potentiel retardé attaché à un courant continu.* Note (*) de M. **Marcel Riesz**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous voulons généraliser quelques résultats donnés dans une Note précédente ([1]) et relatifs au potentiel vecteur engendré par une particule ([2]). Soit $j(x)$ un vecteur-courant continu satisfaisant à l'équation de continuité $\operatorname{div} j = 0$. Formons les lignes d'univers L qui admettent les vecteurs j comme tangentes, intégrales du système d'équations différentielles ordinaires, $dz/d\sigma = j$, σ étant un paramètre. Nous supposons que ces lignes se comportent régulièrement et que dans l'infini négatif elles remplissent les conditions posées dans la Note précédente pour une ligne unique (existence d'une asymptote, etc.).

Soit D^x l'intérieur du cône caractéristique rétrograde de sommet x, H_r la nappe rétrograde de l'hyperboloïde $(x - z, x - z) = r^2$ et désignons par dH_r une portion infinitésimale de celui-ci, par $|dH_r|$ la mesure (à trois dimensions) de dH_r. Nous formons le potentiel vecteur ([3]) d'ordre α et utilisons la relation évidente $d^4 z = |dH_r|\, dr$.

$$(1)\qquad A^\alpha(x) = \frac{1}{H(\alpha)} \int_{D^x} j(z) r^{\alpha-4}\, d^4 z = \frac{1}{H(\alpha)} \int_{D^x} j(z) r^{\alpha-4} |dH_r|\, dr.$$

En différentiant la relation $r^2 = (z - x, z - x)$ le long de la ligne d'univers passant par un point z, on obtient $r\,dr = (dz, z - x)$, $dr = (dz, n_r)$ où $n_r = (z - x)/r$ désigne la normale unitaire intérieure de H_r au point z. On peut donc écrire dans l'intégrale (1)

$$(2)\qquad j(z)\, dr\, |dH_r| = j(z)(dz, n_r)\, |dH_r| = (j(z), n_r)\, |dH_r|\, dz.$$

Considérons maintenant un tube infiniment mince de lignes d'univers qui découpe de chaque H_r une portion infinitésimale dH_r. Puisque $\operatorname{div} j = 0$, par hypothèse, l'expression

$$(3a)\qquad (j(z), n_r)\, |dH_r| = (j(z), z - x) \frac{|dH_r|}{r}$$

est en vertu du théorème de Gauss indépendante de r. Elle peut être considérée comme le nombre des lignes d'univers compris dans le tube, et elle est pour un

(*) Séance du 26 mai 1952.

([1]) *Voir*, aussi pour les notations, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 2159. Nous renvoyons également à notre Mémoire cité, *Acta math.*, **81**, 1949, p. 3-223.

([2]) Ces deux Notes émanent d'entretiens que j'ai eus à Paris, en été 1949, avec M. Jean Valatin.

([3]) « Mémoire » p. 149 et 91.

point arbitraire z, situé sur une ligne d'univers déterminée, égale à la même expression prise au point retardé de cette ligne,

$$(3b)\qquad \left((j(z),\, z-x)\frac{|dH_r|}{r}\right)_0 = (j(z_{\text{ret}}),\, z_{\text{ret}}-x)\left(\frac{|dH_r|}{r}\right)_{(r=0)}.$$

En désignant pour chaque ligne d'univers L la partie de cette ligne qui est intérieure au cône D^x par L^x, et par H_0 la nappe de ce cône, le potentiel vecteur (1) s'écrit

$$(4)\qquad A^\alpha(x) = \int_{H_0} (j(z_{\text{ret}}),\, z_{\text{ret}}-x)\left(\frac{|dH_r|}{r}\right)_0 \left(\frac{1}{H(\alpha)}\int_{L^x} r^{\alpha-4}\, dz\right).$$

Ajoutons qu'en chaque point z de H_0 on a $(|dH_r|/r)_0 = dz^1\, dz^2\, dz^3/(x^0 - z^0)$. L'intégrale relative à L^x dans (4) ne converge que pour $2 < \alpha < 3$, (*cf.* la Note précédente), mais peut être prolongée analytiquement aux valeurs $3 < \alpha < 5$. En utilisant les résultats de cette première Note, et en désignant par b les projections orthogonales de x sur les asymptotes de nos lignes d'univers, on trouve pour $\alpha = 4$ et $\alpha = 2$

$$(5a)\qquad A^4(x) = \frac{1}{8\pi}\int_{H_0} (z_{\text{ret}} - b)(j(z_{\text{ret}}),\, z_{\text{ret}} - x)\left(\frac{|dH_r|}{r}\right)_0;$$

$$(5b)\qquad A(x) = A^2(x) = \frac{1}{8\pi}\int_{H_0} \Box_x(z_{\text{ret}} - x)(j(z_{\text{ret}}),\, z_{\text{ret}} - x)\left(\frac{|dH_r|}{r}\right)_0.$$

$A(x)$ n'est que le potentiel vecteur retardé ordinaire, attaché au courant $j(x)$. Il est ici décomposé en des potentiels de Liénard-Wiechert relatifs à des lignes d'univers. La remarque qui suit la formule (3*a*) rend l'expression (5*b*) intuitive. De cette remarque résulte également qu'on a $\Box_x A^4(x) = A^2(x)$, vu que $\Box_x b = 0$.

Les calculs donnés au n° 78 de notre Mémoire mettent en évidence que la formule (5*b*) subsiste même dans le cas où les lignes d'univers L n'admettent pas d'asymptotes.

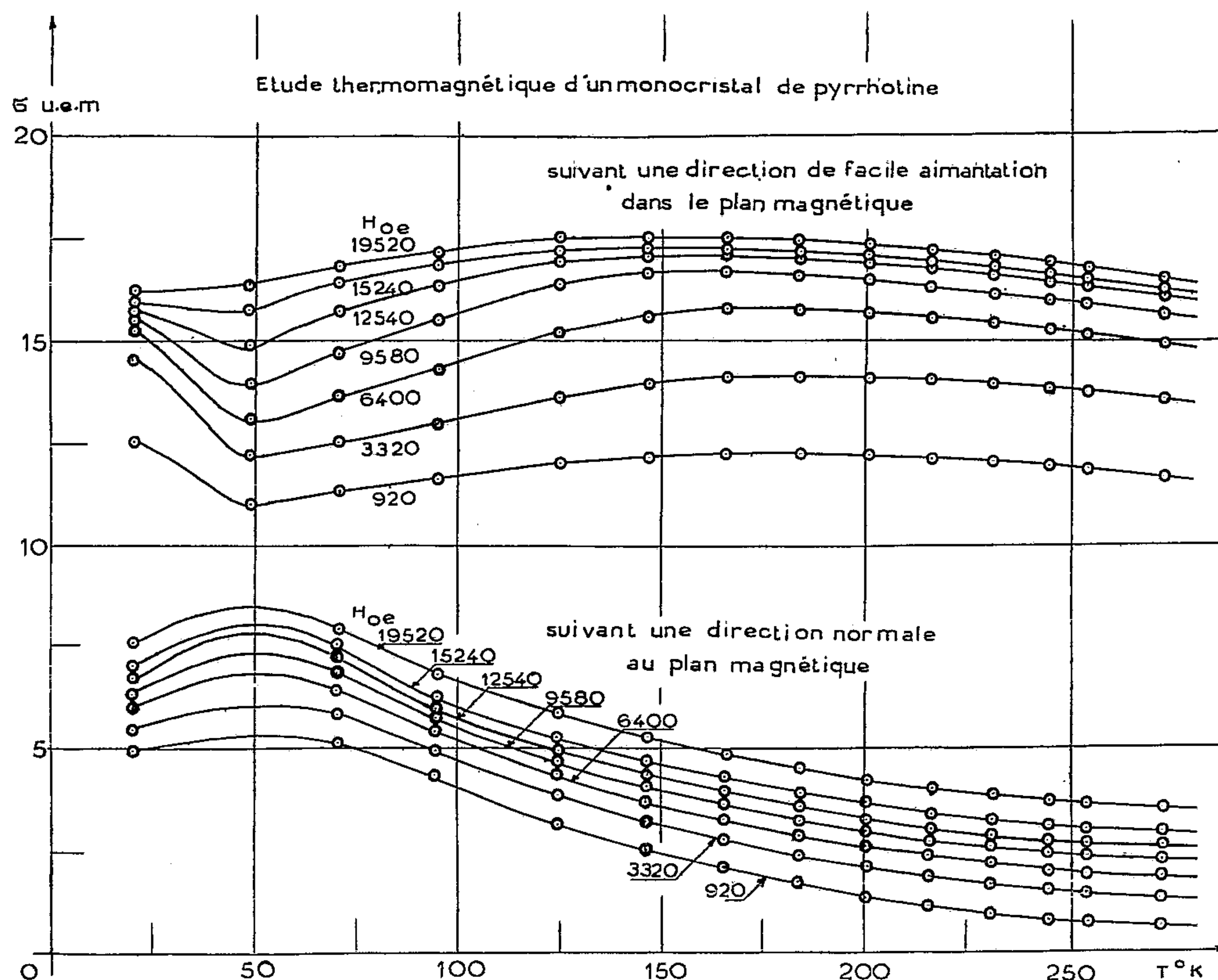
MAGNÉTISME. — *Étude magnétique d'un monocristal de Pyrrhotine aux basses températures*. Note (*) de M. **René Pauthenet**, présentée par M. Gaston Dupouy.

On sait, depuis les travaux de P. Weiss [1], que la pyrrhotine possède un plan de facile aimantation et une direction de très difficile aimantation perpendiculaire à ce plan, suivant laquelle la substance est pratiquement paramagnétique. Dans le plan magnétique, on dispose d'excellentes mesures

(*) Séance du 26 mai 1952.

(1) *J. Phys.*, 8, 1899, p. 542.

dues à P. Weiss ([2]), ([3]), P. Weiss et J. Kuntz ([4]), P. Weiss et R. Forrer ([5]), mais, dans la direction perpendiculaire, les données expérimentales sont très maigres. Pour les compléter, nous avons étudié, en taillant un monocristal de pyrrhotine naturelle sous la forme d'une sphère de 3,5 mm de diamètre, l'aimantation spécifique σ en fonction du champ H, à des températures comprises entre 20,4° K et la température ordinaire, par la méthode d'extraction axiale ([6]). Nous avons fait varier le champ entre 920 et 19 520 Œ.



Dans le plan magnétique, nous avons retrouvé les résultats antérieurs et notamment le maximum d'aimantation à saturation vers 160° K, visible sur la figure ci-dessus.

Dans la direction de très difficile aimantation, nous avons également retrouvé, à la température ordinaire, les résultats de P. Weiss, avec aiman-

---

([2]) *J. Phys.*, 4, 1905, p. 469.
([3]) *J. Phys.*, 4, 1905, p. 829.
([4]) *J. Phys.*, 4, 1905, p. 847.
([5]) *Ann. Phys.*, **12**, 1929, p. 279.
([6]) R. Pauthenet, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1842.

tation proportionnelle au champ. Par contre, l'allure des phénomènes change complètement lorsque la température s'abaisse. Comme le montre la figure, tout se passe comme si, au paramagnétisme précédent de susceptibilité χ_p peu variable avec la température, venait de superposer un ferromagnétisme d'amplitude croissant à mesure que la température diminue. L'aimantation à saturation σ_p correspondant à ce ferromagnétisme semble passer par un maximum, voisin de 5 ou 6 u. é. m., vers 50° K. Corrélativement χ_p passe par un minimum au voisinage de la même température.

Ces résultats montrent que, dans la pyrrhotine, comme dans la plupart des autres substances ferromagnétiques uniaxes, l'orientation des directions de facile aimantation dépend de la température. Mais la pyrrhotine s'en distingue par la grandeur exceptionnelle de l'énergie d'anisotropie et en ce que le passage au cours du refroidissement d'un plan à une direction de facile aimantation semble s'effectuer progressivement et n'affecter qu'une partie de la substance. Il est possible que ces caractères assez inattendus soient liés à un manque d'homogénéité du cristal naturel. Un exposé et une discussion plus détaillés de ces résultats paraîtront dans un autre recueil.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Résultats expérimentaux relatifs à une lentille-réseau pour ondes centimétriques.* Note (*) de M. **Jean Moussiegt**, présentée par M. Eugène Darmois.

Une Note précédente (1) a exposé le principe d'un nouveau type de lentilles pour ondes centimétriques, constitué par un réseau de dipôles résonnants. Les centres de ceux-ci sont répartis sur des paraboloïdes de révolution de façon que les vibrations diffractées dans une direction déterminée soient en phase dans des plans perpendiculaires à cette direction.

Une ébauche de lentille de ce genre a été construite pour vérifier les effets prévus de la diffraction. La source était un doublet magnétique consistant en une fente percée dans une plaque de cuivre fermant l'extrémité d'un guide d'ondes, dans lequel un klystron créait des ondes de 3,155 cm. Le centre de cette fente occupait la position de la source ponctuelle de la théorie.

Les nœuds du réseau sont des lamelles d'aluminium de 16 mm sur 4 mm et de 5/100 de millimètre d'épaisseur. Dans chaque plan de nœuds perpendiculaire à l'axe, ces lamelles sont fixées par leurs deux extrémités à des fils très fins de nylon équidistants de 16 mm. Les centres des doublets sont situés sur les circonférences d'intersection des plans avec les paraboloïdes de révolution.

(*) Séance du 26 mai 1952.

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2178.

La lentille comprend seulement trois plans de nœuds parallèles et équidistants de 16mm. L'ensemble comporte 312 lamelles diffractantes disposées sur 12 circonférences.

En ce qui concerne les dimensions de la lentille, l'épaisseur est donc de l'ordre de 3cm, le plus grand cercle porteur de nœuds a 37,5 cm de diamètre. La distance du premier plan à la source a été choisie égale à 6cm seulement. L'encombrement est donc faible.

La position des nœuds a été fixée par la condition que les vibrations réémises dans la direction de l'axe soient en phase avec la vibration issue directement de la source. Il a fallu pour cela déterminer expérimentalement la phase φ_0 de la vibration diffractée par un nœud par rapport à la vibration incidente ou le trajet δ_0 correspondant. A cet effet, disposant d'un cercle de nœuds (de rayon r), par translation parallèlement à la direction de réémission, on a observé les maxima et minima du champ électrique reçu par un cornet récepteur.

Pour les maxima, les abscisses x du plan de ce cercle, mesurées à partir de la source, satisfont à la relation précédemment établie :

$$r^2 = 2x(\delta_0 + k\lambda) + (\delta_0 + k\lambda)^2.$$

Les minima s'obtiennent lorsque la vibration diffractée résultante est en opposition de phase avec la vibration incidente directe. Alors

$$r^2 = 2x\left(\delta_0 + \frac{\lambda}{2} + k'\lambda\right) + \left(\delta_0 + \frac{\lambda}{2} + k'\lambda\right)^2,$$

k et k' sont des nombres entiers.

28 mesures avec des rayons différents ont donné comme moyenne :

$$\frac{\delta_0}{\lambda} = \frac{\varphi_0}{2\pi} = 0,62,$$

ce qui correspond à une avance de phase de $1,24\pi$.

Le relevé du diagramme de rayonnement de la lentille en plein air a conduit aux résultats suivants dans un plan horizontal à 2 m au-dessus du sol (la plus grande dimension des lamelles diffractantes était verticale de même que le champ électrique).

L'incertitude sur les mesures relatives de puissance au récepteur étant de l'ordre de 2 % on n'a pas décelé de lobes secondaires. La puissance est réduite de moitié quand on s'écarte de 3°,5 de part et d'autre de la direction de l'axe. Si le diagramme de rayonnement est de révolution autour de cet axe, le gain en puissance de l'ensemble de la fente-source et de la lentille est de 42 par rapport à une source isotrope.

Nous nous sommes astreint dans ce modèle d'essai à avoir dans la direction de réémission des vibrations diffractées en phase avec la vibration provenant directement de la source. De ce fait la partie centrale du volume d'encombre-

ment de la lentille est mal utilisée : l'angle d'incidence sur les lamelles métalliques (ou angle des rayons utiles issus du centre de la source avec l'axe) était compris entre 36° et 80°. On a déjà indiqué dans la communication précédente que, si l'on néglige le rayonnement direct de la source dans la direction de l'axe de façon à ne conserver la condition de phase que pour les vibrations diffractées, on pouvait choisir arbitrairement la position d'un nœud pris comme référence. Il y a donc une possibilité d'amélioration notable du système pour obtenir une plus grande puissance et un meilleur gain avec le même encombrement : il suffira de placer le nœud de référence assez près de l'axe pour qu'il soit illuminé sous une faible incidence.

OPTIQUE. — *La photophorèse négative et ses rapports avec une expérience radiométrique récente.* Note de M. **Pierre Tauzin**, présentée par M. Eugène Darmois.

On précise que l'attraction par la lumière d'une aile de radiomètre comportant un dépôt de fumée n'est pas un véritable effet de photophorèse, et que la différence des températures entre les deux faces de l'aile ne peut guère être mesurée de façon rigoureuse. On rappelle des faits expérimentaux qui classent les phénomènes de photophorèse comme effet radiométrique.

1. Dans un aérosol de matière absorbante éclairé par un faisceau lumineux intense, les grosses particules sont repoussées par la lumière (photophorèse positive), et les petites attirées (photophorèse négative). Ces mouvements s'inversent toujours avec le sens de la lumière.

En vue d'étudier la photophorèse négative, M. Ouang Te Tchao a construit un radiomètre comportant un équipage formé de deux lames de mica [1] : l'une sur laquelle est déposée une fumée dont on sait que les particules, en suspension dans l'air, sont photonégatives et l'autre qui sert à recouvrir le dépôt. Lorsque, dans un vide poussé de l'ordre de 5×10^{-5} mm de Hg, on éclaire l'équipage de façon que la lame recouverte de particules reçoive directement la lumière, il est effectivement attiré. Nous avions cru tout d'abord qu'il s'agissait d'un phénomène identique à la photophorèse. En réalité il n'en est rien, car contrairement à ce qui se passe pour les particules d'un aérosol, le déplacement de l'équipage ne s'inverse pas lorsqu'on inverse la lumière [1]. Cet équipage est donc essentiellement dissymétrique, probablement parce que les particules de fumée adhèrent fortement à la lame où elles ont été déposées et pas à l'autre. Il n'y a d'ailleurs aucune raison *a priori* pour qu'on puisse remplacer l'étude d'une particule photonégative isolée par le système complexe obtenu en déposant

[1] *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1518.

d'une façon arbitraire des particules photonégatives entre deux lames de mica.

2. L'attraction constatée sur l'équipage est-elle un effet radiométrique dû aux chocs moléculaires du gaz ambiant ? La face par laquelle sort la lumière doit alors être plus chaude que la face d'entrée. Pour voir s'il en est ainsi, M. Ouang immobilise l'équipage et mesure la différence de température entre les deux faces à l'aide d'une sorte de petit dilatomètre Chevenard dont les tiges sont fixées aux faces extrêmes de la lame (2). Le sens de rotation du miroir du dilatomètre indique que la face d'entrée est la plus chaude; c'est apparemment en désaccord avec une explication par l'effet radiométrique et M. Ouang pense avoir mis en évidence un effet nouveau.

Mais la mise en place du dilatomètre perturbe complètement l'équipage. Elle exige en particulier que les deux lames de mica puissent se dilater librement. On est alors obligé de modifier le collage de ces lames et par là même le comportement du système. Par exemple, nous avons pu construire des équipages analogues à ceux de M. Ouang qui se comportaient différemment selon qu'ils étaient collés sur toute la périphérie des deux lames, ou seulement en deux ou trois points. Ceux collés sur la périphérie étaient attirés lorsque la lumière tombait directement sur la face chargée de particules, alors que les autres étaient repoussés. Dans les deux cas, on n'a pas affaire au même équipage, les dilatations des diverses couches y sont sans doute différentes, il en est de même pour les phénomènes optiques qui s'y passent.

De plus, le principe même de la mesure de la différence de température sur l'équipage immobilisé est très aléatoire. Il importerait que cette mesure fut faite avec un appareil sans inertie, ce qui n'est pas le cas du dilatomètre, et à l'instant précis où l'équipage qui vient d'être frappé par la lumière commence à se mettre en mouvement. Dans le cas présent, des particules absorbantes sont déposées sur la lame qui reçoit directement la lumière; l'équipage étant immobilisé, ces particules vont absorber de façon continue l'énergie du faisceau et amener un excès de chaleur à la lame de mica en contact avec elles, cela en accord avec l'indication du dilatomètre.

Ajoutons que dans la première Note citée plus haut, il est indiqué que le fait de toucher la paroi de l'appareil avec une main chaude provoque le mouvement de la palette, ce qui appelle presque à coup sûr une explication par l'effet radiométrique; il reste d'ailleurs un nombre de molécules élevé, de l'ordre de $10^{12}/cm^3$, dans le vide poussé qui règne dans l'appareil.

3. A côté de l'effet radiométrique classique, répulsion qui s'inverse avec la lumière, des phénomènes d'attraction analogues au précédent, c'est-à-dire

(2) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1542.

non réversibles lorsqu'on inverse le sens de la lumière, ont été signalés maintes fois pour des radiomètres à aile hétérogène ([3]); ils existent aussi pour de nombreuses lames minces métalliques ou autres, homogènes seulement en apparence. Ils s'expliquent généralement par l'existence sur une face de l'aile ou dans son voisinage d'une région fixe qui, au moment où le radiomètre démarre, est plus chaude que les autres régions et cela quel que soit le sens de propagation de la lumière.

Tous les phénomènes de photophorèse des particules d'aérosols (photophorèse positive et négative, électrophotophorèse, magnétophotophorèse) sont, eux aussi, des effets radiométriques. Leur comportement en fonction de la pression du gaz qui entoure les particules ne fait aucun doute à ce sujet : maximum d'intensité vers une pression de l'ordre de 1 cm de Hg, puis décroissance et disparition lorsqu'on augmente le vide. D'ailleurs la photophorèse n'a lieu que pour les particules absorbantes; elle est donc liée à leur échauffement. Présence d'un gaz ambiant et échauffement des particules sont des conditions nécessaires à la production de la photophorèse.

Si l'expérience de M. Ouang peut avoir un rapport avec la photophorèse, elle se complique de nombreux phénomènes accessoires. Pour étudier l'effet thermique dans l'équipage, il faudrait composer en chacun de ses points et à chaque instant, par la règle de Fresnel, l'amplitude transportée par le faisceau direct, avec les amplitudes diffusées dans les différents milieux de l'équipage et avec celles réfléchies aux diverses interfaces qui limitent ces milieux; il faudrait enfin tenir compte de l'absorption et de la conduction à l'intérieur de tous ces milieux.

PHOTOMÉTRIE. — *Résultats de la comparaison des étalons nationaux d'intensité et de flux lumineux, exécutée au Bureau International des Poids et Mesures.* Note de MM. **Jean Terrien** et **Henri Moreau**, présentée par M. André Danjon.

Le Bureau International des Poids et Mesures a comparé, de 1950 à 1952, une centaine de lampes étalons provenant des Laboratoires nationaux des six pays suivants : Allemagne, États-Unis, France, Grande-Bretagne, Japon, U. R. S. S. Ces lampes représentaient les unités photométriques nouvelles : candela à 2 042 et 2 353° K, et lumen nouveau à 2 353 et 2 788° K, réalisées dans ces Laboratoires. Elles ont été étalonnées à leur Laboratoire d'origine, transportées à la main à Sèvres ([1]), où elles

([3]) Bouasse, *Hydrostatique*, p. 448.

([1]) Exception faite pour les lampes du Japon, qui ont été expédiées et réexpédiées par

ont été soumises à nos mesures, puis remportées au Laboratoire national qui a contrôlé, par un étalonnage de retour, leur bonne tenue; quelques lampes reconnues instables ont été éliminées; les autres ont été trouvées inchangées à 0,2 pour cent près en moyenne.

Au Bureau International, les étalons nationaux ont été comparés à des lampes du Bureau International qui ont constitué, durant toutes les comparaisons, une base de référence commune.

La comparaison des étalons d'intensité lumineuse a été effectuée sur un banc photométrique par la « méthode de substitution » à éclairement constant avec lampe *tare*; les égalisations des éclairements étaient constatées à l'aide d'un photomètre à photopile au sélénium, le rapport des intensités lumineuses étant calculé par application de la loi de l'inverse du carré de la distance.

Les étalons de flux lumineux ont été comparés dans une sphère de 1,54 m de diamètre, blanchie intérieurement à l'oxyde de zinc; les mesures ont été exécutées photoélectriquement par deux méthodes indépendantes.

La première méthode consistait à appliquer la loi en $1/d^2$ après avoir rendu égaux les éclairements reçus par un photomètre à photopile au sélénium fixé à une distance constante de la sphère, éclairements provenant d'une part de la fenêtre d'observation de la sphère, d'autre part d'une lampe placée à une distance réglable et mesurée sur le banc photométrique.

La seconde méthode utilisait un photomètre à réponse linéaire comportant une cellule à vide au césium sur argent oxydé, du type Boutry-Gillod, éclairée par la fenêtre de la sphère; le courant photoélectrique, envoyé dans un amplificateur à courant continu à tube électromètre simple, était mesuré par une méthode potentiométrique. La proportionnalité du courant aux éclairements a été vérifiée à 10^{-4} près par une méthode d'addition.

La principale correction, due aux différences de température de couleur des lampes, était rendue inférieure à 0,5 pour cent par des verres colorés placés devant le récepteur afin de rendre sa sensibilité spectrale voisine de celle de l'œil de l'observateur moyen. Dans les mesures de flux, on a également tenu compte de l'absorption supplémentaire créée par la présence de chaque lampe dans la sphère. Une étude détaillée de l'application de la loi en $1/d^2$ aux lampes étalons a montré, en outre, que les corrections dues aux dimensions finies de la source et à la perte de lumière par diffusion dans l'air, se compensaient assez bien aux distances de 1 à 1,5 m auxquelles nous avons opéré.

---

avion dans des caisses à double paroi, non convoyées; grâce aux mesures prises pour réduire les manipulations par des personnes non qualifiées, une seule lampe sur seize a été détériorée pendant les transports.

L'alimentation électrique des lampes était contrôlée avec une précision de quelques cent-millièmes en valeur relative par des méthodes potentiométriques.

Les résultats de ces comparaisons sont résumés dans le tableau suivant qui donne la *valeur relative des unités réalisées dans chaque Laboratoire national, la moyenne des Laboratoires représentés étant prise comme unité.*

	Candela.		Lumen nouveau.	
	2042°K.	2353°K.	2353°K.	2788°K.
Allemagne (²)	–	–	–	–
Etats-Unis d'Amérique	$0,997_3$	$0,998_8$	$0,999_4$	0,997
France	$1,006_2$	$1,003_2$	$1,008_6$	0,998
Grande-Bretagne	$0,998_0$	$0,998_3$	$1,004_1$	1,008
Japon	$1,003_8$	$0,997_8$	$0,995_5$	1,001
U.R.S.S.	$0,994_8$	$1,002_0$	$0,992_4$	0,996

Compte tenu de la précision des comparaisons et des petites variations de la valeur des lampes entre les mesures « aller » et « retour » à leur Laboratoire d'origine, l'incertitude totale sur ces résultats ne doit pas excéder 0,3 à 0,4 pour cent.

Ces résultats, qui seront soumis au Comité Consultatif de Photométrie lors de sa session du 30 juin 1952, montrent que la concordance des unités nationales est réalisée, dans l'ensemble, à mieux que ± 1 pour cent.

Remarques sur la communication précédente, par M. André Danjon.

Les comparaisons internationales photométriques exposées dans la Note précédente sont les premières depuis le 1er janvier 1948, date d'entrée en vigueur des unités photométriques nouvelles qui ont remplacé la bougie internationale et la bougie Hefner. De telles comparaisons sont précieuses pour assurer l'uniformité des mesures photométriques dans le monde. En effet, contrairement à ce qui existe pour les unités de longueur et de masse, il n'y a pas, pour les unités de lumière, de prototype international auquel soient rattachés les étalons de chaque pays.

La candela, nouvelle unité d'intensité lumineuse, est matérialisée par des lampes à incandescence à la température de couleur de 2 042 et 2 353° K, et le lumen nouveau par des lampes à 2 353 et 2 788° K. La valeur de ces étalons secondaires est déduite de la luminance de l'étalon primaire, qui est un corps noir au point de solidification du pla-

(²) De nouveaux étalons étant attendus, on n'a pas tenu compte des étalons déjà reçus de l'Allemagne.

tine (2 042° K), luminance égale par définition à 60 cd/cm². Chaque laboratoire peut donc réaliser cet étalon primaire, mais les difficultés expérimentales entraînent une première incertitude. De plus, la mesure de lampes de température de couleur supérieure à 2 042° K introduit les difficultés de la photométrie hétérochrome; malgré la spécification que l'on doit tenir compte des efficacités lumineuses relatives monochromatiques adoptées internationalement, les divergences ne peuvent qu'augmenter.

C'est pourquoi le Comité International des Poids et Mesures a approuvé en 1937 l'opinion exprimée par son Comité Consultatif de Photométrie estimant désirable la création d'un laboratoire de photométrie au Bureau International des Poids et Mesures. Ce laboratoire, aussitôt constitué, a reçu la mission de contrôler, par des comparaisons périodiques, l'accord des grands Laboratoires nationaux. Il conserve, en outre, des lampes grâce auxquelles il peut étalonner en unités moyennes des lampes étalons pour les besoins des pays qui ne disposent pas des ressources nécessaires à la réalisation de l'étalon primaire.

SPECTROSCOPIE. — *Influence de la température sur les spectres infrarouges des paraffines solides dans la région de* 700 cm⁻¹. Note (*) de MM. **Louis Robert** et **Jean Favre**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Nous avons constaté que les paraffines solides extraites des fractions pétrolières présentent dans l'infrarouge deux bandes d'absorption profondes à 13,86 μ (721 cm⁻¹) et 13,66 μ (732 cm⁻¹). Or si la bande de 13,86 est bien connue (elle apparaît lorsqu'une molécule contient le groupement $CH_3-(CH_2)_n$, quand n est supérieur à 5), l'examen des spectres des paraffines liquides à chaîne droite montre que celles-ci ne présentent pas de bande profonde à 13,66 μ (1).

Cette seconde bande semble donc être liée à l'état physique des paraffines. Nous avons effectué nos études sur des paraffines synthétiques à chaîne droite $C_{32}H_{66}$ et $C_{36}H_{74}$. Ces paraffines synthétisées au laboratoire du Pr Kirmann à Strasbourg, ont été étudiées par ailleurs par diffraction des rayons X et examinées au microscope électronique (2).

Nous avons construit une cellule d'étude qui permet de porter le corps étudié jusqu'à 100° C environ, la température étant repérée à l'aide d'un thermocouple placé au voisinage de l'échantillon.

(*) Séance du 26 mai 1952.

(1) *Spectres du National Bureau of Standards*, Projet 44.

(2) L. Robert, C. Alexanian et J. Buzon, *Étude des paraffines solides par les méthodes physiques* (*Actes et documents du* IIIe *Congrès mondial du Pétrole*, La Haye, Section VI, p. 259).

La figure 1 montre le spectre de la paraffine en C_{32} entre 750 et 700 cm^{-1} : *a.* à l'état liquide; *b.* à l'état solide.

Pour étudier l'apparition de la bande d'absorption à 732 cm^{-1} nous réglons le spectrographe à cette longueur d'onde et, partant de la paraffine liquide à 80° C, nous étudions la variation de la transmission pendant le refroidissement.

La figure 2 montre la courbe obtenue : trois paliers avec deux points de transition brusque en B et C.

Le point B (70° C), comme le montre la température et l'observation visuelle, correspond à la solidification. Le point C (63° C) se trouve 7° plus

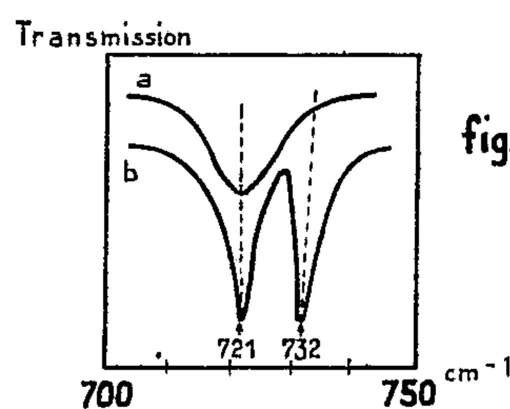


fig.1 – Spectre de la paraffine $C_{32}H_{66}$
(a) liquide
(b) solide

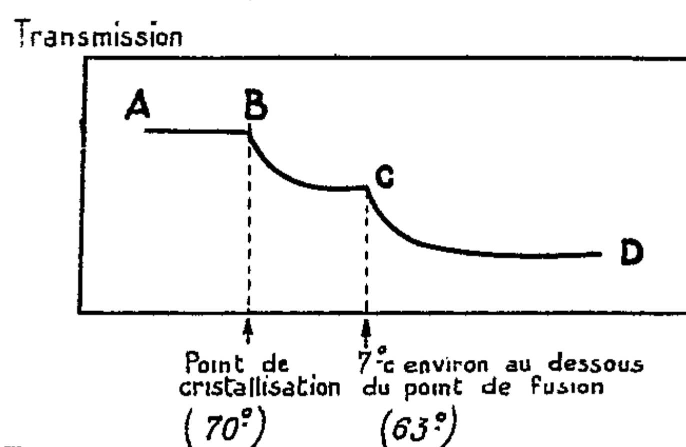


fig.2 – Transmission en fonction de la Température de la Paraffine en C_{32} à 732 cm

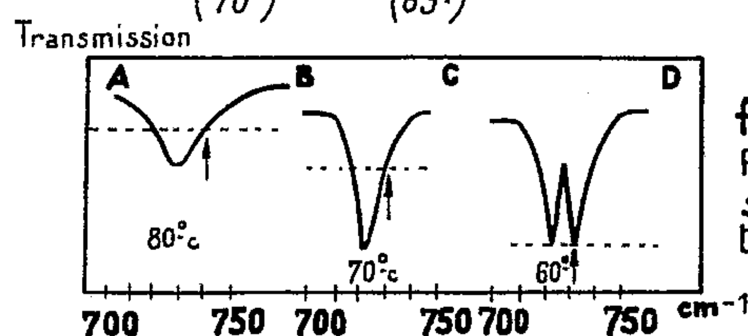


fig.3 – Spectre de la Paraffine en C_{32} sur chacun des trois paliers AB, BC et CD

bas. Nous plaçant alors successivement dans les conditions des trois paliers nous traçons le spectre entre 700 et 750 cm^{-1}. La figure 3 donne les trois spectres obtenus.

La première diminution de transmission n'est due qu'à la solidification de l'échantillon, les cristaux diffusant beaucoup plus la lumière que le liquide. L'approfondissement et la diminution de largeur de la bande 721 cm^{-1} est le phénomène normal qui accompagne au point de vue spectral le passage de l'état liquide à l'état solide.

Ce qui est intéressant par contre, c'est le fait que la deuxième bande n'apparaît que quelques degrés en dessous du point de fusion. On sait

qu'il existe pour les paraffines normales un point de transition en phase solide correspondant à un changement de structure cristalline, ([3]) à ([7]), situé quelques degrés en dessous du point de fusion.

Des résultats analogues ont été obtenus avec la paraffine en C_{36}, avec cependant une différence plus faible de température entre les points B et C (3° environ). Ceci confirme que l'on a bien affaire à la même transition de structure que celles observées par Muller par diffraction des rayons X, qui a trouvé que la différence des températures entre les points de fusion et de transition diminuait à partir des paraffines en C_{30} environ, pour n'être plus que de 0°,5 pour une paraffine en C_{44}.

L'apparition brusque de la seconde bande d'absorption à 732 cm^{-1} correspond donc bien à la transformation cristalline en phase solide des paraffines normales.

Il est admis qu'entre la température de fusion et la température de transition, les chaînes paraffiniques sont disposées parallèlement á elles-mêmes en un système hexagonal, les chaînes pouvant donc tourner librement autour de leur axe. Au-dessous du point de transition, le système cristallin devient orthorhombique, les chaînes paraffiniques restant parallèles à elles-mêmes. Ces dernières ne peuvent plus qu'osciller autour de leur axe. Cette fréquence de 732 cm^{-1} relativement basse, pourrait être attribuée à de telles oscillations des chaînes paraffiniques.

Nous poursuivons nos études sur d'autres hydrocarbures.

SPECTROSCOPIE. — *Les fréquences fondamentales de l'ion* ClO_2^-.
Note de M. **Jean-Paul Mathieu**, présentée par M. Eugène Darmois.

L'ion ClO_2^- a une forme triangulaire symétrique. Ses trois fréquences de vibration, déduites de l'étude du spectre de diffusion, ont des valeurs voisines des suivantes : $\nu_1 \sim 790$ cm^{-1}; $\nu_2 \sim 400$ cm^{-1}; $\nu_3 \sim 840$ cm^{-1}.

Duval, Lecomte et Morandat ([1]) étudiant entre 700 et 1600 cm^{-1} le spectre d'absorption infrarouge de chlorites cristallisés en poudre, ont cru pouvoir attribuer à l'ion ClO_2^-, par analogie avec l'ion NO_2^-, une structure triangulaire symétrique. D'après ces auteurs, deux des trois fréquences fondamentales du

([3]) A. Muller, *Proc. Roy. Soc.*, A, 136, 1932, p. 515; A, 138, 1932, p. 515.
([4]) Ubbelohde, *Trans. Faraday Soc.*, 34, 1938, p. 282.
([5]) Seyer, *J. Amer. Chem. Soc.*, 66, 1944, p. 179.
([6]) M. Mazee, *Rec. Trav. Chim., Pays-Bas*, 67, 1948, p. 197.
([7]) Andrew, *J. Chem. Phys.*, 18, 1950, p. 607.

([1]) *Bull. Soc. Chim. France*, 18, 1951, p. 745.

chlorite de sodium seraient les suivantes, dans la notation de Herzberg [2] : ν_2 à 860 cm^{-1} ; ν_3 vers 1200 cm^{-1}. On doit remarquer que l'identification présumée des deux fréquences précédentes ne permet nullement de distinguer une structure symétrique linéaire d'une structure symétrique triangulaire et que si l'on compare la valeur de ces fréquences à celles, bien connues, de ClO^-($\nu = 713$ cm^{-1}) [3] et de ClO_3^-($\nu_1 = 930$; $\nu_2 = 610$; $\nu_3 = 479$; $\nu_4 = 982$) [4], on est conduit à penser que la valeur attribuée à ν_2 est beaucoup trop élevée.

C'est pourquoi nous avons étudié le spectre de Raman du chlorite de sodium, d'une part en solution à 125 % dans l'eau, de l'autre sous forme d'un monocristal $ClO_2Na, 3H_2O$ obtenu par évaporation lente au-dessous de 20°C de la solution aqueuse saturée. Il convient d'éviter l'action photochimique des radiations violettes et ultraviolettes, sur le cristal comme sur la solution, en utilisant pour radiation excitatrice la raie 4358 Å du mercure filtrée par un écran de nitrobenzène à 6 % dans l'alcool. Il faut également maintenir la température du cristal irradié au-dessous de 22° C, car au-dessus il perd de l'eau de cristallisation.

Nous avons mesuré les fréquences suivantes, en cm^{-1} (F, raie forte; m, raie moyenne; f, raie faible) :

Solution : 396 ± 5 (m, polarisée), 797 ± 5(F, polarisée);
Cristal : 57 ± 3(F), 402 ± 3(F), 786 ± 2(TF), 844 ± 2(F), 1104 ± 3(f).

La présence de la fréquence 396 en solution empêche de penser qu'elle est due à une oscillation du réseau cristallin. Compte tenu de sa polarisation, nous l'attribuerons à la vibration symétrique de déformation ν_2. La raie polarisée 790, la plus forte du spectre, est vraisemblablement due à la vibration de valence symétrique ν_1. Reste pour la vibration de valence antisymétrique ν_3, la fréquence 844 observée seulement sur le cristal, et qu'on retrouve en infrarouge à 860 cm^{-1}.

Partant des valeurs précédentes de ν_1 et de ν_2, nous avons calculé la valeur de ν_3 à l'aide des formules établies [2] dans l'hypothèse où des forces de valence agissent dans la molécule supposée linéaire. On trouve $\nu_3 = 1090$ cm^{-1}, valeur qui ne correspond à aucune des raies fortes du spectre.

Mais les données cristallographiques [5] permettent de calculer à partir des distances Cl — O et O — O de l'ion ClO_2^- dans le chlorite d'ammonium, que l'ion n'est pas linéaire et que l'angle O — Cl — O a une valeur voisine de 110°. Cette valeur et celles de ν_1 et ν_2 permettent de calculer, dans l'hypothèse

---

[2] *Infrared and Raman Spectra*, New-York, 1945, p. 168.
[3] T. G. Kujumzelis, *Physik Zeits.*, 39, 1938, p. 665.
[4] S. T. Shen Y. T. Yao et Ta You Wu, *Phys. Review*, 51, 1937, p. 235.
[5] G. R. Levi et A. Scherillo, *Zeits. f. Krist.*, 76, 1931, p. 431.

des forces de valence appliquée à une molécule triangulaire symétrique (²), les valeurs des coefficients de rappel $k_1 = 4,35.10^5$ dynes/cm et $k\delta/l^2 = 0,53.10^5$ dynes/cm, ainsi que la valeur $\nu_3 = 860$ cm⁻¹, en bon accord avec l'expérience.

PHYSIQUE CRISTALLINE. — *Constantes diélectriques de monocristaux hydratés : $SO_4Be, 4H_2O$ et $MnCl_2, 4H_2O$.* Note (*) de M. **André Galy**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le but que nous nous sommes proposé est l'interprétation des larges bandes de l'eau que l'on trouve, vers 3 000 cm^{-1} dans le spectre Raman des cristaux hydratés.

Plusieurs hypothèses peuvent être faites à ce sujet.

On peut admettre (¹) qu'elles sont dues au passage d'une molécule d'eau d'une position d'équilibre à une autre, ou, ce qui dans certains cas revient au même, à un phénomène de résonance protonique.

On peut supposer également qu'elles sont dues à un couplage entre les vibrations de valence de l'eau et des fréquences de translation ou de pivotement dans le réseau cristallin.

Selon que l'on adopte l'une ou l'autre de ces hypothèses, le comportement de la constante diélectrique en fonction de la température ne doit pas être le même. D'où l'étude actuelle.

Le dispositif utilisé est un pont basse fréquence permettant de mesurer à 1 000 c/s une capacité de 10 μμF avec une précision du 1/20.

Résultats. — 1° Le sulfate de glucinium quadrihydraté appartiendrait au groupe infini $F\bar{4}2c$. Il serait constitué (²) par des tétraèdres de SO_4 et $Be(OH)_4$ reliés par de courtes liaisons hydrogènes (2,6 Å). Son spectre Raman (³) fournit une bande très large s'étendant vers les hautes fréquences, à partir de 3 000 cm^{-1}.

Ce cristal est stable jusqu'à 113 °C, température à laquelle il se déshydrate.

Le tenseur des constantes diélectriques est

	E_x	E_y	E_z
D_x	ε_1	0	0
D_y	0	ε_1	0
(axe quaternaire) D_z	0	0	ε_2

La figure 1 représente les variations de ε'_1 et ε'_2 en fonction de la température.

(*) Séance du 19 mai 1952.

(¹) Born, *Nature*, 158, 1946, p. 830.

(²) C. A. Beevers et H. Lipson, *Z. kristal*, 32, 1932, p. 297.

(³) R. Soulmagnon et Mme Couture-Mathieu, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 129.

Les parties rectilignes des courbes sont représentables par les équations :

$$\varepsilon'_1 = 0{,}0034\,T + 4{,}25, \qquad \varepsilon'_2 = 0{,}0015\,T + 4{,}15.$$

ε'' est faible, de l'ordre de 3.10^{-3} à la température ordinaire. Il augmente très légèrement avec la température, et prend une valeur appréciable au moment de la déshydratation.

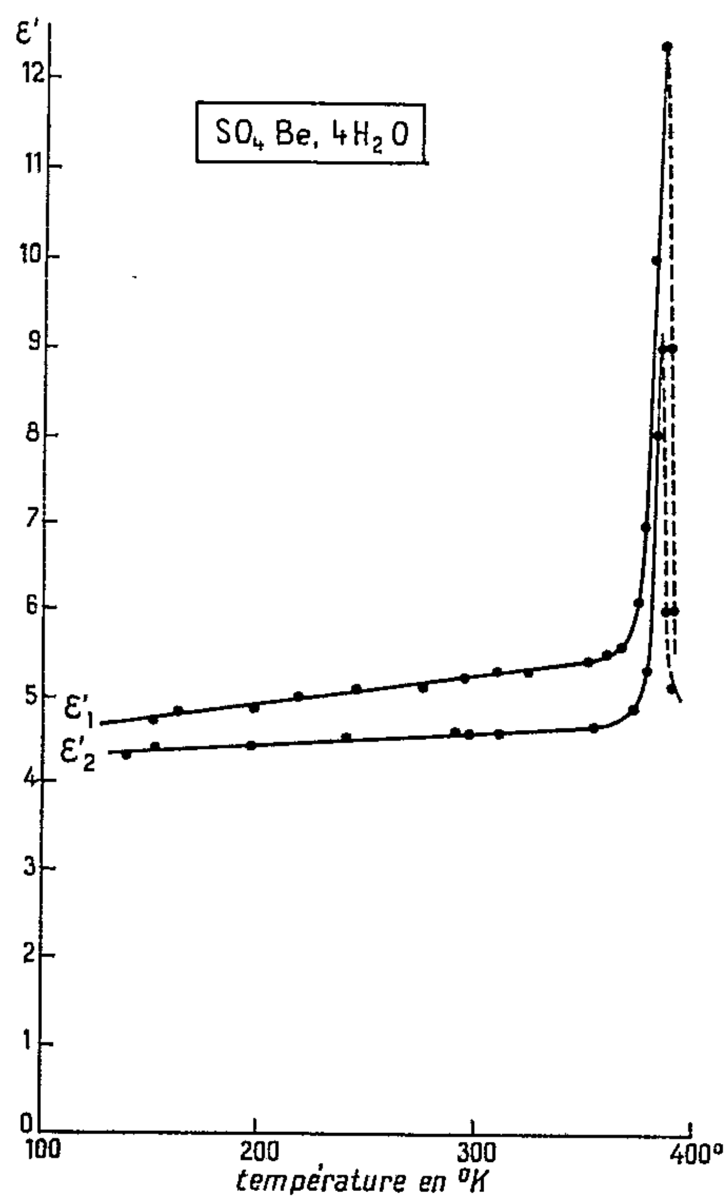


Fig. 1.

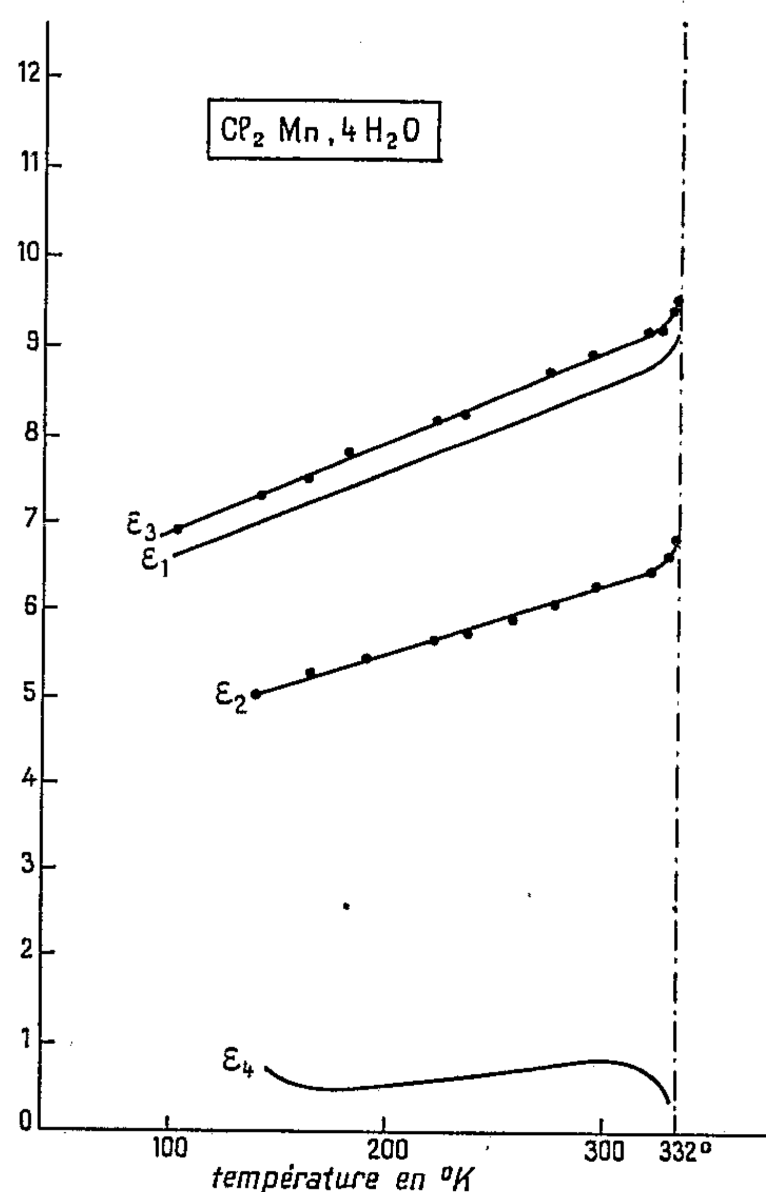


Fig. 2.

2° Le chlorure de manganèse quadri hydraté appartient au groupe infini $P\,2_1/m$. Sa structure est inconnue. Son spectre Raman, étudié à l'état monocristallin ([4]) fournit les raies suivantes : 3327, 3383, 3400-3410, 3446, 3497, 3510, ainsi qu'une large bande allant de 3200 à 3600 cm^{-1}.

Le tenseur des constantes diélectriques est

		E_x	E_y	E_z
	D_x	ε_1	0	ε_4
(axe binaire)	D_y	0	ε_2	0
	D_z	ε_4	0	ε_3

La figure 2 indique les variations de ε'_1, ε'_2, ε'_3, ε'_4 en fonction de la température. Les parties rectilignes des courbes $\varepsilon'_1(T)$, $\varepsilon'_2(T)$ et $\varepsilon'_3(T)$ sont repré-

([4]) A. Galy, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1181.

sentables par les équations :

$$\varepsilon'_1 = 0{,}0100\,T + 5{,}6, \qquad \varepsilon'_2 = 0{,}0078\,T + 3{,}95, \qquad \varepsilon'_3 = 0{,}0102\,T + 5{,}9.$$

ε'' est encore faible. Sa valeur est de l'ordre de 4.10^{-2} à la température ordinaire.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Détermination des probabilités de transition par capture* K *et émission de positons de* ^{65}Zn *aux compteurs Geiger-Müller.* Note (*) de M. **John Keene Major**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Des mesures absolues et en coïncidences de rayonnements β, X et γ de ^{65}Zn montrent que $44{,}8 \pm 2{,}1\,\%$ des captures K vont à l'état excité du ^{65}Cu de 1,1 meV, et que $2{,}5 \pm 0{,}1\,\%$ de toutes les désintégrations s'effectuent par émission de positons; l'absence de coïncidences βγ semble indiquer que tous les positons vont à l'état fondamental. Le rapport d'embranchement P_K/P_+ de $21{,}3 \pm 1{,}4$ est en accord avec des mesures à la chambre de Wilson, et en première approximation avec la valeur théorique pour une transition deux fois interdite ($\Delta J = 1$, $\Delta L = 2$).

L'étude du ^{65}Zn déjà effectuée à l'aide d'une chambre de Wilson à pression variable (1) a été poursuivie avec un montage de compteurs Geiger-Müller étalonnés; les compteurs β, dont la pente était moins de 0,02 % par volt le long d'un palier dépassant 400 V, possédaient une stabilité supérieure à 0,5 % pendant plusieurs jours, et les compteurs de rayons X avaient des caractéristiques un peu inférieures. Ces compteurs ont été montés sur un canaliseur, vidé à moins de 10^{-2} mm de mercure, afin de réduire au minimum l'absorption et la diffusion des rayons β et X entre la source et le compteur. Le rendement global des compteurs a été déterminé par trois méthodes indépendantes : 1° en calculant l'angle solide et estimant l'absorption totale entre la source et le volume sensible du compteur; 2° en se servant de sources étalons; et 3° en utilisant la technique des coïncidences. Les compteurs β ont été étalonnés avec ^{60}Co, ^{22}Na, ^{198}Au, ^{210}Bi (RaE) et ^{24}Na, les compteurs X avec ^{55}Fe et ^{65}Zn, et les compteurs γ avec ^{198}Au, ^{60}Co, ^{22}Na et ^{24}Na. L'emploi de préamplificateurs à temps mort a permis de vérifier l'absence d'impulsions parasites, mais le retard dans la transmission de l'impulsion vraie a exclu leur utilisation dans les mesures en coïncidences.

Les compteurs β, X et γ une fois étalonnés pour des mesures absolues, nous avons analysé les rayonnements du ^{65}Zn à l'aide également d'un champ magnétique, afin de supprimer la composante électronique, et d'écrans sélectifs de fer, afin d'absorber les rayons X du Cu. L'étude des coïncidences Xγ montre que $55{,}2 \pm 2{,}1\,\%$ des captures K vont à l'état fondamental, $44{,}8 \pm 2{,}1\,\%$ à l'état excité du ^{65}Cu de 1,1 MeV. Des mesures absolues

(*) Séance du 19 mai 1952.

(1) J. K. Major, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 947.

donnent $2,5 \pm 0,1$ % pour la fraction de toutes les désintégrations par émission de positons. Nous avons cherché les coïncidences $\beta\gamma$ déjà signalées ([2]), ([3]), mais n'avons observé que $-0,014 \pm 0,018$ coïncidences/m; si tous les positons vont au niveau de 1,1 MeV du ^{65}Cu, nous aurions trouvé $0,111 \pm 0,003$ coïncidences $\beta\gamma$ par minute. Les rayons γ de 1,1 MeV ne semblent donc pas être liés aux positons; si la transition β est simple, comme il le paraît ([4]), l'émission de positons à un état excité est exclue par l'énergie disponible pour la transition ([5]).

Ces résultats sont en accord avec d'autres expériences ([6]), ([7]), ([8]). Le rapport d'embranchement P_K/P_+, en écartant les captures aboutissant à l'état excité, est $21,3 \pm 1,4$, en accord avec la valeur de 25 ± 10 obtenue à la chambre de Wilson ([1]) et avec les valeurs pour P_K/P_+ calculées d'après d'autres expériences ([2]), ([6]), ([7]). Afin de comparer nos résultats avec la théorie, nous avons calculé P_K/P_+ pour des transitions permises et interdites ([9]), en utilisant la valeur de 0,325 MeV ([10]) pour l'énergie maximum des positons, au lieu de 0,355 MeV ([5]) employée dans la première étude ([1]). La valeur théorique de 30 pour une transition deux fois interdite, du type $\Delta J = 1$, $\Delta L = 2$, est en première approximation en accord avec nos résultats expérimentaux, tandis que d'autres transitions donnent pour P_K/P_+ des valeurs nettement supérieures. Afin d'identifier la transition avec plus de certitude, il faudrait confirmer ce schéma de désintégration, préciser la nature de l'embranchement par émission de positons, et connaître avec précision l'énergie de la transition.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Dilatomètre à enregistrement mécanique pour l'étude physicothermique des houilles.* Note de MM. **Eugène Joumier** et **Lucien Millereux**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Après les travaux de G. Charpy et J. Durand sur la fusion de la houille ([1]), la première application de la dilatométrie à l'analyse physicothermique des

---

([2]) Y. Watase, J. Itoh, et E. Takeda, *Proc. Phys. Math. Soc. Japan*, 22, 1940, p. 90-105, 784-785.

([3]) R. A. Cohn et J. D. Kurbatov, *Phys. Rev.*, 78, 1950, p. 318 (A).

([4]) K. C. Mann, D. Rankin et P. N. Daykin, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 1719-1720 (L).

([5]) W. Shoupp, B. Jennings et W. Jones, *Phys. Rev.*, 73, 1948, p. 421-423.

([6]) W. M. Good et W. C. Peacock, *Phys. Rev.*, 69, 1946, p. 6 (A).

([7]) L. R. Zumwalt, *Plutonium Project Record*. Mon-N-432, 1947, p. 54.

([8]) S. E. Furberg, *Nature*, 168, 1951, p. 1005.

([9]) R. Nataf et R. Bouchez, 13, 1952, à paraître.

([10]) W. C. Peacock, J. W. Jones et R. T. Overman, *Plutonium Project Record*, Mon-N-432, 1947, p. 56.

([1]) *Comptes rendus*, 171, 1920, p. 1358.

combustibles minéraux a été réalisée à la Station d'essais du Comité des Houillères, dirigée par Et. Audibert ([2]).

L'appareil utilisé, dépourvu d'amplificateur, était en réalité trop peu sensible pour caractériser les singularités de la dilatation thermique proprement dite; mais il mettait clairement en évidence deux phénomènes physicochimiques importants à connaître par la conduite de la carbonisation : la fusion commençante et le seuil de la distillation. C'est pourquoi l'essai Audibert-Delmas, codifié par Ch. Arnu ([3]), est devenu d'emploi courant dans les laboratoires des houillères et des cokeries.

De son côté, le laboratoire d'Imphy, invité par M. J. Pomey à faciliter l'étude de la contraction qui accompagne la cuisson des semi-cokes, a construit pour cet objet un dilatomètre dit à « sensibilité réglable » ([4]) : cet appareil à enregistrement photographique, utilisé selon la technique des cycles thermiques progressivement étendus vers les hautes températures, a fait découvrir que la dilatabilité du produit carbonisé, mesurée au voisinage de l'ambiante, est d'autant moindre que le cycle antérieur a été poussé à plus haute température.

Étant donné l'intérêt scientifique et pratique des résultats qui viennent d'être rappelés, nous nous sommes proposé d'améliorer l'outillage dilatométrique utilisable pour les charbons, afin d'en faciliter l'application aux travaux de recherches, d'expertises et de contrôle. Les efforts ont porté principalement sur trois points :

1° *Automatisme et commodité expérimentale.* — Chauffage au moyen d'un four à résistance capable de suivre un programme température-temps donné. Enregistrement à l'encre sur papier de la courbe dilatation-température.

2° *Application à des houilles très différentes. Conditions expérimentales variées et parfaitement reproductibles.* — Le cylindre-échantillon, obtenu comme dans les expériences Audibert et Delmas par compression de poudre humidifiée, peut être chauffé au contact de l'air ou dans un gaz approprié : azote, hydrogène, gaz d'éclairage, etc. L'expérimentateur a la faculté de lui donner pour longueur 5, 10 ou 15 mm, de lui imposer une force verticale choisie entre 100 et 600 g, de le chauffer à une allure comprise entre 0,5 et 4 degrés/m, d'adopter un des quatre coefficients : 2,5; 7; 16 et 60 pour le grandissement de l'amplificateur suivant l'axe des dilatations.

3° *Aptitude à des techniques variées.* — Essai Audibert-Arnu limité à 400° ou essai du même type poussé jusqu'à 1000° (*fig.* 1). Enregistrement de la contraction subie par le semi-coke au cours de cycles thermiques progres-

---

([2]) *Rev. Ind. minérale*, 1926, p. 115 et 1927, p. 1.

([3]) *Rev. Ind. minérale*, 1933, p. 155; Vol. du *III° Congrès du Chauffage industriel; Chaleur et Industrie*, 1933, p. 278.

([4]) *J. Phys. Rad.*, 7, 1926, p. 240.

sivement poussés (*fig.* 2), ou en condition isotherme (*fig.* 3). Tracé de la courbe dilatométrique avec une sensibilité suffisante pour accuser le départ de l'eau adsorbée ou pour mesurer la dilatabilité du semi-coke après chaque cycle de cuisson (*fig.* 2).

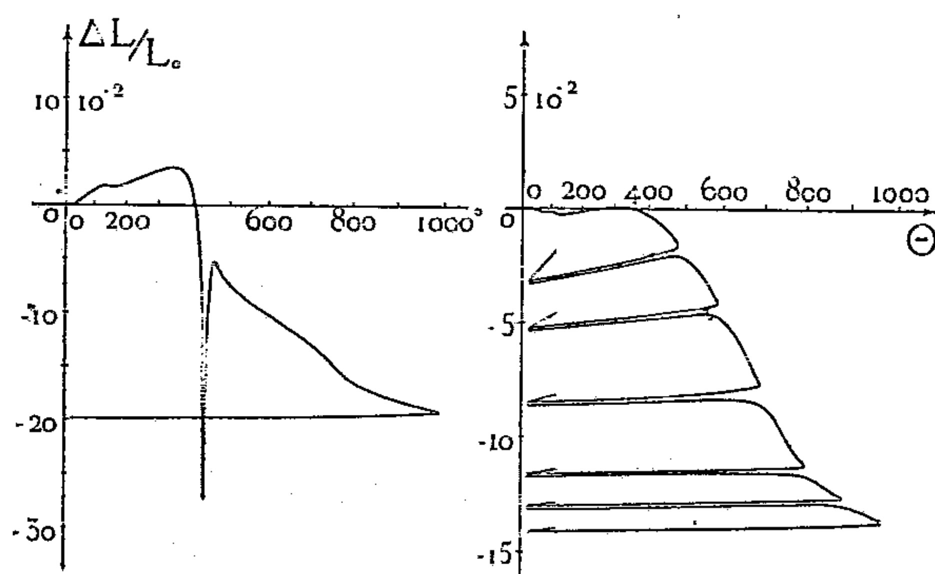


Fig. 1. Fig. 2.

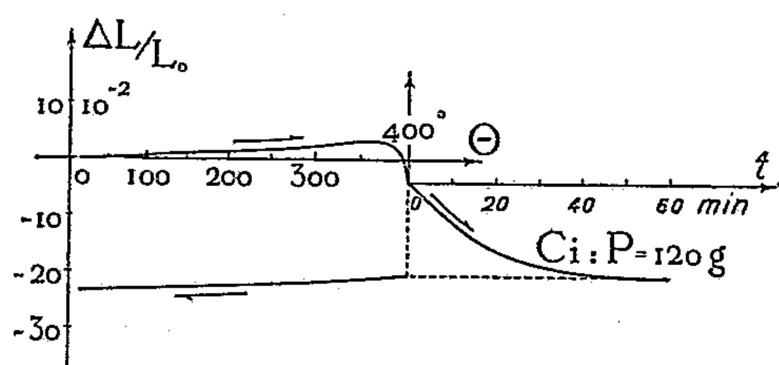


Fig. 3.

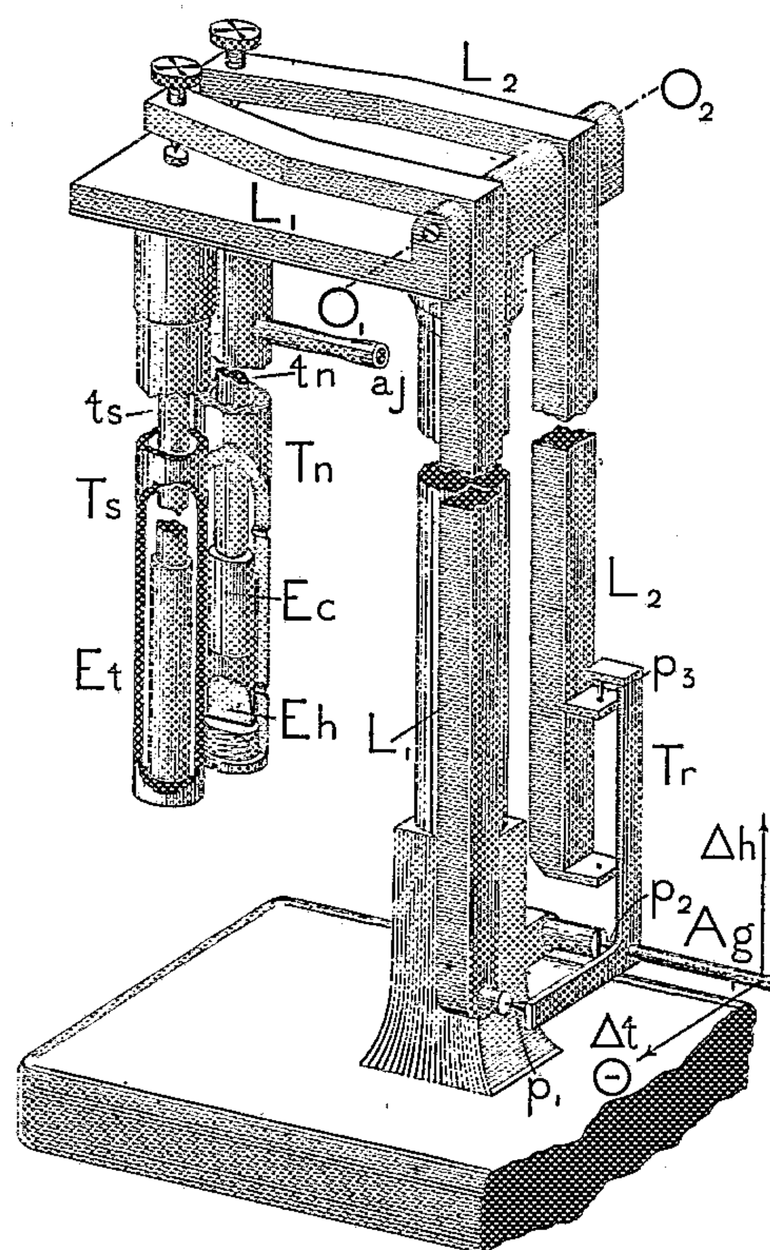


Fig. 4.

Le schéma de la figure 4 montre les organes essentiels et illustre le fonctionnement de l'appareil, dérivé des dilatomètres Chevenard à enregistrement graphique. La dilatation Δh du cylindre-échantillon, enfermé dans un étui au fond du tube T*n* et la dilatation Δt de l'étalon pyrométrique E*t*, transmises par les tiges *tn*, *ts* et les leviers coudés L_1, L_2, sont finalement amplifiées et composées en un diagramme par le trépied T*r*, dont l'aiguille A*g* est armée d'une plume. Il existe plusieurs trépieds et plusieurs crapaudines ménagées au bout du levier L_2, dont chacune est susceptible de recevoir la pointe p_3 de l'un ou l'autre trépied, choisi selon l'amplification désirée.

L'appareil est assez fidèle pour tracer des courbes Audibert-Arnu superposables avec des cylindres-échantillons formés d'une même poudre soigneusement conservée à l'abri de l'atmosphère. Il est assez sensible pour caractériser, par un effet appréciable sur le graphique, la faible oxydation de la houille pulvérulente déterminée par une exposition de 24 h seulement au contact de l'air, à température ordinaire.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Échange d'iode entre l'iodure de sodium et le paraiodonitrobenzène. Influence du solvant.* Note (*) de MM. SERGE MAY et BERNARD GIRAUDEL, présentée par M. Louis de Broglie.

On a pu montrer que le seul fait de changer de solvant dans une réaction d'échange pouvait modifier l'ordre de la réaction.

C'est ainsi que la réaction d'échange d'iode entre le radioiodure de sodium et le paraiodonitrobenzène est d'ordre 2 si l'on emploie l'acétonitrile comme solvant ([1]) et d'ordre 1 avec le 2-octanol.

Mode expérimental : Le radioiodure de sodium (Isotope 131 de période 8 jours) est fourni par la pile de Chatillon du C. E. A. Les réactions d'échange dans le 2-octanol et l'acétonitrile sont effectuées dans des autoclaves « Prolabo » de 13,5 cm^3 en acier inoxydable. Les concentrations des iodures minéraux et organiques sont déterminées par dosages gravimétriques.

Le mélange radioiodure de sodium-paraiodonitrobenzène est dissous dans le solvant et introduit dans les autoclaves. Ces derniers sont ensuite placés dans un bain thermostatique à huile pendant un temps déterminé. L'échange est stoppé par refroidissement rapide de l'autoclave sous un courant d'eau froide. La séparation de l'iodure minéral est réalisée en ajoutant au mélange une solution alcoolique de nitrate d'argent qui précipite l'iodure d'argent provenant de l'iodure de sodium. L'excès de nitrate d'argent est éliminé par précipitation de Ag_2O par de la potasse alcoolique. Le paraiodonitrobenzène restant en solution alcaline est réduit par de l'amalgame de sodium et finalement transformé en iodure d'argent. Les activités des iodures d'argent sont mesurées au compteur de Geiger-Muller et comparées à celle d'un étalon de radioiodure d'argent.

Résultats. — Nous avons calculé les constantes de vitesse de réaction décrivant un échange bimoléculaire simple ainsi que celles décrivant un échange monomoléculaire, dans les solvants utilisés (*voir* tableau).

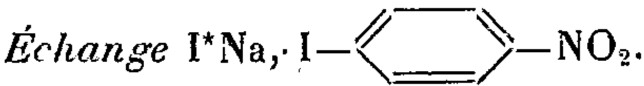
Conclusion. — Les valeurs des constantes de vitesse expérimentales obtenues pour l'échange I*Na, I—C_6H_4—NO_2 dans l'acétonitrile sont identiques à celles obtenues par Kristjanson et Winkler ([2]). Dans ces conditions, nous pouvons comparer parfaitement les ordres de réaction dans le 2-octanol et dans l'acétonitrile. Il apparaît que dans l'acétonitrile la réaction semble être sous la dépendance d'un processus de réaction bimoléculaire alors que dans le 2-octanol c'est le processus monomoléculaire qui semble prévaloir.

Il est donc dangereux de comparer des mécanismes de réactions d'échange qui ne sont pas réalisées dans le même solvant.

(*) Séance du 12 mai 1952.

([1]) A. M. KRISTJANSON et C. A. WINKLER, *Can. J. Chem.*, 29, 2, 1951, p. 154-161.

([2]) *Loc. cit.*

Échange I*Na, I——NO_2.

Solvant.	Temps de contact (h).	Concentration en m.mol/l de I*Na.	Concentration en m.mol/l de I-⟨⟩-NO_2.	Échange (%).	Constantes bimoléculaires 10^5 k ($l.mol^{-1}.s^{-1}$.)	Constantes monomoléculaires 10^5 k (s^{-1}.)	Constantes bimoléculaires changées d'unités 10^2 k ($l.mol^{-1}.h^{-1}$.)
			Température : 240°C.				
2-Octanol	0,5	10,13	18,1	61,1	1860	18,85	–
	1	10,13	18,1	73,1	1296	13,14	–
	1,25	10,13	18,1	81,5	1316	13,35	–
	1,5	10,13	18,7	90,5	1510	15,30	–
	1	10,13	18,1	73,1	1226	13,14	–
	1	25,32	18,1	54,2	499	12,65	–
	1	50,65	18,1	49	277,5	13,76	–
	1	97,35	18,1	65,6	101,3	9,85	–
	1	25,32	9,05	56,6	675	17,05	–
	1	25,32	13,56	56,4	549	13,9	–
	1	10,13	9,05	72	1925	19,5	–
			1° Nos résultats.				
Acétonitrile	0,5	24,64	20,75	3,93	47,8	1,18	
	1	24,64	20,75	7,5	47,8	1,18	
	1	24,64	10,375	5,80	48,3	1,19	Moyenne 158,3
	1	61,60	20,75	10,70	38,4	2,37	
	1	123,2	20,75	17,52	37,3	4,59	
			2° Résultats de Kristjanson et Winkler (¹) (Température : 238°C).				
	–	37	74	65	–	–	178 } Moyenne 153
	–	74	37	55	–	–	128

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur des expériences quantitatives d'électroosmose et la contribution qu'elles apportent à l'étude de l'hydratation des ions.* Note de Mlle **Suzanne Sernesse** et M. **Luc-Henry Collet**, présentée par M. Eugène Darmois.

Nous avons montré récemment (¹) que l'existence de la double couche d'Helmholtz n'est nullement imposée par l'expérience et que l'hydratation des ions, qui est un fait aujourd'hui dépourvu de tout caractère hypothétique, doit jouer un rôle prépondérant dans l'explication du phénomène. Les conditions d'une bonne étude expérimentale de l'électroosmose, développées par ailleurs, exigent que *la membrane ne participe pas à l'électrolyse*.

(¹) L.-H. Collet, *D. E. S.*, Paris, 1950 ou *Public. Scient. Minist. Air*, NT 34.

L'appareil utilisé est symétrique par rapport aux électrodes. La membrane est en verre fritté « Pyrex » et ses pores ont un diamètre compris entre 5 et 15 μ. Chacun des compartiments est surmonté d'un tube vertical dans lequel affleure la solution, les dénivellations étant lues au cathétomètre au 2/100 de millimètre. Les électrodes, placées loin de la membrane, sont en argent imprégné de chlorure par électrolyses successives de solutions chlorhydriques et évitent bien la formation de dégagements gazeux et de voiles colloïdaux pour les solutions étudiées. Les expériences sont faites à courant constant (de 0,1 à 50 mA), la tension n'excédant pas 100 V pour les solutions les plus diluées. Enfin de grandes précautions ont été prises tant dans la fabrication des solutions que dans le lavage de l'appareil.

On s'est borné à l'étude des solutions aqueuses d'acide chlorhydrique et des chlorures, bromures et iodures de sodium et de potassium, pour des concentrations allant de 10^{-1} M à 10^{-4} M. Les valeurs des dénivellations d'équilibre H sont données en millimètres dans le tableau I, pour un courant ramené à 5 mA. Chaque résultat est le fruit de 200 double visées; une méthode graphique redonnant la moyenne arithmétique a permis une évaluation plus juste de l'erreur.

Tableau I.

	10^{-1} M.	10^{-2} M.	10^{-3} M.	10^{-4} M.
ClH.......	0,005 ± 0,001	0,14 ± 0,01	2,35 ± 0,06	28,4 ± 1,3
ClNa......	0,030 ± 0,010	0,99 ± 0,15	12,3 ± 1,9	(133 ± 20)
ClK.......	0,014 ± 0,003	0,50 ± 0,04	9,99 ± 0,7	97,4 ± 3
BrNa......	0,041 ± 0,014	1,16 ± 0,12	14,4 ± 0,7	172 ± 18
BrK.......	0,018 ± 0,003	0,58 ± 0,05	12,0 ± 0,4	131 ± 7
INa.......	0,037 ± 0,006	1,21 ± 0,16	11,3 ± 0,7	229 ± 21
IK........	0,030 ± 0,010	1,11 ± 0,15	8,37 ± 0,5	178 ± 30

Dans l'Ouvrage ci-dessus mentionné, nous avons développé une théorie élémentaire de l'osmose électrique dans la conception exclusive de l'hydratation des ions. En désignant par $U_{\pm}$ les mobilités et par $n_{\pm}$ les nombres d'hydratation de chaque ion, on obtient, pour une même valeur du courant, l'expression de la dénivellation d'équilibre H : $H = K(U_{+}n_{+} - U_{-}n_{-})/(U_{+} + U_{-})$, K étant sensiblement constant.

Les quantités $\Delta = U_{+}n_{+} - U_{-}n_{-}$ sont ainsi obtenues à partir des valeurs expérimentales de H, pourvu que l'on connaisse K. Celui-ci peut être calculé à partir des grandeurs qui y figurent, mais on le déterminera avec plus de précision, dans les conditions mêmes de l'expérience, par une étude du reflux hydrodynamique de la solution à travers la membrane. Le calcul, déjà exposé, conduit à $K = (6 \pm 2).10^{-5}$ C. G. S. (cm). Les valeurs des 2Δ, exprimées en centimètres-seconde par volt-centimètre sont données dans le tableau II.

TABLEAU II.

	10^{-1} M.	10^{-2} M.	10^{-3} M.	10^{-4} M.		10^{-1} M.	10^{-2} M.	10^{-3} M.	10^{-4} M.
ClH...	0,062	1,83	30,8	367	BrNa..	0,157	4,45	55,2	659
ClNa..	0,113	3,73	46,3	501	BrK...	0,082	2,65	58,1	598
ClK...	0,063	2,25	44,9	436	INa...	0,141	4,60	42,9	870
					IK....	0,136	5,03	38,1	807

On peut admettre que dans une solution très étendue le nombre d'hydratation d'un ion est indépendant de l'électrolyte dans lequel il est engagé. Si donc on fait des expériences avec quatre électrolytes comprenant quatre ions seulement, on obtient quatre équations qui, n'étant pas indépendantes, ne donnent pas les $n_{\pm}$ en valeur absolue, mais les différences entre les $U_{\pm}n_{\pm}$, et cela en double à chaque fois. L'ensemble des résultats est consigné dans le tableau III.

TABLEAU III.

Différence des $2U_{\pm}n_{\pm}$.	Ion associé.	Concentration. 10^{-4} M.	10^{-3} M.	10^{-2} M.	10^{-1} M.
I—Br	Na	211	—12,3	0,15	0,016
	K	209	—20	2,38	0,054
Br—Cl	Na	158	9,0	0,72	0,044
	K	161	13,2	0,40	0,019
K—Na	Cl	65	1,4	1,48	0,050
	Br	61	— 2,9	1,80	0,075
	I	63	4,8	—0,43	0,005

La concordance devient remarquable pour 10^{-4} M. Il s'agit là d'une vérification essentielle de la théorie, car elle a trait à la structure même du terme Δ. Dans la théorie d'Helmholtz ce résultat obligerait à considérer le potentiel de la double couche comme formé, pour une même membrane, par la somme de deux termes caractéristiques, l'un de l'anion, l'autre du cation et ceci n'aurait aucune signification physique précise.

ÉLECTROCHIMIE. — *Pile réversible dont l'électrolyte est un cristal déposé en lame mince par évaporation.* Note de M. **ABDELHAK SATOR**, présentée par M. Eugène Darmois.

L'électrolyte est un cristal de chlorure de plomb déposé en lame d'une épaisseur voisine du micron. Le pôle positif est une électrode d'argent recouverte de chlorure d'argent, le pôle négatif est de plomb.

Quelques auteurs [1] signalent une conductibilité ionique à partir

[1] TUBANDT et EGGER, *Z. anorg. Chem.*, **110**, 1920, p. 196; HEVESY et SEITH, *Z. Physik*, **59**, 1929, p. 790.

de 200° pour le chlorure de plomb à l'état cristallin. Seuls les ions Cl^- transporteraient le courant. Si cette conductibilité ionique existe déjà à la température ordinaire, il est possible de la mettre en évidence et de l'utiliser avec la pile

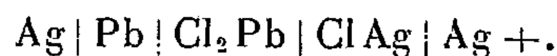

$$- Pb \mid Cl_2Pb \mid ClAg \mid +.$$

La résistivité de Cl_2Pb est très grande; mais en diminuant la distance entre les électrodes, on diminue la résistance intérieure de la pile et l'on augmente en outre le champ électrique appliqué.

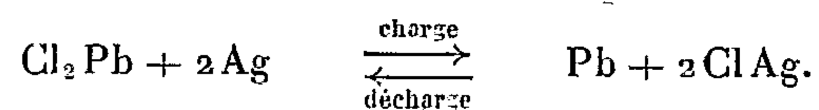
J'ai réalisé une première série de piles par évaporation de chlorure de plomb dans le vide sur une plaque d'argent préalablement recouverte de chlorure d'argent par attaque chimique au chlore. Une plaque de plomb recouvre ensuite la lame de chlorure de plomb dont l'épaisseur est de l'ordre de 10^{-4} cm. Les piles ainsi constituées sont disposées dans une enceinte desséchée; leur f. é. m. est voisine de 0,44 V; elles permettent des débits prolongés de quelques microampères.

Mais dans ces expériences préliminaires, les lames de Cl_2Pb avaient été exposées à l'air. Il apparaissait possible d'attribuer un rôle dans le fonctionnement de ces piles à l'humidité absorbée par les chlorures.

Une méthode d'étude des conductibilités récemment mise au point en collaboration avec M. Perrot [2] a permis, en se plaçant à l'abri de l'humidité, de mettre en évidence la conductibilité ionique du chlorure de plomb à la température ordinaire. J'ai alors repris l'étude initiale en opérant entièrement sous vide et étudié la pile réversible


$$Ag \mid Pb \mid Cl_2Pb \mid ClAg \mid Ag +.$$

Son fonctionnement peut être représenté par la formule de réaction


$$Cl_2Pb + 2Ag \underset{\text{décharge}}{\overset{\text{charge}}{\rightleftarrows}} Pb + 2ClAg.$$

Technique expérimentale. — Une première lame d'argent est formée par évaporation sur un support de verre. Sur cette lame, on évapore une couche de Cl_2Pb puis une seconde lame d'argent. Les deux lames séparées par la lame de Cl_2Pb sont reliées extérieurement à un montage électrique. La pile, à partir du moment où la lame de chlorure de plomb est constituée, demeure sous un vide de 10^{-5} mm de mercure. Elle est étudiée sur place.

Charge. — Après vieillissement des lames déposées, la pile est soumise à une charge prolongée d'intensité constante (0,5 μA). Au cours de cette charge du plomb recouvre la cathode d'argent et du chlore se fixe sur l'anode d'argent. La pile est alors constituée. Sa f. é. m. mesurée à la

---

([2]) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1883.

fin de la charge est 0,523 V; elle diminue rapidement en circuit ouvert pendant la première heure et se stabilise à 0,460 V (température 22°).

Si l'on applique la formule de Gibbs-Helmholtz en utilisant le coefficient de température que j'ai mesuré entre les températures de 21 et 26°, on calcule ([3]) une f. é. m. de 0,444 V qui n'est pas éloignée de la valeur mesurée 0,460 V.

Décharge. — La pile débite sur 0,5 MΩ. La d. d. p. aux bornes baisse assez rapidement à la première décharge. Mais après plusieurs charges et décharges successives, la capacité de l'élément augmente. Une septième décharge donne une d. d. p. de 0,44 V qui diminue lentement et est encore de 0,41 V au bout de 1 h 30 m.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *De l'influence de l'addition de certains sels minéraux sur la précipitation des phosphates de calcium.* Note (*) de MM. **Louis Andrès, Jean Iragne** et **Yves Berquin**, présentée par M. Louis Hackspill.

Grâce à l'addition de petites quantités de certains sels minéraux, on peut atteindre le pH 9,5 lors de la précipitation des phosphates de calcium sans diminution de la solubilité du précipité dans le citrate d'ammonium, ce qui présente un intérêt considérable pour toutes les fabrications industrielles d'engrais phosphatés.

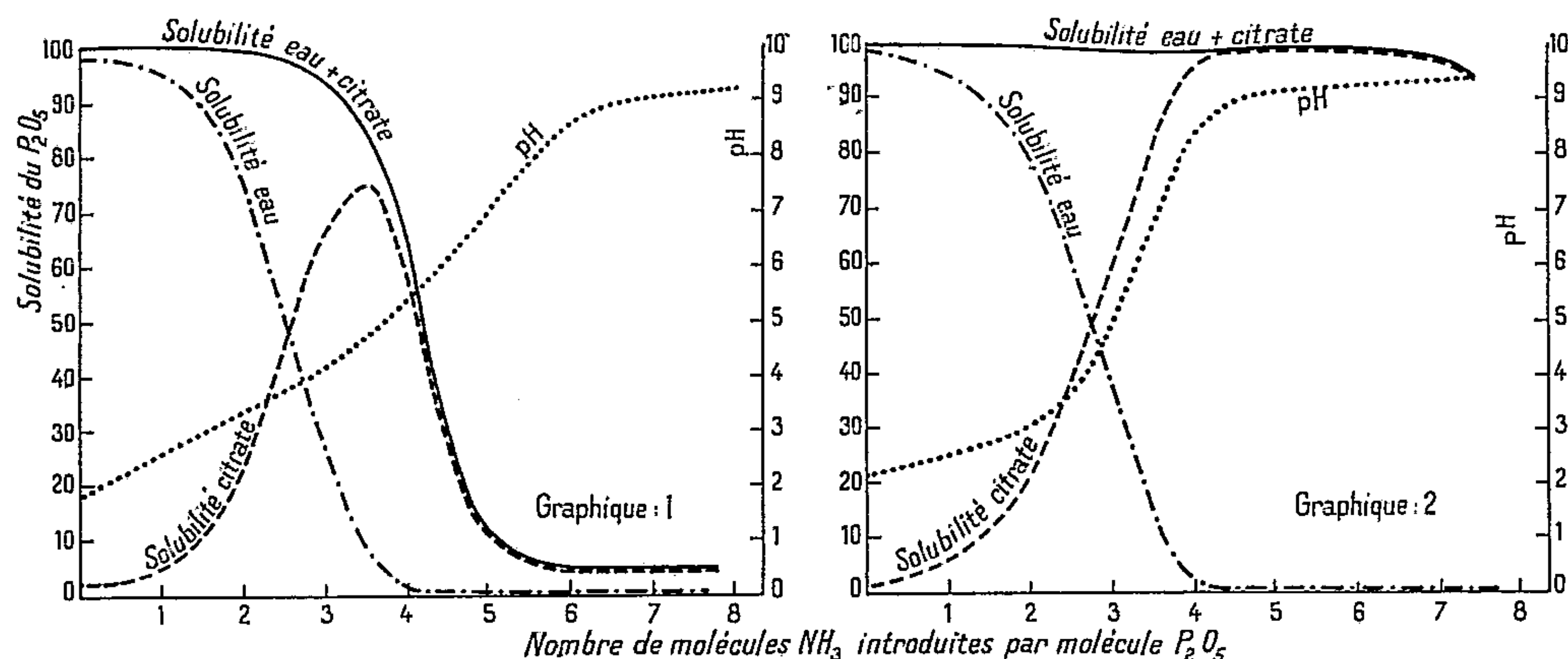
Lorsqu'on ajoute des quantités croissantes d'ammoniac à la solution phosphorique obtenue par attaque d'un phosphate de calcium naturel par l'acide nitrique, on précipite des phosphates de calcium insolubles dans l'eau. Les premières fractions précipitées sont cependant solubles dans les solutions de citrate d'ammonium et elles correspondent au phosphate bicalcique. Si l'on poursuit l'addition d'ammoniac, la solubilité du précipité dans les solutions de citrate d'ammonium, qui était d'abord totale, décroît jusqu'à devenir nulle ou presque nulle. Le graphique 1 illustre ce phénomène. Il montre, en particulier, que la solubilité du précipité dans les solutions de citrate d'ammonium demeure pratiquement totale tant que le pH de la phase liquide reste inférieur à 3,4, qu'elle décroît ensuite très rapidement pour devenir pratiquement nulle à partir du pH 8.

L'intérêt du test de solubilité dans les solutions de citrate d'ammonium vient de son choix comme critérium d'assimilabilité de l'acide phosphorique par les plantes. Or, il ressort du graphique précédent qu'il n'est pas possible d'obtenir, par addition d'ammoniac au produit de l'attaque d'un phosphate naturel par l'acide nitrique, un phosphate de calcium parfai-

([3]) Chaleur de la réaction, $102,5.10^3$ J $\left(\frac{dE}{dt} = -3.10^{-4}\ \text{V/degré}\right)$.

(*) Séance du 19 mai 1952.

tement soluble dans les solutions de citrate d'ammonium au delà du pH 3,4. En fait, dans les conditions industrielles, il faut arrêter l'addition d'ammoniac en deçà du pH 3,4 et la réaction de la masse est alors franchement acide, ce qui n'est pas sans inconvénient pour le mélange, la manutention et le stockage des engrais.



Les déterminations analytiques ont été effectuées d'après la méthode officielle française d'analyse des engrais (Arrêté du 6 août 1934). Les solubilités de l'acide phosphorique dans l'eau et dans le citrate d'ammonium sont exprimées en pour-cent et rapportées à l'acide phosphorique mis en œuvre.

Les auteurs de la présente Note ont étudié l'influence de divers facteurs sur l'évolution de la solubilité des phosphates de calcium précipités et ils ont constaté que l'addition de certains sels minéraux modifie profondément l'allure du phénomène.

L'addition, à la liqueur d'attaque nitrique du phosphate naturel, de sulfate de magnésium, par exemple, fournit les résultats qu'illustre le graphique 2. Le phosphate de calcium qui précipite est totalement soluble dans les solutions de citrate d'ammonium et il le demeure jusqu'à des pH très élevés, de l'ordre de 9,5. La réaction est alors franchement alcaline. Tout l'acide phosphorique que contenait la phase liquide est précipité une fois atteint le pH 7 environ.

Les recherches poursuivies dans le but d'expliquer ce très curieux phénomène ne sont pas encore achevées, mais il a pu être établi que d'autres sels minéraux que le sulfate de magnésium, notamment des sels d'aluminium et de manganèse, exercent une influence analogue.

La quantité de sulfate de magnésium cristallisé (SO_4Mg, 7 H_2O) utilisée dans les expériences dont le graphique 2 illustre les résultats, représente le dixième, en poids, du phosphate naturel mis en œuvre. Des doses moindres ne fournissent qu'un résultat incomplet et l'on passe graduellement des courbes du graphique 1 à celles du graphique 2 par des additions croissantes de sulfate de magnésium.

Il a été établi également que l'effet obtenu est imputable aux ions magnésium (ou à quelques autres ions métalliques), mais que la présence des ions sulfuriques renforce cet effet.

Les faits qui viennent d'être exposés présentent, pour l'industrie des engrais, un intérêt considérable.

Lors de l'attaque des phosphates naturels par l'acide nitrique, qui est pratiquée industriellement sur une très large échelle, il se forme du nitrate de calcium, que l'addition ultérieure d'ammoniac ne convertit qu'en partie en nitrate d'ammonium. Le nitrate de calcium est un sel hygroscopique qui ne saurait demeurer dans l'engrais complexe sans nuire à sa tenue. En fait, on l'élimine par cristallisation et essorage ou on le convertit au sein même de la masse en sulfate de calcium par addition d'acide sulfurique ou de sulfates solubles. Ce sont ces derniers procédés qui, malgré la pénurie d'acide sulfurique, sont les meilleurs car ils évitent de lier la fabrication d'un engrais phosphaté, très demandé, à celle du nitrate de calcium d'un placement moins facile.

L'addition des sels minéraux précités permettant d'atteindre des pH élevés sans qu'il se forme de phosphates de calcium insolubles dans le citrate d'ammonium, il devient possible de convertir le nitrate de calcium restant en carbonate de calcium et nitrate d'ammonium en injectant du gaz carbonique dans la masse, ce qui évite l'emploi d'acide sulfurique.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur une expression analytique de la relation barrière de potentiel-valence libre.* Note (*) de M. **Pierre Yvan**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dès 1949, O. Chalvet et R. Daudel (1) ont signalé l'existence d'un parallélisme entre les chaleurs d'activation de diverses réactions et l'indice de valence libre de l'atome attaqué dans le cadre de la méthode des états de spin. Divers auteurs (2) ont repris cette question d'une manière purement empirique en comparant les valeurs des valences libres et des barrières de potentiel calculées pour un certain nombre de molécules.

Nous avons pensé qu'il serait intéressant de reconsidérer cette question d'un point de vue purement analytique. A cet effet nous sommes parti des expressions sous forme d'intégrales de l'indice de charges q_r, du bond number N_r,

---

(*) Séance du 26 mai 1952.

(1) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 54.

(2) R. Daudel, C. Sandorfy, C. Vroelant, P. Yvan et O. Chalvet, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 17, 1950, p. 66; M. Roux, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 17, 1950, p. 861; C. Sandorfy, C. Vroelant, P. Yvan, O. Chalvet et R. Daudel, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 17, 1950, p. 304; H. Burkitt, C. A. Coulson et H. C. Longuet-Higgins, *Trans. Farad. Soc.*, 47, 1951, p. 553.

relatifs au sommet r d'une molécule conjuguée alternante, ainsi que de l'expression E de l'énergie électronique π de son état fondamental ([3]).

$$q_r = 1 - \frac{1}{\pi i}\oint \frac{\Delta_{r,r}(z)}{\Delta(z)}\,dz,$$

$$N_r = -\frac{1}{\pi i}\oint \frac{\sum_s (-1)^{r+s}\Delta_{r,s}(z)}{\Delta(z)}\,dz,$$

$$E = \frac{1}{\pi i}\oint\left[z\frac{\Delta'(z)}{\Delta(z)} - n\right]dz;$$

où $\Delta(z)$ représente le déterminant séculaire relatif à la molécule considérée, $\Delta_{r,s}(z)$ le déterminant obtenu en supprimant dans $\Delta(z)$ la $r^{\text{ième}}$ ligne et la $s^{\text{ième}}$ colonne, z la variable complexe et n le nombre d'atomes conjugués de cette molécule. Le chemin d'intégration est constitué par la portion d'axe des y comprise entre $-a$ et $+a$ et par le demi-cercle centré à l'origine, de rayon a, situé à gauche de l'axe des y.

Si l'on appelle E_r l'énergie électronique π du complexe intermédiaire relatif à l'attaque du sommet r de la molécule par un *radical libre*,

$$E_r = \frac{1}{\pi i}\oint\left[z\frac{\Delta'_{r,r}(z)}{\Delta_{r,r}(z)} - (n-1)\right]dz,$$

la barrière de potentiel U_r (au sens de Wheland) ([4]) relative à cette réaction

$$U_r = E - E_r$$

s'écrit (en supposant tous les β_{rs} égaux à une même valeur β si les atomes r et s sont directement liés, et nuls dans le cas contraire)

$$U_r = \beta N_r + (q_r - 1)\alpha_r + \frac{1}{\pi i}\oint z\left[\frac{\Delta'}{\Delta} - \frac{\Delta'_{r,r}}{\Delta_{r,r}} + \frac{\Delta_{r,r}}{\Delta}\right]dz. \tag{1}$$

Cette expression peut se mettre sous diverses formes, et, en particulier :

$$U_r = \beta N_r + (q_r - 1)\alpha_r + \frac{1}{\pi i}\oint \frac{z\,\Delta_{r,r}}{\Delta}\left[\frac{d}{dz}\left(\frac{\Delta}{\Delta_{r,r}}\right) + 1\right]dz \tag{2}$$

ou encore,

$$U_r = \beta N_r + (q_r - 1)\alpha_r + \frac{1}{\pi i}\oint z\left[\frac{d}{dz}\left(\mathrm{Log}\frac{\Delta}{\Delta_{r,r}}\right) + \frac{\Delta_{r,r}}{\Delta}\right]dz. \tag{3}$$

Ainsi, la barrière de potentiel est non seulement fonction du bond number N_r (et, par suite, de la valence libre $F_r = \text{const.} - N_r$) relatif au sommet attaqué, mais aussi de la charge de ce sommet.

([3]) C. A. Coulson, *Proc. Roy. Soc.*, A, **191**, 1947, p. 39.

([4]) *J. Amer. Chem. Soc.*, **64**, 1942, p. 900.

Dans le cas des hydrocarbures conjugués (pour lesquels $q_r = 1$), la relation (1) se réduit à

$$(4) \qquad U_r = \beta N_r + \frac{1}{\pi i} \oint z \left[\frac{\Delta'}{\Delta} - \frac{\Delta'_{r,r}}{\Delta_{r,r}} + \frac{\Delta_{r,r}}{\Delta} \right] dz.$$

Ceci explique les difficultés rencontrées par C. Sándorfy, C. Vroelant, P. Yvan, O. Chalvet et R. Daudel ([2]) lorsqu'ils ont essayé d'étendre au cas des molécules substituées ou hétéro-atomiques les résultats obtenus empiriquement pour les hydrocarbures. En effet, pour ces molécules, l'intervention supplémentaire de la charge ne permet pas d'espérer une représentation à deux dimensions.

L'intégrale

$$I_r = \frac{1}{\pi i} \oint z \left(\frac{\Delta'}{\Delta} - \frac{\Delta'_{r,r}}{\Delta_{r,r}} + \frac{\Delta_{r,r}}{\Delta} \right) dz,$$

qui représente l'énergie de réarrangement électronique le long du squelette de la molécule reste comprise entre zéro et βN_r. Pour les chaînes linéaires, I_r varie d'une manière monotone en tendant asymptotiquement vers une valeur limite (correspondant à une chaîne à nombre n infini d'atomes) suivant deux courbes correspondant respectivement aux molécules (n pair) et aux radicaux libres (n impair).

Ces résultats peuvent être étendus au cas des réactions ioniques relativement aux molécules réelles (n pair), mais ne sont pas valables pour les réactions ioniques relativement aux radicaux libres, et en aucun cas pour les molécules non alternantes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation mixte cétolique anormale*. Note (*) de MM. **Jacques-Émile Dubois**, **Robert Luft** et **Fritz Weck**, présentée par M. Marcel Delépine.

La méthylisobutylcétone se condense avec l'éthanal par son carbone méthylique et constitue ainsi le premier cas de cétolisation anormale dans la série des méthylcétones, qui sont généralement cétolisées par leur carbone α le plus substitué.

L'un de nous a montré ([1]) que l'orientation des réactions de cétolisation mixte ne se fait pas au hasard dans tous les cas où le catalyseur est une base qui provoque la condensation d'un aldéhyde avec une cétone.

La théorie généralement admise de la condensation de l'aldéhyde sur un carbanion dérivé de la molécule de cétone ne permet pas encore de prévoir quel sera le carbanion privilégié ([2]), ([3]). Cependant tous les cas décrits dans

(*) Séance du 26 mai 1952.

(1) *Thèse*, Dubois, Grenoble, 1947, p. 5.

(2) *Thèse*, Dubois, Grenoble, 1947, p. 21, 2*a*; *ibid*, p. 16.

(3) Elliot R. Alexander, *Principles of ionic reaction*, p. 128.

la littérature chimique obéissent à une règle simple de cétolisation mixte (2a) qui vient ainsi renforcer cette théorie.

Cette régle de cétolisation mixte n'est encore déduite qu'à partir d'un nombre limité de cas simples et l'on peut prévoir ses limites d'application; il est vraisemblable qu'elle ne s'applique plus lorsque l'empêchement stérique atteint une certaine valeur, soit lorsque la molécule de cétone est par trop substituée, soit, au contraire, lorsque la ramification de l'aldéhyde s'éloigne du groupement carbonyle. Alors la condensation s'effectue par l'intermédiaire du carbone α le *moins substitué* de la cétone.

Ces cas particuliers font actuellement l'objet d'une étude générale.

Comme premier exemple de condensations anormales d'un aldéhyde à chaîne droite sur une cétone ramifiée, nous décrivons ici la condensation de la méthylisobutylcétone avec l'éthanal, opération dont nous donnons les détails essentiels :

A. *Technique de condensation.* — L'éthanal est introduit en phase gazeuse dans la méthylisobutylcétone contenant comme catalyseur de la potasse méthylalcoolique (0,36 g/100 g cétone), la température est maintenue constante à 15° C.

B. *Distillation et identification.* — Après neutralisation on obtient par distillation deux fractions difficiles à séparer : I. $É_9$ 76-77° C; II. $É_9$ 85-87°.

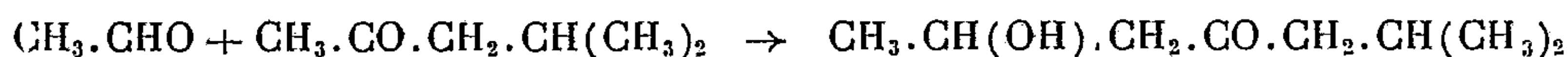
La fraction II qui est la plus importante a été identifiée après rectification comme étant la méthyl-6 heptanolone-2-4 : $É_9$ 85-87° C; n_D^{25} 1,4305; d_4^{25} 0,913; R_M calculée 40,67; trouvée 40,78.

Une cétone éthylénique est obtenue par déshydratation, la méthyl-6 heptène-2 one-4 : $É_{740}$ 168-170° C; $É_9$ 65° C; n_D^{25} 1,4370; d_4^{25} 0,842; R_M calculée 38,69; trouvée 39,21; sa dinitro-2-4-phénylhydrazone fond à 101-101,5°C.

Par hydrogénation catalytique sur le nickel Raney on obtient la méthyl-6 heptanone dont la semicarbazone fond à 119-120° C.

Ces constantes mettent en évidence l'identité du cétol obtenu avec celui décrit par d'autres auteurs (4) au cours d'un travail sur l'hydrogénation de l'isopropyl-1-acétylacétone.

La réaction de cétolisation étudiée ici s'écrit donc :



$$CH_3.CHO + CH_3.CO.CH_2.CH(CH_3)_2 \rightarrow CH_3.CH(OH).CH_2.CO.CH_2.CH(CH_3)_2$$

En milieu acide, au contraire, la réaction s'effectue surtout par le carbone méthylénique.

Nous discuterons ultérieurement ce cas en le rapprochant de celui où la cétone choisie est la méthylisopropylcétone et où la condensation s'effectue en sens inverse.

(4) Stutsman et Adkins, *J. Am. Chem. Soc.*, 61, 1939, p. 3303-3306.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du nickel de Raney sur l'alcool éthylique, à pression et température élevées.* Note de MM. **Marcel Paty** et **Jean Deschamps**, transmise par M. Marcel Delépine.

Pour les besoins d'autres recherches actuellement en cours, nous avons été amenés à étudier l'action du nickel de Raney sur l'alcool éthylique, à l'autoclave, dans des conditions de température et de pression relativement élevées.

Nous avons ainsi obtenu des résultats nettement plus complexes que ceux signalés antérieurement par des auteurs qui avaient étudié l'action de ce même catalyseur sur les alcools, à la pression ordinaire et à des températures relativement basses (1).

Nous avons opéré chaque fois sur 500 cm^3 d'alcool éthylique absolu, additionnés de 5 g de catalyseur, chauffés à l'autoclave à des températures allant de 225 à 280°, les pressions maxima correspondantes allant de 100 à 240 kg/cm^2. La durée de chauffe a varié de 3 à 5 h.

Après refroidissement, nous avons obtenu des mélanges gazeux et des mélanges liquides.

1. *Produits gazeux.* — La pression résiduelle a varié de 20 à 60 kg/cm^2, suivant la température maximum qui avait été atteinte; la constitution des mélanges obtenus est la suivante :

CO_2 : 10 à 15 %.

Hydrocarbures éthyléniques : néant.

Oxygène : 1 %.

CO : toujours moins de 4 %.

Hydrogène : 1 à 2 %.

Carbures saturés : toujours plus de 80 % (pratiquement CH_4 pur).

L'hydrogène provenant de la déshydrogénation de l'alcool a donc été presque totalement réemployé, et il y a relativement peu d'oxyde de carbone.

2. *Produits liquides.* — La séparation par distillation fractionnée en est extrêmement difficile, écueil rencontré par d'autres auteurs dans l'étude de l'action de l'hydrogène sous forte pression sur l'acétaldéhyde en présence de chromite de zinc (2).

Malgré plusieurs tours de distillation, et des fractionnements nombreux et très serrés, nous ne sommes pas encore parvenus à séparer tous les constituants des mélanges obtenus.

Jusqu'ici, à côté d'une forte quantité d'éthanol inemployé ou régénéré par

(1) R. Paul, *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1938, p. 1592; *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1329; *Bull. Soc. Chim.*, 7, 1641, p. 507; Palfray et Sabetay, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 109; Halasz, *Ann. de Chimie*, 13-14, 1940, p. 318.

(2) Adkins, Folkers et Kinsey, *J. Am. Chem. Soc.*, 53, 1931, p. 2714.

hydrogénation de l'éthanal, nous avons pu mettre en évidence la présence des composés suivants :

1° *Acétaldéhyde* : É 20-24°, identifié par n_D^{16} 1,320; 2.4-dinitrophénylhydrazone, F 163-164°.

2° *Acétal diéthylique* : contenu dans une fraction passant à 76-77°; n_D^{20} 1,3679. Il a été identifié de la façon suivante :

Par chauffage avec quelques gouttes d'acide chlorhydrique, dégagement d'éthanal. En milieu chlorhydrique, il donne la même 2.4-dinitro-phénylhydrazone que l'éthanal, F 163-164°.

L'azéotrope alcool-acétate, préparé à partir d'acétal pur du commerce, présente les caractéristiques É 77°; n_D^{20} 1,3675.

3° *Butanol normal* : É 115-117°, identifié par n_D^{20} 1,3996; phényluréthane, F 57-60°; phtalate acide, F 73-73°,5.

Outre ces trois corps nettement caractérisés, nous avons obtenu des fractions renfermant vraisemblablement des composés aldéhydiques et cétoniques, que nous n'avons pas encore pu identifier de façon certaine; et un résidu coloré en jaune, à odeur aromatique qui abandonne un précipité vert de sels de nickel, non encore complètement étudiés.

En résumé, l'action du nickel de Raney sur l'éthanol, dans les conditions où nous avons opéré, conduit à des produits gazeux, résultant d'un cracking, à des composés à groupement carbonyle (parmi lesquels l'éthanal, produit normal de déshydrogénation), à de l'acétal diéthylique, et à des composés acides.

La présence de *n*-butanol peut s'expliquer par aldolisation et crotonisation [réactions déjà signalées par R. Paul (3) pour le propanal], puis par l'hydrogénation de la double liaison et du CO de l'aldéhyde crotonique ainsi formé.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la décomposition thermique de l'acide mellique.* Note de M. **Marcel Chaigneau**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'action de la chaleur sur l'acide mellique ou certains mellates métalliques a permis à Erdmann (1) de préparer l'acide pyromellique.

Nous avons repris l'étude de la décomposition thermique de cet acide en opérant selon une technique déjà décrite par M. Lebeau (2), technique qui permet d'isoler les gaz dégagés et de recueillir aisément les produits susceptibles de se sublimer.

L'acide mellique utilisé avait deux origines différentes. L'un était extrait

(3) *Loc. cit.*

(1) *J. prakt. Chem.*, 52, 1851, p. 432.

(2) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 319.

d'un échantillon de mellate d'aluminium naturel provenant de Toula (Russie); l'autre était préparé par synthèse à partir de l'hexaméthylbenzène ([3]).

Quelques expériences préliminaires ont montré que l'acide mellique ne subit d'abord qu'une déshydratation. L'eau ainsi libérée a été dosée par absorption sur de l'anhydride phosphorique contenu dans un tube préalablement taré. Jusqu'à 207°, il ne se produit aucun dégagement gazeux, le vide se maintenant parfaitement dans l'appareil. La perte d'eau est alors de 13,2 à 13,3 %.

Mais dans ces conditions, il est impossible de préciser la température à laquelle commence la déshydratation. Nous avons donc remplacé l'anhydride phosphorique par le sodium. En élevant la température très lentement, à la vitesse de 20° par heure, le dégagement de l'hydrogène, résultant de la décomposition de l'eau par le sodium, se manifeste à partir de 154-156°. La température est maintenue à 170° pendant 15 h. Les gaz ne sont extraits qu'après un délai de 24 h de façon à assurer la réaction totale de l'eau sur le sodium.

L'analyse montre qu'on est en présence d'hydrogène pur et le volume de ce gaz, exactement mesuré, permet de calculer la déshydratation. Celle-ci correspond à 12,90-12,95 % de la prise d'essai. D'autre part, le résidu contenu dans la nacelle accuse, à ce stade, une perte de poids de 13,08 %; ce qui est en accord avec les résultats précédents.

On peut expliquer cette première phase en admettant la formation simultanée d'une part, de trianhydride mellique par perte de trois molécules d'eau (15,79 % calculé); et d'autre part, de dianhydride mellique par perte de deux molécules d'eau (10,53 % calculé). Ces deux phénomènes étant équimoléculaires, la perte d'eau calculée est de 13,16 %, correspondant ainsi aux valeurs que nous avons trouvées expérimentalement.

En continuant l'action de la chaleur sur ce mélange d'anhydrides, on n'observe, de 170 à 207°, aucune variation de poids. A partir de 207°, il se dégage de l'anhydride carbonique pur en quantité correspondant au sixième de la totalité des groupements carboxyles de l'acide mellique.

A 210°, un sublimé se dépose à la sortie du four. Ce sublimé dont la quantité ne s'accroît plus après 6 h de chauffage à 215-220°, sous 0,10 mm de mercure, est formé de petits cristaux incolores qui possèdent la composition suivante :

Pour le trianhydride mellique, trouvé %, C 49,87; H 0,16; calculée %, C 50,02; H 0.

Ce trianhydride traité par l'eau régénère de l'acide mellique.

La nacelle contient une poudre cristalline non volatile à cette température et que l'analyse a permis d'identifier avec l'anhydride pyromellique :

Trouvé %, C 54,46; H 0,97; Calculé %, C 55,05; H 0,92.

C'est seulement à partir de 264° que ce dernier corps se volatilise à son tour et de façon totale. Il cristallise sur les parois sous forme de petites aiguilles

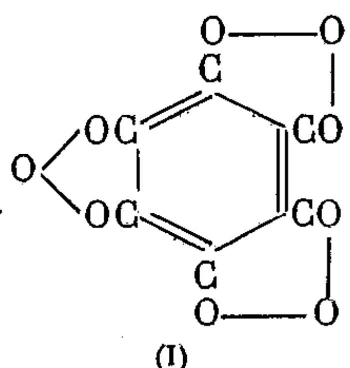
([3]) M. Chaigneau, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 692.

microscopiques incolores. Le traitement de cet anhydride par l'eau bouillante donne à l'état pur de l'acide benzènetétracarboxylique-1.2.4.5 ou acide pyromellique F 276°.

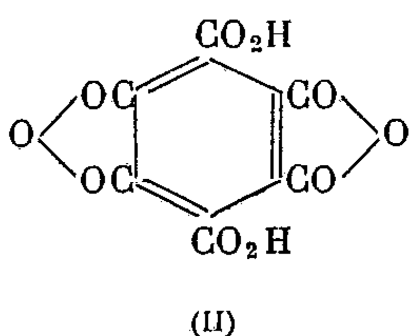
En résumé, la décomposition thermique de l'acide mellique s'effectue en deux phases distinctes :

1° Une perte de 5 mol d'eau pour 6 mol d'acide avec formation d'un mélange de trianhydride (I) et de dianhydride (II) à la température de 154°.

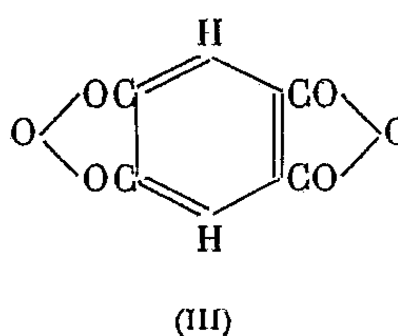
2° Une décarboxylation du dianhydride, à 207°, donnant naissance à l'anhydride pyromellique (III).



(I)



(II)



(III)

Ce travail apporte une confirmation de l'identité de l'acide préparé synthétiquement avec l'acide mellique extrait du mellate d'aluminium naturel et précise la nature des produits de la pyrogénation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation de triesters monoéthyléniques de la triéthanolamine*. Note de M. **Pierre Sigwalt**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Résumé. — Préparation des esters de la triéthanolamine et des acides acrylique, méthacrylique, crotonique et vinylacétique.

Les seuls esters de triéthanolamine connus jusqu'à présent étaient le tribenzoate (¹) et le triacétate (²) ainsi que les composés macromoléculaires formés par polycondensation avec divers polyacides (³).

Triacrylate de triéthanolamine

$$N(CH_2-CH_2-O-CO-CH_2=CH)_3 \quad [C_{15}H_{21}O_6N].$$

L'estérification directe par l'acide acrylique est irréalisable sans qu'il y ait polymérisation. L'alcoolyse de l'acrylate de méthyle par la triéthanolamine a également échoué.

Des résultats satisfaisants ont été obtenus en employant le chlorure d'acryle



(¹) Knorr, *Ber.*, 30, 1897, p. 918.
(²) Jones et Burns, *J. Amer. chem. Soc.*, 47, 1925, p. 2969.
(³) P. Brasseur et G. Champetier, *Bull. Soc. Chim.*, 16, 1949, p. 793.

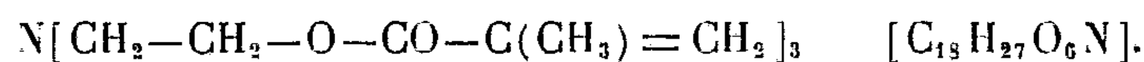
car, avec la triéthanolamine, l'acide chlorhydrique libéré se fixe, non pas sur la double liaison ([4]), mais sur la fonction amine pour former le chlorhydrate, qui ne réagit plus avec un excès de chlorure d'acryle. La préparation a été effectuée en trois étapes : Une solution de 1/10 de molécule de triéthanolamine dans 50 cm³ de chloroforme, refroidie pour éviter la polymérisation, est traitée par 1/10 de molécule de chlorure d'acryle. Le chlorhydrate du monoacrylate de triéthanolamine : $ClH, N(CH_2CH_2OH)_2(CH_2{-}CH_2O{-}CO{-}CH{=}CH_2)$ se forme immédiatement avec un fort dégagement de chaleur. L'acide chlorhydrique est déplacé par une solution aqueuse concentrée de soude. La solution chloroformique est décantée, séchée et traitée à nouveau par 1/10 de molécule de chlorure, ce qui donne le chlorhydrate du diacrylate. On opère ensuite de la même façon sur celui-ci, pour aboutir finalement, après déplacement de l'acide chlorhydrique, au triacrylate de triéthanolamine.

La distillation du triester, effectuée sous pression réduite d'azote, est assez délicate en raison des risques de polymérisation. L'inhibiteur ayant donné les meilleurs résultats est la phényl-β-naphtylamine. On obtient un liquide incolore qui jaunit à l'air : E_1 170°, $E_{0,1}$ 123°.

Analyse.

	Indice de saponification (I. S.).	Indice d'acide (I. A.).	Indice d'ester (I. E.).	C.	H.	N.
Théorie $C_{15}H_{21}O_6N$	540	0	540	57,9	6,75	4,50
Trouvé	545	3	542	57	6,85	4,40

Triméthacrylate de triéthanolamine



$N[CH_2{-}CH_2{-}O{-}CO{-}C(CH_3){=}CH_2]_3 \quad [C_{18}H_{27}O_6N]$.

— Alors que la réaction du chlorure d'acryle sur la triéthanolamine est violente et rapide, le chlorure de méthacryle réagit plus lentement. Il faut laisser les réactifs en contact une douzaine d'heures, en solution chloroformique, pour chacun des trois stades de la préparation, conduite comme précédemment.

D'autre part, le déplacement de l'acide chlorhydrique des chlorhydrates par la soude doit être effectué avec précaution et en refroidissant fortement, car la polymérisation des méthacrylates se produit beaucoup plus facilement que celle des acrylates. La polymérisation au cours de la neutralisation peut être évitée si l'acide chlorhydrique est déplacé, non par une solution aqueuse de soude, mais par un courant d'ammoniac sec, barbotant dans la suspension de chlorhydrate dans le chloroforme.

La tendance à la polymérisation du triméthacrylate de triéthanolamine rend

([4]) CH. MOUREU, *Ann. Chim.*, [7], 2, 1894, p. 169.

sa distillation encore plus difficile que celle de l'acrylate. Le rendement de la distillation (en présence de pyrogallol ou de phényl-β-naphtylamine) est assez faible. Le liquide obtenu est incolore, mais rougit lentement à l'air par suite de l'oxydation des petites quantités d'inhibiteur entraîné, E_1 175°, $E_{0,1}$ 130°.

Analyse.

	I. S.	I. A.	I. E.	C.	H.	N.
Théorie $C_{18}H_{27}O_6N$	475	0	475	61,20	7,64	3,96
Trouvé.....................	504	11	493	61,10	7,63	3,67

Tricrotonate et trivinylacétate de triéthanolamine. — Ces esters ne se polymérisent pas dans les conditions de la préparation qui est conduite comme pour le triacrylate. La réaction des chlorures d'acide sur la triéthanolamine est instantanée.

Le chlorure de l'acide vinylacétique a été préparé en faisant réagir le chlorure de thionyle sur l'acide durant 1 h au bain-marie. Rendement : 50 à 60 %, E_{760} 99°. Les esters sont des liquides incolores, jaunissant à l'air comme tous les esters de triéthanolamine (formation d'oxydes d'amine).

Tricrotonate : $N(CH_2-CH_2-O-CO-CH=CH-CH_3)_3$ $[C_{18}H_{27}O_6N]$. E_1 207°, $E_{0,13}$ 155°.

Trivinylacétate : $N(CH_2-CH_2-O-CO-CH_2-CH=CH_2)_3$ $[C_{18}H_{27}O_6N]$. E_1 190°, $E_{0,02}$ 131°.

	I. S.	I. A.	I. E.	C.	H.	N.
Théorie $C_{18}H_{27}O_6N$............	474	0	475	61,2	7,64	3,96
Trouvé : tricrotonate...........	487	4	483	60,22	7,52	3,88
Trouvé : trivinylacétate.........	486	2	484	60,36	7,69	4,00

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les α-alkylfurannes.* Note (*) de MM. **Marcel Fétizon** et **Pierre Baranger**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Préparation de quelques α-alkylfurannes par réduction de cétones obtenues à partir du furfural et de l'acétylfuranne par la réaction aux esters glycidiques de Darzens.

Les α-alkylfurannes sont généralement obtenus : *a.* par réduction des acylfurannes [1], [2]; *b.* par décarboxylation d'acides 5-alkylfuroïques [3]; *c.* par action d'un excès de magnésien sur le chlorométhyl ou le bromométhylfuranne [4], ou même l'alcool furfurylique [5]; *d.* par déshydratation d'un

(*) Séance du 5 mai 1952.

(1) Wolff, *Ann.*, 394, 1912, p. 86.

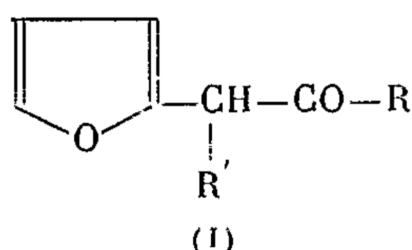
(2) Kishner et Bieloff, *J. Soc. phys.-chim. russe*, 43, 1911, p. 577.

(3) Gilman et Calloway, *J. Am. Chem. Soc.*, 55, 1933, p. 4201.

(4) et (5) Paul, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1481 et *loc. cit.*

furylcarbinol, et hydrogénation du produit brut ([6]). Les rendements sont souvent modestes.

Nous avons obtenu certains α-alkylfurannes avec de bons rendements, par réduction de furfuryl-alkylcétones (I) par la méthode de Huang-Minlon ([7]).



Les cétones I sont elles-mêmes obtenues selon Darzens ([8]) à partir du furfural ou de l'acétylfuranne, et d'un ester α-halogéné.

Les cétones dérivées du furfural sont relativement stables, mais il est indispensable de les distiller en atmosphère d'azote. Les cétones dérivées de l'acétylfuranne ($R=CH_3$; $R'=CH_3$ ou C_2H_5) sont beaucoup moins stables et se colorent rapidement.

La méthode est pratiquement limitée à l'emploi des esters α-halopropionique et butyrique : les esters homologues donnent des rendements faibles en cétone, d'ailleurs difficile à purifier.

La réduction dans le diéthylèneglycol par l'hydrazine en présence de potasse donne de biens meilleurs rendements avec les cétones dérivées du furfural qu'avec celles dérivées de l'acétylfuranne.

Partie expérimentale. — 1. *Préparation d'une cétone.* — I-(α-furyl)-butanone-2. On condense à — 10° 96 g de furfural bien anhydre avec 200 g d'α-bromobutyrate d'éthyle par 80 g de méthylate de sodium sec, ajouté par petites portions. On laisse la température remonter lentement, et on abandonne sous azote à la température ambiante pendant 15-16 h. Sans isoler l'ester glycidique formé, on saponifie par 90 g de potasse dans 300 cm³ de méthanol. Après 4 h d'agitation, à 15-20°, sous azote, on verse dans 1 l d'eau, on ajoute 300 cm³ d'éther, puis de l'acide phosphorique goutte à goutte, en agitant, jusqu'à réaction franchement acide. Dans ces conditions, l'acide glycidique se décarboxyle, et la cétone est extraite par l'éther dès sa formation, ce qui évite la polymérisation. On lave la couche éthérée, on sèche et on rectifie sous courant d'azote. Les constantes physiques, ainsi que celles des cétones préparées de la même manière sont indiquées dans le tableau I.

2. *Réduction en furanne α-n-propylfuranne.* — On chauffe doucement dans un Claisen 70 cm³ de diéthylèneglycol, 10 g de potasse, 25 cm³ d'hydrazine à 85 %, et 13 g de furylpropanone. On recueille la fraction qui passe entre

([6]) V. I. Kutznetsov, *J. Chim. générale U. R. S. S.*, 16, 1946, p. 187.

([7]) Huang-Minlon, *J. Am. Chem. Soc.*, 68, 1946, p. 2487.

([8]) *Comptes rendus*, 142, 1906, p. 215.

80 et 120°, on décante la couche aqueuse, et on rectifie. On obtient après une seule rectification 10,5 g de 2-*n*-propylfuranne (95 %) $É_{760}$ 115°. Les furannes suivants (tableau II) ont été préparés de la même façon.

TABLEAU I (Cétones).

R.	C'.	Rendement (%).	E (°C).	n_D.	Semi-carbazones.
CH_3	H	72	E_{23} 82	$n_D^{13,2}$ 1,4741	174-175 (8°)
C_2H_5	H	70	E_{27} 98-100	n_D^{18} 1,4719	120-121
CH_3	CH_3	79	E_{18} 102	n_D^{15} 1,473	166-167
CH_3	CH_3	74	E_{40} 120-122	n_D^{17} 1,472	146,5

TABLEAU II (Furannes).

R.	R'.	Rendement (%).	E (°C).	n_D.	Dér. chloromercuriel (°C).
CH_3	H	95	E_{760} 115	n_D^{17} 1,4409	F 100
C_2H_5	H	65	E_{760} 139	n_D^{15} 1,4457	F 81
CH_3	CH_3	32	E_{754} 137	n_D^{14} 1,4440	F 88-89
C_2H_5	CH_3	22	E_{760} 159-160	n_D^{15} 1,4452	F 87

GÉOLOGIE. — *Sur l'interprétation géologique de la granulométrie des sédiments argileux et argilo-vaseux.* Note de MM. **André Rivière**, **Jean Pimenta**, Mmes **Christiane Razavet**, née **Duboul**, **Ruth Fridman** et Mlle **Solange Vernhet**, transmise par M. Pierre Pruvost.

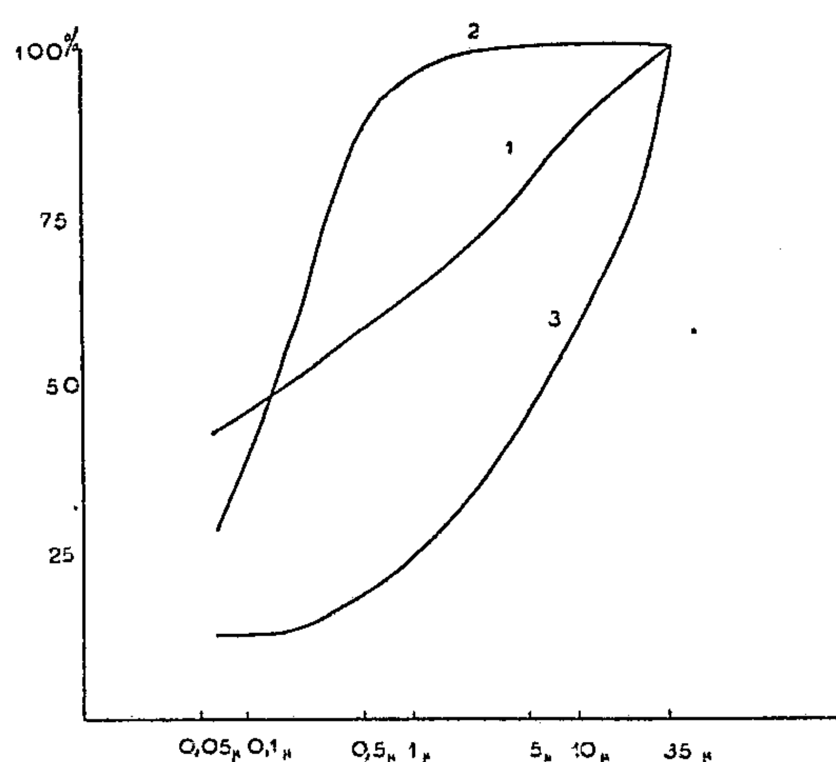
L'étude des courbes cumulatives semi-logarithmiques conduit à distinguer trois types granulométriques correspondant respectivement : 1° aux dépôts par excès de charge; 2° aux dépôts par décantation (sédiments kaoliniques surtout); 3° dépôts de lévigation (lagunes et étangs littoraux incomplètement fermés).

Au cours de précédentes recherches [1], deux types granulométriques avaient été considérés. L'un d'eux est caractérisé en coordonnées semi-logarithmiques par une courbe cumulative voisine d'une droite sur une partie importante de son étendue (*fig.* 1, courbe 1). On démontre facilement que ce mode de répartition tient au fait que la masse des particules comprises dans un intervalle de dimensions données (choisi suffisamment petit) est inversement proportionnelle à ces dimensions, autrement dit qu'une particule a d'autant plus de chance d'avoir été éliminée qu'elle est plus grosse, ce qui caractérise une évolution par transport du sédiment étudié. Le fait qu'il se soit déposé tel, sans entraînement différentiel, ne semble guère pouvoir s'expliquer autrement que par un dépôt brutal, tel qu'il

---

[1] *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1858.

s'en produit par diminution de la « compétence » du milieu transporteur (cas de certaines vases marines et estuariennes). L'autre type de répartition granulométrique (*fig.* 1, courbe 2), était au contraire caractérisé, dans le même système de coordonnées par des courbes fortement convexes vers le haut; l'absence d'éléments grossiers et la faible proportion relative des éléments ultra-fins par rapport, non seulement à la phase argileuse proprement dite, mais aussi par rapport à l'ensemble des particules inférieures à 35 μ ne peut guère s'interpréter qu'en admettant une sédimentation par décantation (impliquant d'ailleurs une bonne défloculation).



1, vase du banc Charret (coureau d'Oléron); 2, argile de Bondeleau (fire-clay); 3, vase de la partie centrale de l'étang de Galabert (delta du Rhône). Les courbes représentent les granulométries des fractions inférieures à 35 μ.

De fait, ce type granulométrique ne se rencontre guère dans toute sa pureté, que pour les argiles kaoliniques, plus facilement maintenues à l'état dispersé par de faibles traces de colloïdes organiques protecteurs. Il est assez fréquent d'observer dans un même bassin une évolution verticale ou horizontale du premier type vers le second, avec cette conséquence inattendue que l'appauvrissement en éléments grossiers va souvent de pair avec l'appauvrissement en ultra-fins (cas fréquent dans les grands gisements d'argiles céramiques). Par contre, l'étude de différents échantillons récoltés dans la lagune de Tunis (Pimenta) et dans différents étangs de la Camargue (Duboul-Razavet) a montré qu'on peut observer le contraire et que certains ensembles sédimentaires sont caractérisés par le fait que la proportion des éléments ultra-fins par rapport à l'ensemble de la fraction inférieure à 35 μ diminue lorsque la proportion relative de la phase grossière est plus grande. Dans le domaine des échantillons étudiés jusqu'ici, ces faits semblent souvent liés à une forme plutôt concave vers le haut des courbes granulométriques (*fig* 1, courbe 3), tout au moins pour la partie du

diagramme correspondant aux particules inférieures à 35 μ, mais ce caractère n'est peut-être pas d'une généralité absolue. Ces résultats nous paraissent pouvoir s'interpréter de la manière suivante : les ensembles sédimentaires présentant ces caractères correspondent à des nappes d'eau de faibles profondeurs, dans lesquelles les sédiments des fonds sont périodiquement remis en suspension par les vagues de tempêtes. Ce sont naturellement les fins et les ultra-fins qui restent en suspension le plus longtemps et ont le plus de chances d'être entraînés par les mouvements des eaux d'origine quelconque (vents ou marées), d'où un appauvrissement en ces catégories de particules, appauvrissement d'autant plus accentué que ces actions ont été plus prolongées, entraînant par la même occasion une augmentation de la proportion relative des éléments grossiers. Ceci nous amène à distinguer un troisième type granulométrique, plus facile à mettre en évidence sur un ensemble sédimentaire que sur un échantillon isolé et qui paraît caractériser les sédiments soumis après leur dépôt à une *lévigation* prolongée. La reconnaissance de dépôts appartenant à ce type dans une série argilo-sableuse indiquera sans doute des périodes de sédimentation lente ou même de remaniement ou d'érosion des fonds.

Nous terminerons par les remarques suivantes :

1° Les courbes représentatives de certains *sédiments de lévigation* ne sont pas sans présenter quelques analogies de formes avec celles que donneraient des sédiments peu évolués et il y a en quelque sorte une régression vis-à-vis de l'évolution de *transport* qui tend à une granulométrie logarithmique. Au contraire, les sédiments de décantation peuvent être considérés comme le terme ultime de cette évolution.

2° Les propriétés particulières des ensembles sédimentaires de lévigation n'apparaissent pas quand on prend comme référence la seule phase « argileuse » (particules inférieures à 2 μ). Ce fait paraît tenir à ce que les actions de *lévigation* ne sont que des phénomènes de dispersion mécanique ne mettant pas en question l'état floculé des sédiments et n'assurant pas par suite la dislocation totale des agrégats.

OCÉANOGRAPHIE. — *Mesure de la salinité des eaux de mer.* Note (*) de M. **Antoine A. Guntz** et Mlle **Janine Kocher**, transmise par M. Jules Rouch.

Les auteurs déterminent directement par pesée la salinité de l'eau de mer évaporée en présence de fluorure de sodium.

L'extrait sec d'une eau séléniteuse ou magnésienne ne peut être déterminé

(*) Séance du 19 mai 1952.

directement d'une façon précise; l'étuvage à une température fixée : 105°, 120°, 150° et 180° de sels hygroscopiques, hydrolysables ou décomposables ne peut donner qu'un résultat conventionnel.

La salinité d'une eau n'est déterminée d'une façon approchée que par la sommation d'analyses partielles portant sur les composants dont certains sont négligés sans être toujours négligeables.

Cet extrait calculé et l'extrait réel peuvent sensiblement différer et pour le contrôle de l'analyse il est précieux d'en connaître l'écart.

L'un de nous a présenté une méthode simple pour obtenir par pesée directe l'extrait sec d'une eau (1).

Le principe en est le suivant : transformer les sels décomposables, responsables des écarts, en sels stables soit anhydres, soit déshydratables sans décomposition.

On ajoute à l'eau une petite quantité de fluorure de sodium : par double décomposition, sans perte de poids total, se forment des fluorures alcalino-terreux insolubles et anhydres. Les sels alcalins formés ou préexistants se laissent d'autre part déshydrater sans décomposition.

Cette méthode n'introduit donc aucune complication; appliquée avec succès aux eaux douces, il était naturel de chercher à l'étendre aux eaux de mer.

La salinité est en effet une caractéristique fondamentale de l'eau de mer; sa détermination par sommation de ses nombreux composants est une opération analytique longue, rarement tentée; aussi est-elle habituellement obtenue par voie indirecte : mesures de l'indice de réfraction, de la densité, du titre en halogènes.

Des tables de correspondance, soigneusement établies, pour une eau de mer normale, permettent de l'évaluer.

Si l'eau de mer est anormale, perturbée par des apports étrangers, le calcul par voie indirecte de la salinité n'est plus qu'approché.

Une détermination par simple pesée après évaporation pourrait ainsi, même si sa précision ne dépasse pas le millième, avoir la valeur d'une méthode de contrôle.

On opère sur une masse de 5 à 10 g d'eau de mer exactement pesée dans la capsule à extrait, couverte, en présence de 100 à 150 mg de fluorure de sodium sec.

Il n'est pas nécessaire de peser exactement le fluorure de sodium. Il suffit de tarer la capsule avec cette petite quantité de fluorure de sodium qui, stable, a pu être séché dans la capsule, même au rouge sombre.

La suite de l'opération se conduit selon l'habitude, la différence de deux pesées, sans transvasement, donne l'extrait.

Le résidu 200 à 400 mg a un poids suffisant; il n'y a pas intérêt apparent à l'augmenter par une prise d'essai plus forte.

---

(1) *Chimie et Industrie*, 67, n° 2 *bis*, 1952, p. 174.

L'expérience nous a montré que la présence du chlorure de sodium, constituant principal, entraînait quelques difficultés pour l'obtention d'un poids constant.

Il semble qu'il faille chauffer au-dessus de 160° pour une déshydratation complète et il est bien connu que le sel marin décrépite violemment. Pour réduire cette cause éventuelle de perte, même dans une capsule couverte, nous additionnons d'alcool à 95° l'eau concentrée au moment où apparaissent les premiers cristaux. Cette addition provoque une précipitation de cristaux fins et réduit la tendance à la formation de croûtes; nous avons encore jugé utile d'écraser à la spatule, après un premier séchage, le résidu imbibé d'alcool.

Nous avons procédé à cette mise au point sur de l'eau de mer prélevée dans la baie d'Alger. Nous avons pu ensuite contrôler la méthode sur de l'eau de mer, étalonnée à Monaco, et dont trois échantillons nous ont été remis par M. le Capitaine de vaisseau J. Rouch, directeur du Musée océanographique.

Le tableau ci-joint donne les résultats de la méthode directe et ceux que nous avons obtenus par les méthodes indirectes classiques :

Eau de mer (Monaco)		I.	II.	III.
Données de l'Institut Océanographique	chlorures	21,07	21,19	21,315
	salinité	38,06	38,28	38,50
Par gravimétrie—chlorures		21,06	21,197	21,333
Densité à 20° par rapport eau à 4°		1,0271	1,0273	1,0274
Indice réfractométrique Zeiss à 20°		33,0	33,1	33,2
Salinité calculée	par les chlorures	38,05	38,29	38,53
	par les densités	38,04	38,30	38,44
	par les indices	38,06	38,25	38,45
Extrait	à 160°	38,41	38,67	38,82
	après légère calcination	38,05	38,445	38,505

La concordance est bonne, même très bonne pour les eaux I et III. Sans prétendre remplacer les anciennes méthodes éprouvées, plus expéditives et propres au travail en série; la détermination directe de l'extrait sec d'une eau de mer doit apporter un élément intéressant de contrôle.

PALÉONTOLOGIE. — *Remarques sur les Chéloniens fossiles de la famille des* Carettochelydæ. Note (*) de M. **Frédéric-Marie Bergounioux**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Le sous-ordre des *Gymnodermes* ou *Trionychoïdés* groupe les Chéloniens typiquement dépourvus d'une armure dermique constituant des écussons cornés caractéristiques des autres *Thécophores* (*Lépidodermes*). Une peau coriace et vermiculée constitue le seul recouvrement des pièces osseuses. Ce sont des animaux représentés dans la nature actuelle par de nom-

(*) Séance du 26 mai 1952.

breuses formes paludines vivant dans les marécages des régions chaudes et dont l'extension géographique est considérable, puisque tous les continents en possèdent, à l'exception de l'Amérique du Sud, l'Europe et l'Australie. Ils sont connus à l'état fossile depuis le Jurassique supérieur [1] (Kimméridgien) du Cap de la Hève, mais leur développement a été consirérable dès le Crétacé supérieur de l'Amérique du Nord (formations de Laramie et du Wyoming). A l'Éocène, on signale de nombreuses espèces en Europe : Bassin d'Aquitaine, Italie, Allemagne. Les derniers représentants européens sont du Pliocène.

La diagnose générale permet de fixer les traits originaux du groupe : Région temporale non recouverte par une voûte; expansions osseuses pariéto-épiptérygoïdes. Ptérygoïdes épais, séparés l'un de l'autre, le basisphénoïde rejoignant les palatins. Vertèbres cervicales sans apophyses transverses. Cou se repliant par courbure sigmoïdale dans un plan vertical. Côtes sacrées et caudales généralement attachées à des apophyses bien développées des arcs neuraux. Pelvis libre, indépendant à la fois de la carapace et du plastron. Plaques neurales et costales formant ordinairement une carapace incomplète qui porte assez souvent des vermiculations sculptées. Pas d'écussons; quand il y en a, ils sont à l'état rudimentaire. Pattes palmées; les quatrièmes doigts avec au moins quatre phalanges; griffes à tous les doigts. Plaques marginales le plus souvent absentes; quand elles existent, elles forment une série incomplète et la plupart du temps indépendante des côtes. Neuf éléments au plastron; entoplastron triangulaire et effilé à l'avant et qui s'intercale entre les épiplastrons.

La répartition des genres a été faite d'après l'absence ou la présence de plaques marginales, en deux familles :

1° *Famille des Trionychoidæ*, sans bordure marginale et sans écussons dermiques.

2° *Famille des Carettochelydæ*, avec bordure marginale et avec, parfois, une ébauche d'armure dermique en écussons.

Dans cette seconde famille, il paraît logique d'établir une discrimination entre les genres qui ne possèdent qu'une peau coriace de recouvrement et ceux qui ont déjà une ébauche d'armure dermique en écussons.

a. Sous-famille des Allæochelynæ. — Elle est caractérisée par des genres qui possèdent des plaques marginales formant une série de plus en plus complète jusqu'à former une bande ininterrompue autour de la carapace, mais qui ne possèdent aucun écusson dermique.

Les étapes de l'acquisition de la bordure marginale peuvent être suivies dans deux genres.

---

(1) *Bull. Soc. Hist. Nat.*, Toulouse, 71, 1937, p. 180-191.

1° *Allæochelys* Noulet (2) (*Pseudotrionyx* Dollo, *Castresia* de Stef., *Apholidemys* (?) Pomel). Carapace ovoïde ou cordiforme; bande marginale parfois présente, entièrement soudée à la carapace et généralement incomplète. Carapace soudée au plastron par un pont sternal. On en connaît deux espèces.

2° *Carettochelys* Ramsay. (Actuel, Nouvelle-Guinée.)

b. Sous-famille des Anosteirinæ. — 1° *Akrochelys* Bergounioux (3). — Carapace ovoïde de grande taille. Sept paires de costales. Bande marginale complète et intimement soudée aux costales avec lesquelles elle est en continuité de direction.

2° *Anosteira* Leidy. — Formes se rapprochant d'*Allæochelys*, mais portant des vestiges de fins écussons dermiques incomplètement formés sur la carapace. Plastron sans écussons; entoplastron triangulaire et effilé s'insérant profondément dans les épiplastrons.

Dès lors, on est étonné de voir cette forme classée dans la *famille des Dermatemydidæ*. En fait, il ne peut s'agir que d'un *Trionychoidæ* typique chez lequel l'acquisition d'écussons dermiques est, en partie seulement réalisée. La présence d'une peau coriace est indubitable et sur le plastron, il n'y a aucune trace d'écussons; mais l'entoplastron est considérable et les fontanelles sont très réduites.

On peut alors suivre l'évolution des Chéloniens Gymnodermes d'une façon satisfaisante :

Les *Trionychoidæ* typiques ont apparu au Jurassique supérieur et ont trouvé leur maximum de développement à partir du Crétacé supérieur. Dès le début de l'Éocène apparaissent des formes présentant une ébauche de bande marginale qui se développe rapidement; à la même époque, on assiste à l'acquisition progressive d'une armure formée d'écussons dermiques.

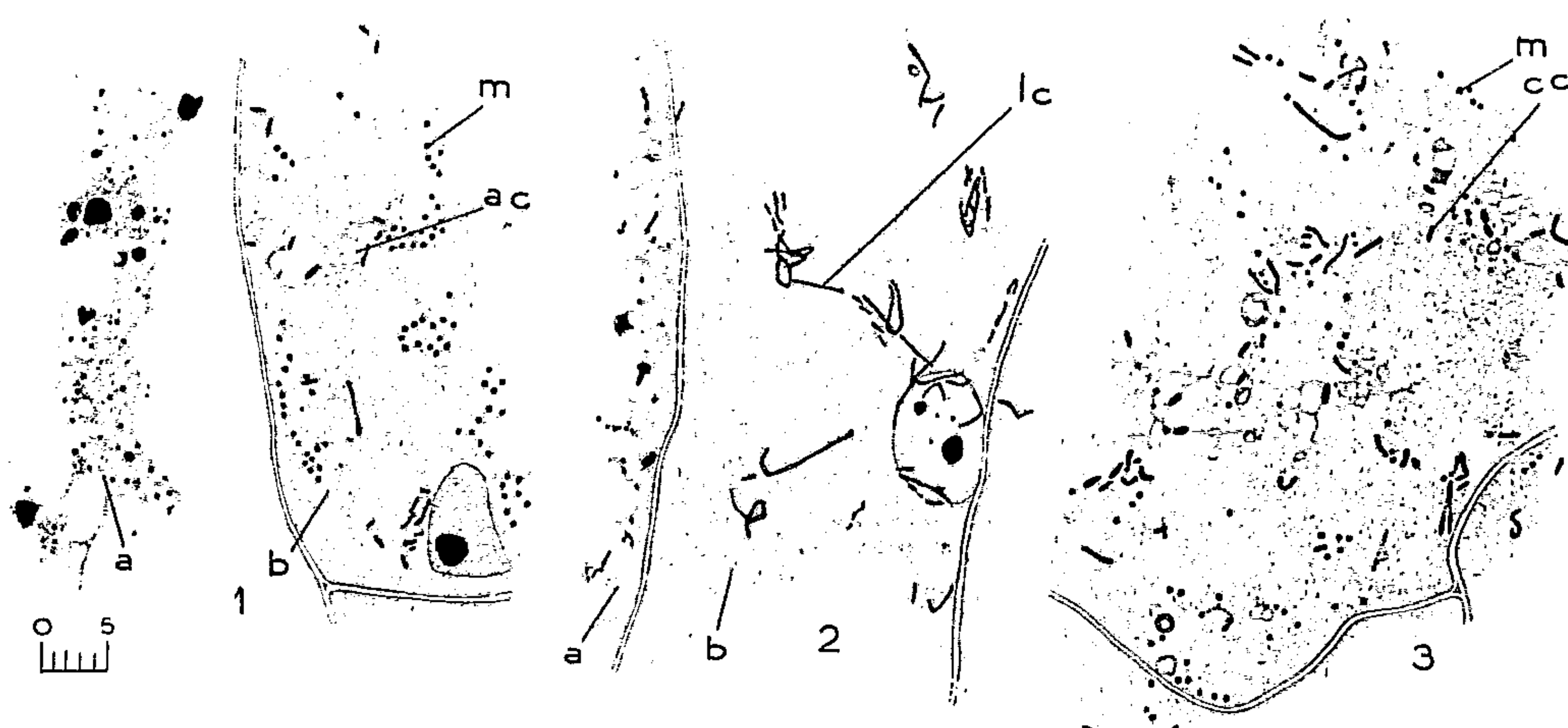
CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Troubles produits par la congélation et le dégel dans des cellules vivantes de* Cichorium intybus L. (*variété Endive*). Note de M. **Louis Genevès**, présentée par M. Raoul Combes.

La congélation dans l'air à — 5° C tue une grande partie des cellules. Celles qui résistent présentent des altérations dans leur cytoplasme et leur chondriome. Ces modifications sont réversibles. Après le retour à la température ambiante, les cellules restaurées peuvent s'accroître et se diviser.

Le refroidissement jusqu'à 0° C, puis le réchauffement produisent des

(2) *Bull. Soc. Hist. Nat.*, Toulouse, 61, 1931, p. 161-181.
(3) *Mém. Soc. géol. Fr.*, nouvelle série, 25, 1935, p. 69-72.
(4) *Feldania Géol.*, Chicago, 10, 1947, p. 13-19.

altérations réversibles dans les cellules radiculaires d'Endive en milieu aqueux (¹). Si l'on congèle à — 5° des coupes à la main, sous le microscope, ou des fragments épais, en atmosphère humide, de nombreuses cellules meurent, mais d'autres survivent. Chez les cellules tuées (*fig.* 1, *a*) le cytoplasme est contracté, grossièrement hétérogène. On y trouve surtout des mitochondries très chromophiles. Dans le noyau, déformé, la chromatine constitue un réseau épais, creusé de grosses vacuoles, qui n'existent pas normalement. Chez les autres cellules (*fig.* 1, *b*), le cytoplasme finement alvéolisé par endroits (a. c.), adhère toujours à la paroi cellulosique.



1, Parenchyme libérien après 3 h à — 5°C. Cellule morte (*a*) et vivante (*b*). (Regaud-Hématoxyline). — 2, 3 h à — 5°C; 19 h à + 18°C. — 3, 3 h à — 5°C; 48 h à + 18°C (culture de tissus).

Le chondriome est généralement représenté par des mitochondries gonflées, peu sidérophiles (*fig.* 1, *m*). Le noyau n'a pas subi d'altérations très sensibles. Les modifications du chondriome indiquent une sensibilité plus grande de cette phase cellulaire à la congélation. Elles se manifestent avant que n'apparaissent des transformations nucléaires importantes. Quand celles-ci ont lieu, les troubles cellulaires sont irréversibles. Les alvéolisations plus discrètes du cytoplasme accompagnent toujours les changements intervenus dans le chondriome. Ces deux effets paraissent en relation directe. Des résultats précédemment acquis (²) permettent de penser que ces altérations proviennent de la libération, sous l'action du froid, d'une partie de l'eau qui était liée aux colloïdes du cytoplasme.

Au cours du réchauffement, la structure des cellules tuées ne varie guère (*fig.* 2, *a*). Leur suc cellulaire diffuse dans les tissus. Par contre, peu après le début du dégel, de longs chondriosomes s'édifient dans les

(¹) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1132.

(²) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1187; **224**, 1947, p. 668.

cellules restées vivantes (*fig.* 2, *b*, l. c.). Ils s'anastomosent entre eux, formant des appareils complexes, toujours peu colorables. Après le froid, les cellules se trouvent baignées dans le liquide qui a envahi les méats, leur situation est analogue à celle de cellules semblables où Buvat a décrit (²) les effets de l'eau. Il a montré comment, dans ces conditions, un ralentissement très grand de la cyclose favorisait l'élaboration de longs filaments mitochondriaux. Des courants réapparaissent bientôt, qui disloquent plus ou moins aisément les longs chondriocontes; il subsiste des « îlots de résistance », immobiles, qui reflètent l'hétérogénéité transitoire du cytoplasme en cours de restauration.

Dans d'autres expériences, des fragments de racines, traités à la glacière, puis stérilisés, sont mis en culture sur milieu nutritif gélosé; la plupart prolifèrent. Dès le début de la culture, les altérations mitochondriales, qui résultaient de la double action de la stérilisation et du dégel, disparaissent. Les cellules qui vont produire les tissus néoformés ont un chondriome très court (*fig.* 3, c. c.), avec une abondance particulière de mitochondries (m). La culture des tissus démontre donc que les cellules qui manifestent des troubles réversibles retrouvent réellement une physiologie normale et même la possibilité de s'accroître et de se diviser.

Nous insisterons en terminant sur le comportement inégal, vis-à-vis du froid, des cellules étudiées. Malgré des structures cytologiques semblables, deux cellules contiguës et de même type réagissent parfois tout différemment. Cette subtilité de comportement montre l'importance de l'état physiologique de chaque cellule à chaque instant. Elle est difficilement explicable, elle laisse penser que la cellule est comparable à un objet en équilibre précaire et l'action du froid à une poussée qui l'écarte de sa position d'équilibre. Il suffit de fort peu de variation dans la force de cette poussée pour que l'objet revienne encore à sa position première (action réversible) ou se renverse (action irréversible). Il semble que les équilibres entre l'eau et les colloïdes protoplasmiques se comportent d'une manière analogue : la coagulation, irréversible, se manifeste dès que les forces qui retiennent l'eau sur les macromolécules de colloïdes deviennent inférieures à celles qui attirent ces particules entre elles.

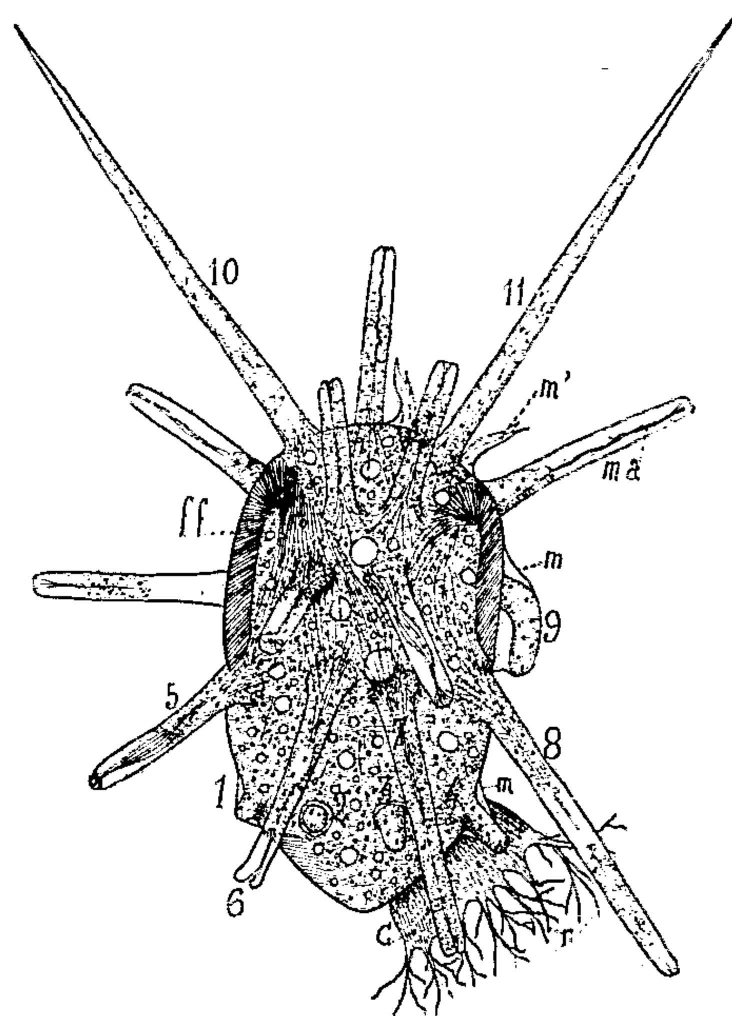
PROTISTOLOGIE. — *L'émission des bras chez* Diplomorpha paradoxa *Rose et Cachon; Protiste parasite des Siphonophores*. Note de MM. **Maurice Rose** et **Jean Cachon**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Nous avons signalé dans ces *Comptes rendus* (¹) que *Diplomorpha paradoxa* pouvait émettre à l'extérieur, des prolongements ou bras rigides,

---

(¹) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 451.

rayonnants dont le nombre peut osciller de 15 à 25. Ils se produisent en des endroits bien définis et non pas quelconques et sont toujours distribués en couronnes transversales (*figure*).



Diplomorpha paradoxa. — Forme sessile à divers stades de l'émission des bras. 1, 2, 3, 4, début de bourgeonnement des bras, avec soulèvement de la membrane externe *m*; 5, 6, 7, 8, divers stades de croissance; 6, aspect bivalve du bout terminal; 9, bras qui n'a pu percer la membrane externe *m*; *m'*, cette membrane déchirée; 10, 11, deux bras terminés; *f. f*, faisceaux fibrillaires dont les éléments dissociés pénètrent dans l'axe des bras en formation; C, coussinet avec ses rhizoïdes *r*.

On peut voir sous le microscope ces bras se former par saccades. Chacun d'eux débute comme un bouton arrondi, qui refoule devant lui la membrane cellulaire. Il finit par la percer et se développe au dehors en élaborant autour de lui une nouvelle membrane tubulaire. Le bras terminé finit toujours en pointe, et il peut atteindre une fois et demie la longueur de la cellule.

Le cytoplasme s'engage dans le bras en formation, atteint ou non la pointe, qui peut rester vide sur une longueur variable et contient alors un liquide hyalin. Au bout, le bras en croissance donne l'illusion d'être fendu en deux longitudinalement, et les deux moitiés se replient en une sorte de lame interne, médiane, mince et fripée. L'extrémité de l'organe simule souvent deux valves plus ou moins écartées s'invaginant à l'intérieur du bras, puis de la cellule, en donnant ainsi la membrane longitudinale axiale. Celle-ci se perd rapidement dans le cytoplasme. Sans aucun doute, elle tire une bonne partie de sa substance des fibrilles intra-cellulaires; mais surtout des faisceaux fibrillaires (*f. f.*, *figure*) qui se dissocient.

Tous ces éléments sont entraînés en éventail dans l'entrée des bras. Ils s'y gonflent, s'agglutinent et s'étirent pour donner par soudure la membrane axiale. Celle-ci, entraînée par la croissance de l'appendice, se déroule et se fige dès son contact avec l'eau de mer, en devenant l'enveloppe du bras.

Si l'on traite par du Lugol assez concentré, une cellule en train d'émettre ses prolongements, le cytoplasme se trouve fixé, coloré en jaune et immobilisé. Mais le développement des bras continue et peut se suivre dans d'excellentes conditions. Il apparaît ainsi comme très probable que c'est la pression osmotique très élevée des liquides internes qui provoque la poussée des appendices entraînant un matériel cytoplasmique particulier, origine de la membrane axiale. On pourrait croire à la dévagination d'une membrane intracellulaire préformée, comme mécanisme de construction des bras. Cette hypothèse nous paraît difficile à admettre, étant donné le volume total des bras formés, l'énorme valeur des frottements qui interviendraient. Même la structure si spéciale du cytoplasme n'est pas favorable à la théorie.

L'origine de la haute pression osmotique nécessaire à la poussée des appendices, doit sans doute être recherchée dans des digestions intracellulaires qui augmentent le nombre des molécules dissoutes. Il semble, en effet, que le paraglycogène disparaisse à ce moment du cytoplasme. D'autre part, la cellule doit atteindre un certain état physico-chimique, un certain degré de « maturation » pour que le phénomène puisse avoir lieu.

Le contenu des bras nous a toujours paru se vacuoliser et se lyser assez vite dans les conditions habituelles où nous avons fait nos observations, tant à Alger qu'à Villefranche-sur-Mer.

BIOLOGIE. — *Induction de la production de bactériophages et d'une colicine par les peroxydes, les éthylèneimines et les halogénoalcoylamines* [1]. Note de MM. **André Lwoff** et **François Jacob**, avec la collaboration technique de Mme **Évelyne Ritz** et Mlle **Monique Gagé**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'eau oxygénée, divers époxydes, éthylèneimines et halogénoalcoylamines induisent la formation de bactériophages chez certaines bactéries lysogènes et de colicine chez une bactérie colicinogène.

Les bactéries lysogènes perpétuent héréditairement le pouvoir de produire des bactériophages [1]. Les bactéries colicinogènes perpétuent héré-

(1) Travail effectué avec l'aide d'une subvention du *National Cancer Institute of the National Institutes of Health* des Etats-Unis d'Amérique.

ditairement le pouvoir de synthétiser une protéine antibiotique ou colicine ([2]). Le développement du phage ([3]), la synthèse de la colicine ([4]) peuvent être, chez certaines souches, induits à volonté par irradiation avec les rayons X ou ultraviolets. Les substances réductrices, glutathion réduit, acide thioglycolique, induisent *Bacillus megatherium* lysogène ([5]). La *bis*-(β-chloroéthyl)-méthylamine dont on connaît le pouvoir mutagène ([6]) et cancérigène ([7]) induit *B. megatherium* et *Pseudomonas pyocyanea* lysogènes ainsi que *Escherichia coli* ML colicinogène ([8]). On admet généralement, que les rayons X et ultraviolets, mutagènes et cancérigènes, produisent des radicaux hydroxyles et que les milieux organiques irradiés à l'ultraviolet exercent leur action mutagène par l'intermédiaire de peroxydes organiques ([9]). L'eau oxygénée donne des peroxydes organiques avec les aldéhydes et les cétones ([10]) et de nombreux peroxydes organiques sont effectivement mutagènes ([11]).

L'analogie des effets chimiques ([11]) et biologiques ([12]) de l'irradiation et des peroxydes est frappante et l'on devait se demander si l'induction des bactéries lysogènes n'était pas liée à la formation de radicaux hydroxyles. Cependant, cette hypothèse avait été abandonnée à la suite de la constatation de l'effet inducteur des substances réductrices ([5]). Cette action ne se manifeste qu'en présence de cuivre, le cobalt étant antagoniste ([13]). L'oxydation des composés sulfhydrylés par le cuivre donne de l'eau oxy-

---

([2]) A. Lwoff et A. Gutmann, *Ann. Inst. Pasteur*, 78, 1950, p. 711.

([3]) F. Jacob, L. Siminovitch et E. Wollman, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1500; *Ann. Inst. Pasteur* (à l'impression).

([4]) A. Lwoff, L. Siminovitch et N. Kjeldgaard, *Ann. Inst. Pasteur*, 79, 1950, p. 815.

([5]) A. Lwoff et L. Siminovitch, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1146; *Ann. Inst. Pasteur*, 82, 1952, p. 676.

([6]) C. Auerbach et J. M. Robson, *Nature*, 157, 1946, p. 302.

([7]) E. Boyland et E. Horning, *Brit. J. Canc.*, 3, 1949, p. 118; W. E. Heston, *J. Nat. Canc. Inst.*, 11, 1950, p. 415.

([8]) F. Jacob, *Comptes rendus*, 1952 (à l'impression).

([9]) O. Wyss, W. S. Stone et J. B. Clark, *J. Bact.*, 54, 1947, p. 767; O. Wyss, J. B. Clark, F. Haas et W. S. Stone, *J. Bact.*, 56, 1947, p. 51.

([10]) F. H. Dickey, F. F. Rust et W. E. Vaugham, *J. Amer. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 1432.

([11]) F. H. Dickey, G. H. Cleland et C. Lotz, *Proc. Nat. Acad. Sc.*, 35, 1949, p. 581.

([12]) J. Effront, *Comptes rendus*, 154, 1912, p. 1111; A. Fernau, *Kolloïd Z.*, 33, 1923, p. 89; F. Lieben, *Bio. Z.*, 187, 1927, p. 307; J. A. V. Butler et K. A. Smith, *J. Chem. Soc.*, 1950, p. 3411; J. A. V. Butler, B. E. Conway, L. Gilbert et K. A. Smith, *Acta Unio Intern. contra Cancrum*, 7, 1951, p. 443; B. E. Conway et J. A. V. Butler, *J. Chem. Soc.*, 1952, p. 834.

([13]) A. Lwoff, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 366.

génée ([14]) et le cobalt exerce un effet antagoniste ([15]). Il convenait donc, suivant la suggestion qui nous a été faite par D. Keilin et par S. Philpot, d'examiner le rôle possible des peroxydes dans l'induction. L'addition de catalase à des cultures de *B. megatherium* empêche le thioglycolate d'exercer, en présence de cuivre, son action inductrice. Celle-ci est donc bien liée à la production d'eau oxygénée. L'addition d'H_2O_2 à des cultures en voie de croissance exponentielle en milieu levuré induit la formation de bactériophages chez *B. megatherium* et *P. pyocyanea* et la formation de colicine chez *E. coli* ML; les concentrations utiles étant respectivement : M/15 000, M/5 000 et M/1000. Le dioxyde de butadiène-1 : 3, le peroxyde de *ter*-butyl, la *tri*-éthylène-imino-2 : 4 : 6-triazine-1 : 3 : 5 que nous devons à l'obligeance de E. Boyland, sont également inducteurs. Ces substances sont cancérigènes ([16]), au même titre que la *bis*-(β-chloroéthyl)-méthylamine ([7]). La chloroéthyldiméthylamine, non cancérigène ([17]), n'est pas inductrice.

Les agents cancérigènes ou mutagènes étudiés possèdent donc un pouvoir inducteur à l'égard des bactéries lysogènes ou colicinogène : ils provoquent chez ces bactéries la formation, soit d'un virus, soit d'une protéine spécifique. Alors que l'action mutagène ou cancérigène spécifique ne s'exerce, le plus souvent, que sur un petit nombre de cellules, l'action inductrice porte sur la quasi-totalité des bactéries lysogènes ou colicinogènes.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur le refroidissement des cellules spermatiques en présence de glycérine.* Note de M. **Jean Rostand**, présentée par M. Maurice Caullery.

Nous avons signalé, dès 1946 ([1]), que les cellules spermatiques de Batraciens peuvent supporter sans périr l'action prolongée (jusqu'à 20 jours) d'une température inférieure à celle de la congélation (— 4° à — 6°) lorsqu'elles se trouvent en présence de glycérine (concentration de 10 %).

Depuis la publication de cette Note, un grand nombre d'expériences, réalisées sur d'autres espèces animales et sur d'autres sortes de cellules, ont confirmé l'existence de cet effet protecteur de la glycérine à l'égard

---

([14]) A. Schoberl, *Z. Physiol. Chem.*, **201**, 1921, p. 167; S. Thurlow, *Bioch. J.*, **19**, 1925, p. 175; P. Holtz et G. Triem, *J. Physiol. Chem.*, **248**, 1937, p. 1.

([15]) E. Baur et H. Preis, *Z. Physik. Chem.*, **32**, 1936, p. 65.

([16]) J. A. Hendry, R. F. Homer, F. L. Rose et A. L. Walpole, *Brit. J. Pharmacol.*, **6**, 1951, p. 235 et 357.

([17]) E. Boyland, J. W. Clegg, P. C. Koller, E. Rhoden et O. H. Warwick, *Brit. J. Canc.*, **2**, 1948, p. 17.

([1]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1524.

des basses températures et ont fait voir l'intérêt, théorique et pratique, qui s'attache à son étude.

En 1949, C. Polge, A. U. Smith et A. S. Parkes (qui, d'ailleurs, ignoraient alors nos propres résultats) ont montré que les spermatozoïdes de Coq, mis en milieu glycériné (glycérol à 15 ou 20 %), peuvent reprendre leur mobilité après avoir subi une température de — 79° et être restés en état de vitrification pendant plusieurs semaines ([2]). Des faits de même ordre furent enregistrés par Smith et Polge avec le sperme humain, avec le sperme de taureau et de bélier ([3]). Cette méthode a été largement et brillamment développée par l'école londonienne de Parkes, qui en étend sans cesse les applications : conservation des cellules sanguines, du tissu ovarien, etc. ([4]).

Lors de mes premières recherches, effectuées en dehors de la saison de ponte des Batraciens, je n'avais pu tester le pouvoir fécondant des spermatozoïdes ayant recouvré leurs mouvements après refroidissement; mais j'ai, par la suite, procédé à de nombreux essais, portant sur différentes espèces de Batraciens Anoures (*Rana temporaria*, *Rana esculenta*, *Bufo bufo*, principalement). Ils ne m'ont fourni que des résultats négatifs : même au bout de quelques heures, les spermatozoïdes refroidis en milieu glycériné deviennent inaptes à une fécondation normale, à quelque stimulation qu'on les soumette (bromure de sodium à 3 ‰) et quelque précaution que l'on prenne pour les réhydrater graduellement. Ou bien les ovules inséminés n'accusent aucune réaction, ou bien ils se plissent et se ratatinent, comme s'ils étaient le siège d'une polyspermie intense ([5]).

C'est vraisemblablement à l'action de la glycérine seule qu'il faut imputer cette inhibition du pouvoir fécondant, car, même à la température ordinaire, les spermatozoïdes de *Rana* et de *Bufo* deviennent promptement, sous l'effet de la glycérine (10 %), inaptes à féconder normalement les ovules ([6]).

Il est néanmoins probable que des améliorations de technique permettront d'obtenir la survie *fonctionnelle* du sperme de Batracien refroidi en milieu glycériné. Cette survie a déjà été obtenue chez les animaux à sang

---

([2]) *Nature*, 164, 1949, p. 666.

([3]) *Nature*, 166, 1951, p. 668.

([4]) *Voir* A. U. Smith, *The Lancet*, 1950, p. 910; A. U. Smith et A. S. Parkes, *The Lancet*, 1951, p. 570.

([5]) J'ai observé des effets analogues sur des ovules de *Rana* mis en contact avec du sperme de l'espèce, desséché depuis plusieurs semaines ou même plusieurs mois.

([6]) En revanche, la glycérine, même à forte concentration, respecte les propriétés régulatrices de l'élément spermatique (*voir* J. Rostand, *C. R. Soc. Biol.*, 98, 1928, p. 1207-1208 et *Ibid.*, 141, 1947, p. 989). C'est même en partant de ces résultats que j'ai été amené à expérimenter sur la conservation du sperme en milieu glycériné.

chaud (Coq, Taureau), grâce à l'emploi de certains artifices et, notamment, à l'élimination de la glycérine par dialyse (7).

Pour ce qui est de la mobilité, j'ai réussi à prolonger sensiblement le temps de survie en plaçant directement dans la glycérine diluée les testicules entiers ou des fragments de testicules. Pour contrôler la mobilité des cellules spermatiques, on retire l'organe et, après l'avoir soigneusement essuyé, on en prélève une parcelle que l'on écrase dans une goutte d'eau physiologique. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec la glycérine à 15 % (non prise en gel à la température de — 4°). Le testicule, ou le fragment, ne doit pas être trop volumineux, car il doit se laisser rapidement imprégner de glycérine. Au bout d'un certain temps, seuls les spermatozoïdes de la partie centrale de l'organe se montrent capables de récupérer leur mobilité.

Dans ces conditions, j'ai enregistré des survies atteignant 40 *jours* pour les spermatozoïdes de *Rana esculenta* et 38 *jours* pour ceux de *Triturus helveticus*. Les temps de survie sont nettement moindres pour *Rana temporaria* (maximum 14 jours), pour *Bufo bufo* (maximum 12 jours), pour *Hyla arborea* (maximum 12 jours). Il est possible que la résistance des cellules soit en rapport avec leur taille et leur forme plus ou moins épaisse (8).

Les résultats sont nettement moins bons quand on substitue le glycol et ses dérivés à la glycérine (9).

Des essais sont actuellement en cours pour greffer des testicules ainsi traités, en vue d'obtenir des mutations.

Nous pensons que la méthode, très simple, du refroidissement à — 4° en milieu glycériné pourrait rendre des services en ce qui concerne la conservation des tissus et des organes.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La calcémie et l'hypothermie léthargique.* Note de M. Momčilo Stefanović, transmise par M. Léon Binet.

Le Rat refroidi à environ 15° accuse une forte hypercalcémie, que l'hypothermie ait été obtenue par confinement asphyxique ou par le froid. Si l'on empêche l'apparition de l'hypothermie au cours de l'asphyxie, par une température ambiante appropriée, l'hypercalcémie n'apparaît pas. L'hypothermie joue donc un rôle important dans les phénomènes asphyxiques, puisque le même fait a été constaté pour l'hyperglycémie asphyxique.

(7) *Voir* Polge et Rowson, *Nature*, 169, 1952, p. 626 et Polge, *Nature*, 1951, 167, p. 949.

(8) Les résultats obtenus avec le sperme d'Insecte, de Mollusque, de Poisson et de Reptile seront publiés prochainement.

(9) Les spermatozoïdes restent vivants trois jours à l'intérieur des testicules placés dans le subtosan (polyvinyl-pyrrolidone à 25 %) et soumis à la température de — 4°; on peut même obtenir quelques fécondations.

Les rats refroidis à environ 15° par la méthode de confinement de J. Giaja accusent une forte hypercalcémie ([1]). Dans nos expériences sur 11 rats, la moyenne de l'augmentation du calcium sanguin est de 33,4% (valeurs extrêmes : 15,2 et 68,4 %). L'hypothermie obtenue par cette méthode repose sur la baisse des combustions à la suite de l'hypoxie et de l'asphyxie lente en milieu confiné. Or, l'asphyxie produisant une hypercalcémie, comme l'ont montré L. Binet et M. Laudat ([2]), nous nous sommes demandé si l'augmentation du calcium que nous avons constatée dans l'hypothermie ne serait pas due en réalité au moyen employé pour obtenir celle-ci. Aussi avons-nous étudié également la calcémie des rats refroidis directement par le froid en milieu atmosphérique normal. Chez 10 rats refroidis à 15° par le bain glacé, nous avons constaté une hypercalcémie de 39,7 % en moyenne (valeurs extrêmes : 22,8 et 69,1 %). Par conséquent, l'hypothermie sans asphyxie est également suivie d'hypercalcémie. Enfin, nous avons confiné des rats à une température suffisamment élevée (32-34°) pour empêcher l'apparition de l'hypothermie au cours de l'asphyxie. Dans ces conditions, même lorsque l'asphyxie était très avancée, nous n'avons dans nos expériences sur 10 rats constaté aucune augmentation du calcium sanguin.

Ces résultats démontrent l'importance que peut avoir l'hypothermie dans les phénomènes accompagnant l'asphyxie. Ils sont à rapprocher de ceux que nous avons exposés ici-même ([3]) avec J. Giaja au sujet de l'hyperglycémie asphyxique chez le Rat : il n'y a pas d'augmentation de concentration du sucre sanguin si l'on empêche le sujet de se refroidir au cours de l'asphyxie. Ce rôle de l'hypothermie est à prendre en considération dans l'étude des troubles asphyxiques, vu que dans les conditions ordinaires d'expérimentation l'asphyxie est suivie d'une baisse plus ou moins importante de la température corporelle.

MICROBIOLOGIE. — *Estimation quantitative de l'antigène* Vi *élaboré par quelques Entérobactériacées cultivées à différentes températures.* Note (*) de MM. **Pierre Nicolle** et **André Jude**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Le titrage, par la méthode d'absorption des agglutinines, de l'antigène *Vi* contenu dans des suspensions de *Salmonella typhi*, de la souche *Ballerup*, de *Salmonella paratyphi C* et de *Escherichia Coli* Vi permet une estimation quantitative des variations de la teneur en antigène de chacune de ces espèces lorsqu'on les cultive à 18°, à 37° et à 41,5°. Ces déterminations confirment les résultats que nous avons antérieurement rapportés.

([1]) *Rapid microchemical methods for Blood and C.S.F. examinations*, New-York, 1949.

([2]) H. Roger et L. Binet, *Traité de Physiologie*, 5, p. 421.

([3]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 751.

(*) Séance du 19 mai 1952.

La présence et l'abondance d'un antigène dans une suspension de germes sont habituellement décelées au moyen de l'épreuve directe de l'agglutination par un antisérum spécifique. Cette méthode, suffisante dans la généralité des cas, peut cependant donner des résultats erronés dus à la présence de coagglutinines ou de certains facteurs empêchants. L'analyse indirecte par absorption des agglutinines d'un antisérum permet d'éviter ces inconvénients. Elle se prête donc à l'établissement de mesures quantitatives plus précises (¹).

L'absorption des anticorps agglutinants d'un sérum par l'antigène spécifique dépend essentiellement des proportions relatives des deux facteurs en présence : les agglutinines et l'antigène. La richesse d'un sérum en agglutinines est appréciée par le taux limite d'agglutination d'une souche-test; l'abondance de l'antigène dépend de la densité microbienne utilisée pour l'absorption. Si l'on fait agir sur une quantité fixe de sérum des doses plus ou moins importantes d'antigène, l'absorption sera nulle, incomplète ou totale. Pour estimer l'importance de l'absorption, on détermine tout d'abord le taux limite d'agglutination d'une souche-test par le sérum non absorbé; puis, après absorption de l'anticorps du sérum par l'antigène contenu dans des quantités variables de la culture à titrer, on détermine à nouveau le taux limite pour la même souche-test. La différence entre les taux d'agglutination-limite, observés avec le sérum non absorbé et le sérum absorbé permet d'établir un pourcentage d'absorption.

Si, pour la même culture, on porte en ordonnées les pourcentages d'absorption, et en abscisses, suivant une représentation logarithmique, les doses correspondantes d'antigène (exprimées en millions de germes) qui ont été utilisées pour l'absorption, on peut tracer une courbe d'absorption. Cette courbe est d'allure sigmoïde. Par construction graphique, on peut alors déterminer la quantité de germes donnant une absorption de 50 %, c'est-à-dire diminuant de moitié le taux d'agglutination-limite du sérum non absorbé pour la souche-test. On obtient ainsi la « dose efficace 50 % » ou D. E. 50 %, correspondant à un point de la partie linéaire de la courbe.

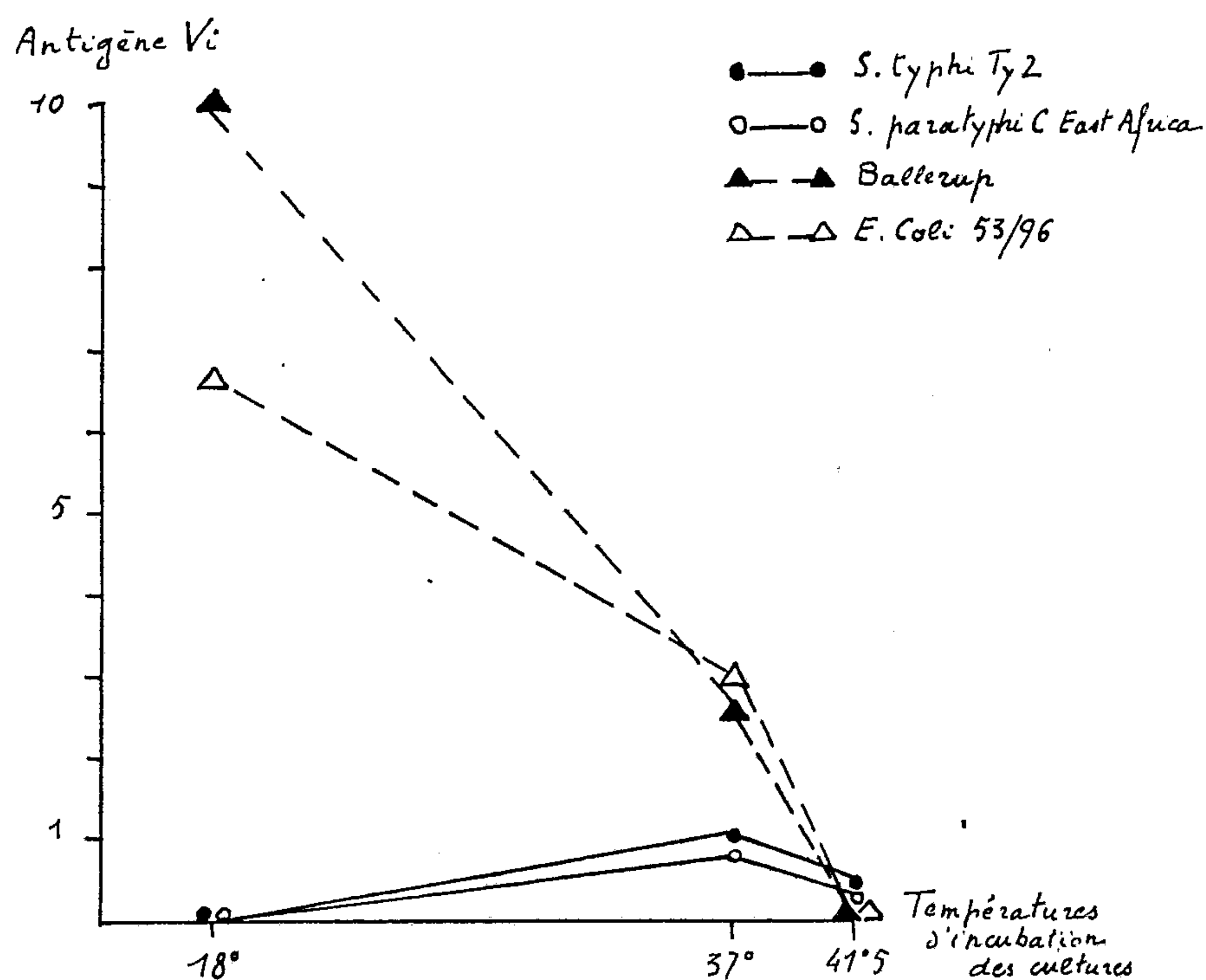
En prenant comme unité la valeur de la D. E. 50 % de la souche Ty 2 incubée à 37°, nous avons déterminé le pouvoir d'absorption de l'antigène *Vi* contenu dans des cultures de *Salmonella typhi* Ty 2, de la souche *Ballerup*, de *Escherichia coli* Vi 5 396-38 et de *Salmonella paratyphi* C East Africa, incubées à 18°, à 37° et à 41,5°.

Les résultats sont figurés dans le tableau suivant :

(¹) A. Felix et R. M. Pitt, *J. Hyg.*, 49, 1951, p. 92.

Espèces.	Températures d'incubation. 18°.	37°.	41°,5.
S. typhi (Ty 2)	0	1	0,33
S. paratyphi C (East Africa)	0	0,8	0,25
Souche Ballerup	10	2,5	0
Escherichia coli Vi 5396-38	6,6	3	0

Le graphique, qui objective ces résultats, rend plus évidentes les observations que nous avons rapportées antérieurement ([2]). Les modalités de production de l'antigène *Vi* aux trois températures étudiées, permettent



de classer les Entérobactériacées productrices d'antigène *Vi*, en deux groupes : celui des espèces qui élaborent leur plus grande quantité d'antigène *Vi* aux environs de 37° (*S. typhi* et *S. paratyphi* C), et celui des espèces pour lesquelles l'optimum thermique de production de ce facteur antigénique se situe autour de 18° (souche *Ballerup*, *E. coli* Vi).

([2]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1718, 1922 et 2028.

IMMUNOLOGIE. — *Caractéristiques des anticorps correspondant aux antigènes minéraux.* Note (*) de M. **Jean Loiseleur** et Mlle **Muguette Sauvage**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Toutes les molécules minérales se comportent comme des antigènes, à condition que la préparation des animaux soit prolongée. Les anticorps ainsi produits possèdent des propriétés analogues à celles des anticorps qui dérivent des antigènes protéidiques.

Il a été signalé, dans une Note précédente ([1]), que la préparation prolongée du Lapin avec les chlorures de nickel ou de cobalt confère au sérum une adaptation spécifique à la molécule minérale choisie comme antigène. Rappelons que M. Ishikawa ([2]) a démontré la formation d'anticorps chez des lapins préparés avec l'acide arsénieux, l'iode, le bichromate de potassium, le mercure ou le chlorure mercureux. Notre expérimentation a porté sur 85 animaux préparés respectivement avec LiCl, $CaCl_2$, $SrCl_2$, $MgCl_2$, $NiCl_2$, $CoCl_2$ ou AsO_4Na_2H. Voici les caractéristiques des anticorps correspondants :

La préparation des animaux dure de 18 à 75 jours, en administrant, par deux injections intramusculaires quotidiennes, un poids total compris entre 1 et 12 g du sel minéral choisi comme antigène. Par suite de la toxicité fréquente de ces sels, la concentration de la solution injectée est augmentée progressivement au cours de la préparation.

Comme pour les antigènes organiques de faible poids moléculaire, la présence de l'anticorps est recherchée par la méthode de viscosité, soit sur le sérum entier, soit sur la γ-globuline, laquelle conduit à des résultats étroitement superposables, mais avec une plus grande sensibilité et des variations plus élevées de viscosité.

La γ-globuline se prête, pour certains de ces antigènes minéraux, à l'observation de floculations qui restent localisées dans la zone d'équivalence indiquée par l'épreuve de viscosité. Les anticorps correspondant à LiCl, SCl_2, $MgCl_2$ ne floculent jamais; par contre, avec $CaCl_2$, $NiCl_2$, $CoCl_2$, la floculation a été observée dans 9 cas sur 29.

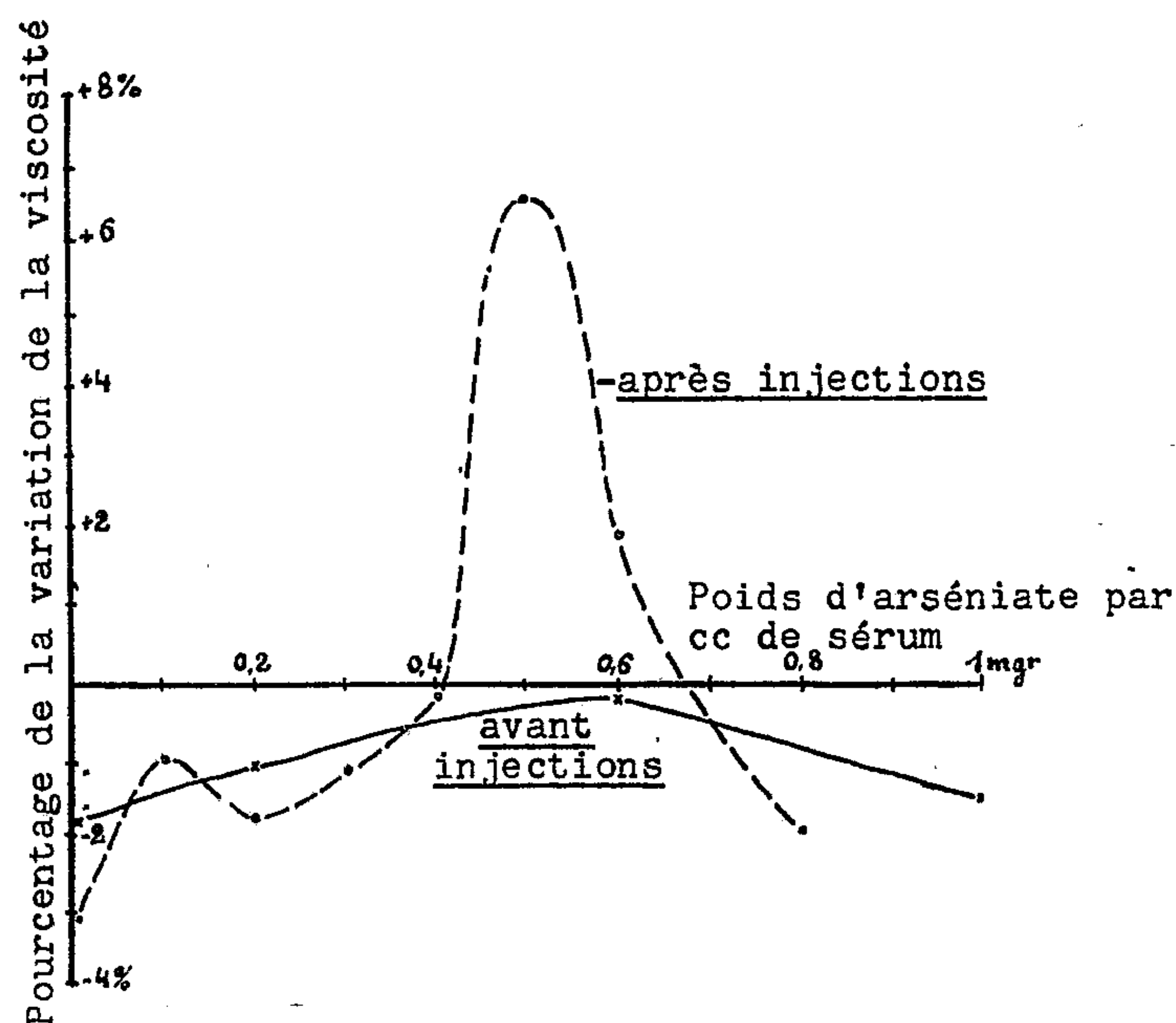
L'intensité de l'épreuve de viscosité augmente avec le poids moléculaire de l'antigène : très faible avec LiCl, elle est déjà notable avec $NiCl_2$ ou $CoCl_2$. Il est à noter qu'elle est particulièrement élevée pour $CaCl_2$ (augmentation de 15 %). La courbe reproduit le résultat de l'épreuve de

(*) Séance du 26 mai 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 111.

([2]) *Jap. Médical. J.*, 7, 1948, p. 385.

viscosité sur le sérum d'un lapin préparé pendant 57 jours avec un poids total de 1 010 mg d'arséniate de sodium. Avant la préparation, le résultat de l'épreuve est négatif (trait plein de la courbe); 13 jours après la dernière des injections préparantes, l'épreuve est positive (augmentation de 6,5 %) en dessinant la zone d'équivalence.



Épreuve de viscosité sur le sérum d'un lapin préparé pendant 57 jours (102 injections) avec 1010 mg d'arséniate de soude.

La spécificité est en général rigoureuse. Pour les sérums de 4 animaux préparés avec $SrCl_2$ et éprouvés soit avec $SrCl_2$ soit avec $MgCl_2$, 3 sérums répondent à la spécificité, 1 est en défaut. Réciproquement pour 4 animaux préparés avec $MgCl_2$ et éprouvés avec $MgCl_2$ et $SrCl_2$, 3 sérums sont rigoureusement spécifiques. Les lapins préparés avec $NiCl_2$ sont tous spécifiques de ce sel (11 fois sur 11) et ne réagissent que plus faiblement avec $CoCl_2$. Mais la réciproque est moins satisfaisante : sur 7 animaux préparés avec $CoCl_2$ et éprouvés simultanément avec $CoCl_2$ et $NiCl_2$, la spécificité est satisfaisante 6 fois sur 7 : l'un des sérums est en défaut. Néanmoins, ce degré de spécificité peut être considéré comme satisfaisant si on le rapproche de la petite taille de l'antigène et de la parenté chimique qui relie les molécules utilisées pour l'épreuve.

Notons encore que l'immunité persiste de 45 à 60 jours et que, comme pour les antigènes protéidiques. les injections de rappel entraînent un relèvement notable du taux de l'anticorps.

En résumé, les sels minéraux se comportent comme de véritables antigènes et entraînent la formation d'anticorps. Ces faits rendent compte du phénomène bien connu de la mithridatisation.

A 15 h 35 m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

Sur la proposition du Comité National Français de Mécanique, transmise à l'Académie par M. **Henri Villat**, la délégation française à l'Assemblée générale de l'Union internationale de Mécanique, qui se tiendra à Istanbul, du 20 au 28 août 1952, est ainsi composée :

MM. **Jean Chazy**, **Émile-Georges Barrillon**, **Joseph Pérès**, **Arnaud Denjoy**, **Maurice Roy**, Membres de l'Académie, **René Thiry**, Correspondant, **Dino Allegretti**, **Jean Bass**, **Jean Bouzitat**, **Henri Cabannes**, **Pierre Casal**, **Gérard Couchet**, **Gabriel Coupry**, Mme **Paul Dubreil-Jacotin**, MM. **René Dugas**, **Alexandre Favre**, **Jean Ferrandon**, **Luc Gauthier**, **Paul Germain**, **René Hirsch**, **Joseph Kampé de Fériet**, **Julien Kravtchenko**, **Henri Le Boiteux**, **Robert Legendre**, **André Lichnerowicz**, **Lucien Malavard**, **Robert Mazet**, **Nicolas Minorsky**, **Adalbert Oudart**, **Maurice Roseau**, **Louis Sackmann**, **Raymond Siestrunck**, **Jean-Noel Surugue**, **Fernand Tesson**, **Jacques Valensi**, **Pierre Vernotte**, **Rostislav Vichnievsky**, **Théodore Vogel**.

La séance est levée à 15 h 55 m.

R. C.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE MAI 1952.

Guide pratique de reconnaissance des parasites des cultures avec les moyens de les combattre, par P. DAUGUET. Paris, Éditions Sodico, 1952; 1 vol. 27 cm (présenté par M. A. Demolon).

Études américaines. Géologie et Géographie. T. I, par EMMANUEL DE MARGERIE. Paris, Librairie Armand Colin, 1952; 1 vol. 28,5 cm.

De Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen 1752-1952, door J. A. BIERENS DE HAAN. Haarlem, 1952 ; 1 vol. 31 cm.

Plaques rectangulaires anisotropes reposant librement sur deux côtés opposés seulement et soumises à la flexion sous charges normales à leur plan, par H. S. GEDIZLI. Extrait du onzième volume des *Mémoires* de l'*Association internationale des Ponts et Charpentes*. Zurich, 1951 ; 1 fasc. 24 cm.

Parasitism and symbiosis, by MAURICE CAULLERY. Translated by AVERIL M. LYSAGHT. London, Sidgwick and Jackson limited, 1952; 1 vol. 22 cm.

Contribution au développement de la recherche chimique. II. *Dictionnaire chimique anglais-français. Mots et locutions fréquemment rencontrés dans les textes anglais et américains*, par RAYMOND CORNUBERT. Paris, Dunod, 1952; 1 vol. 24 cm.

Mémorial des Sciences physiques. Fasc. LII. *Physique des guides d'ondes électromagnétiques*, par THÉO KAHAN. Paris, Gauthier-Villars, 1952; 1 fasc. 25,5 cm (présenté par M. G. Ribaud).

Histoire générale de la navigation du XVe *au* XXe *siècle*, par FRÉDÉRIC MARGUET. Paris, Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, 1931 ; 1 vol. 26 cm.

Religion. Cosmos. Destinée, par FRÉDÉRIC MARGUET. 1 cahier man., 1935-1936 et 1 cahier dactylographié, 30,5 cm.

Esquisses, par FRÉDÉRIC MARGUET. 1 cahier man. 23,5 cm.

Répartition et intérêt phylogénétique des albumens à formations haustoriales chez les angiospermes et plus particulièrement chez les gamopétales, par PIERRE CRÉTÉ. 1 fasc. 24,5 cm (présenté par M. R. Souèges).

Les acquisitions les plus récentes de l'Embryogénie des angiospermes 1947-1951, par RENÉ SOUÈGES et PIERRE CRÉTÉ. Extrait de l'*Année biologique*, 1952. T. XXVIII; 1 fasc. 25 cm (présenté par M. R. Souèges).

Institut universitaire roumain Charles Ier. *Bulletin scientifique roumain*. T. I, 1952; Paris, 1 vol. 25,5 cm.

Union internationale de Chimie pure et appliquée. *Comptes rendus de la seizième conférence. New-York city et Washington*, 8-15 *septembre* 1951. Paris, au siège de l'Union; 1 fasc. 27 cm.

Organisation météorologique mondiale. Commission des instruments et méthodes d'observation. Sous-Commission d'Aérologie expérimentale. JS-Ae. *Comparaison mondiale des radiosondes.* Payerne, 8-30 mai 1950. Acte final. Vol. III. 1 vol. polycopié à la Station centrale suisse de Météorologie, mars 1952, 29 cm.

Institut royal des Sciences naturelles de Belgique. *Mémoires*, n° 118. *Les poissons tertiaires de la Belgique* (Supplément), par MAURICE LERICHE (Mémoire posthume). Bruxelles, Institut royal des sciences naturelles de Belgique, 1951; 1 fasc. 33,5 cm.

Atti del convegno internazionale di meteorologia maritima. Genova, 20-22-IX, 1951. Milano, Istituto geofisico italiano, s. d.; 1 vol. 24 cm.

Center of Research and technical development. Centre mathematical institute. *Časopis pro pěstování mathematiky*, in *Czechoslovak Mathematical Journal.* Vol. LXXVI, nos 1 et 2, 1951; 2 fasc. 21 cm.

Carte pédologique de France, au 1/1 000 000e avec quart N.-O., établie sous l'égide de l'Association française pour l'étude du sol, éditée par l'ÉCOLE NATIONALE DES EAUX ET FORÊTS, 1951; 1 planche 79 × 59 cm (présentée par M. A. Demolon).

Notice jointe à la carte des sols de France (quart N.-O.), rédigée par A. OUDIN, G. AUBERT, P. DUCHAUFOUR. Nancy, École nationale des eaux et forêts, 1952; 1 fasc. 24 cm (présenté par M. A. Demolon).

La vie des fruits, par R. ULRICH. Paris, Masson, 1952; 1 vol. 22,5 cm.

(*A suivre.*)



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 JUIN 1952.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE CHEVALIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHOTOGRAMMÉTRIE. — *Discrimination et correction de l'influence des déformations locales transversales des faisceaux perspectifs.* Note (*) de M. **GEORGES POIVILLIERS**.

Dans la restitution de vues aériennes et dans le cheminement on rencontre parfois des déformations qui ne paraissent imputables qu'à des anomalies de la réfraction atmosphérique. Les déviations transversales produites par ces anomalies sont diagnostiquées par une méthode qui permet d'éliminer leur influence.

La théorie de la restitution repose sur l'hypothèse de l'identité des faisceaux perspectifs définis par les photographies et des gerbes de droites joignant les points de vue correspondant aux divers points du terrain.

De légers défauts de similitude peuvent cependant exister. Ils proviennent par exemple : de la réfraction atmosphérique, d'une mauvaise correction de la distorsion des objectifs, de leur dissymétrie, de la différence de température entre la prise de vue et la restitution qui agit suivant des coefficients différents sur la distance principale et les dimensions de l'image. Ces défauts, qui affectent de la même façon toutes les photographies d'une même mission introduisent des erreurs systématiques. Ces erreurs sont en général très faibles et ne sont pas décelables sur un couple isolé si la prise de vue et la restitution ont été conduites avec soin. Par contre, elles entraînent dans le « cheminement » des écarts de position des faisceaux perspectifs qui se cumulent d'un couple à l'autre et deviennent rapidement importants; mais le caractère systématique de ces écarts permet d'établir des lois de correction des erreurs qu'ils introduisent.

On constate cependant parfois dans un couple isolé des erreurs locales appréciables, que des contrôles précis montrent ne pouvoir provenir ni de

---

(*) Séance du 4 juin 1952.

défauts instrumentaux, ni du halo, ni de mouvements de la végétation entre les deux prises de vue. Ces erreurs qui, dans des vues prises sur films, peuvent provenir de déformations superficielles locales, paraissent également sur des plaques où de telles déformations ne peuvent exister. De plus, dans les cheminements, on rencontre de temps à autres des cassures importantes dans la répartition des erreurs qui s'écartent brusquement de la loi de correction systématique.

Il nous semble que ces déformations locales et ces cassures constatées dans les missions exécutées sur plaques, ne peuvent être dues qu'à la déviation de rayons lumineux par des zones de turbulence atmosphérique dans lesquelles la densité, et par suite l'indice de réfraction ne suit pas la loi normale des altitudes, zones qui agissent à la façon d'un prisme pour les rayons qui les traversent.

La composante transversale d'une telle déviation modifie la parallaxe transversale λ dont la correction est à la base de la formation de l'image plastique. Il en résulte un défaut d'orientement relatif des faisceaux perspectifs qui, dans le cheminement, se répercute sur l'orientement de tous les faisceaux qui suivent. Il en résulte en outre une déformation d'ensemble de l'image, à laquelle s'ajoute la déformation locale provenant de la composante latérale de la déviation qui modifie la parallaxe stéréoscopique.

Les points pour lesquels il est important de déceler ces déformations sont les points N d'ordonnée $y = 0$ des plans $x = 0$ et $x = b$ qui servent à la correction des erreurs de calage γ' et γ'' et les points A ou A' de ces mêmes plans pour lesquels la valeur absolue de y/z est maximum et qui servent à la correction de α' et de α''; ces quantités $\gamma'\gamma''$ et $\alpha'\alpha''$ représentant les erreurs de calage des faisceaux perspectifs par rapport à des axes parallèles aux directions des y et des z.

Le relèvement dans un plan x_0 fournit les valeurs by_0 et bz_0 des composantes de la base et annule l'erreur β de calage relatif des deux faisceaux perspectifs autour de l'axe des x (1). L'expression de la parallaxe λ qui subsiste après ce relèvement est

$$\lambda = \frac{y}{z}[x(\alpha' - \alpha'') + b\alpha''] + [x(\gamma' - \gamma'') + b\gamma''].$$

Elle peut être annulée en tous les points d'un même plan normal à la base par l'introduction de deux composantes

$$by = -[x(\gamma' - \gamma'') + b\gamma''] \quad \text{et} \quad bz = +[x(\alpha' - \alpha'') + b\alpha''],$$

qui sont des fonctions linéaires de x. Mais ceci n'est exact que si l'hypothèse sur l'identité des faisceaux perspectifs est vérifiée.

---

(1) G. Poivilliers, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2245.

Dans le cas où elle ne l'est pas, les expressions de ces composantes deviennent

$$by = -[x(\gamma' - \gamma'') + b\gamma'' + z_0\beta + \varepsilon_0],$$

$$bz = +\left[x(\alpha' - \alpha'') + b\alpha'' + \left(\frac{y^2}{z} + z - z_0\right)\beta - \frac{y}{z}(\varepsilon - \varepsilon_0\right];$$

β est l'erreur résiduelle de calage autour de l'axe des x qui provient de la déviation des rayons perspectifs du relèvement;

ε l'erreur de parallaxe transversale au point considéré provenant de la déviation transversale de ses rayons perspectifs;

ε_0 l'erreur propre au point N du plan correspondant et z_0 l'éloignement de ce point.

Lorsqu'ils ont pour seule cause les déformations systématiques des faisceaux, les défauts d'alignement des by et bz, fonctions de β, ε et ε_0, sont généralement trop faibles pour être decelés, car ils rentrent dans les limites de la précision de correction de λ. Il n'en est pas toujours de même lorsqu'ils proviennent des déformations locales.

Pour déceler ces défauts d'alignement, la méthode consiste à effectuer le relèvement dans le plan le plus favorable et à annuler ensuite successivement λ dans les plans $x = 0$, $x = b/2$, $x = b$, d'abord par by au point N, puis par bz aux points A et A', sans modifier by. On obtient ainsi, suivant que le plan de relèvement est ou non l'un des plans précédents, trois ou quatre valeurs de by et six ou huit valeurs de bz qui sont portées en ordonnées sur un même graphique avec amplification d'échelle.

Si les faisceaux perspectifs sont corrects, les by et les bz sont respectivement alignés.

Une parallaxe transversale anormale en l'un des points A ou A' est décelée par le défaut d'alignement du bz correspondant, les by étant alignés.

Une anomalie en un des points N est indiquée par un défaut d'alignement des by auquel correspondent deux défauts opposés d'alignement des bz aux points A et A' du plan correspondant. En introduisant un by déduit de l'alignement, et en annulant la parallaxe en ces points par bz, on doit trouver une même valeur alignée avec les autres, si les rayons de ces points n'ont pas eux-mêmes subi de déviation.

La déviation transversale d'un ou de plusieurs rayons perspectifs des points de relèvement cause un défaut d'alignement des by et bz de ce plan et laisse subsister une erreur β. Celle-ci introduit dans les by des autres plans un défaut d'alignement fonction des éloignements z_0 des points N, et dans les bz un défaut d'alignement fonction des éloignements z et des y; elle rend impossible la correction totale de la parallaxe en tous les points d'un plan par le seul bz. Le plan de relèvement doit être abandonné pour un autre.

En résumé il est possible, par ce procédé simple et rapide, de déceler les

déviations transversales des rayons perspectifs nuisibles pour la formation de l'image plastique. Les points affectés de ces déviations ne doivent pas être utilisés pour cette formation. La parallaxe qui subsiste dans les zones de déviation doit être annulée localement par le *by* lorsque l'on a besoin d'effectuer des pointés stéréoscopiques dans ces zones.

Les corrections de parallaxe par *by* et *bz* doivent être répétées plusieurs fois pour réduire les erreurs accidentelles; les valeurs utilisées sont la moyenne des résultats obtenus en chaque point.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation presque totalement sélective des cétones αβ-éthyléniques en cétones saturées par des nickels de Raney contraints.* Note de MM. **Raymond Cornubert, Hans-Gunther Eggert** et **Philippe Thomas.**

Dans une précédente Note ([1]) nous avons indiqué que l'hydrogénation de diverses cétones αβ-éthyléniques par un nickel de Raney C 20.12 ([2]) au sein du dichloréthane, n'avait fourni les alcools saturés correspondants qu'avec des rendements de 1-1,5 % à la fixation de 1 H_2, l'opération s'arrêtant d'elle-même à ce moment, tandis que dans l'alcool éthylique, on trouve, par exemple, 3-4 % d'alcool saturé à la fixation de 1H_2, l'opération se poursuivant aisément jusqu'à la conversion complète du carbonyle en groupe alcool secondaire (fixation de 2H_2).

Nous avons essayé d'abaisser encore ce faible pourcentage d'alcool saturé. Pattison et Degering ([3]) ayant montré que les dérivés bromés sont plus nocifs pour un nickel de Raney que les dérivés chlorés et que les dérivés iodés le sont encore bien davantage lors de l'hydrogénation de la liaison double du styrolène, nous avons étudié l'action du dibrométhane, de l'iodure de méthyle, de l'iodoforme et, enfin, de l'iode.

1 (Ph. T.). — Sauf indication contraire, il a été employé 30 g de benzylidèneacétone, 100 cm³ d'alcool et le catalyseur C 20.12 de 30 g d'alliage AN 20. Nous rappellerons que dans l'alcool, sans agent de contrainte, on fixe ainsi 1 H_2 (5 l) en 27 m.

L'influence du 1.2-dibrométhane est beaucoup plus énergique que celle du dérivé dichloré correspondant. Au sein de ce dérivé dibromé homogène, même l'hydrogénation de la liaison double est pratiquement impossible : en 28 h, il n'a été fixé que 250 cm³ d'hydrogène; d'ailleurs, le nickel s'agglomère et se fixe sur les parois de l'appareil-laboratoire. L'action de ce dérivé dibromé est évidemment bien moindre si on ne l'utilise qu'en petite quantité

([1]) R. Cornubert, H. G. Eggert et Ph. Thomas, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1248.

([2]) C'est-à-dire provenant de l'alliage à 20 % de nickel et lavé 12 fois.

([3]) Pattison et Degering, *J. Amer. Chem. Soc.*, 73, 1951, p. 611.

à la façon du chloroforme. En opérant dans de l'alcool contenant 1,2 % de 1.2-dibrométhane, la liaison double a été saturée en 1 h 15 m et, au bout de 23 h, il n'avait été fixé que 200 nouveaux centimètres cubes, ce qui a fait trouver 2,5 % de benzylisopropanol, soit pratiquement la même proportion qu'avec le chloroforme.

L'iodure de méthyle a fait connaître des résultats autrement favorables; sous l'influence de 0,38-0,45 g de ce corps, on décèle de 0,1 à 0,25 % de benzylisopropanol; évidemment, le temps de fixation de 1 H_2 est très allongé à 2 h 15 m dans un cas et même 7 h 15 m dans un autre; dans ce dernier essai, en 23 h, il n'a été fixé au total que 5,1 l et il n'a alors été trouvé que 0,25 % de benzylisopropanol.

Mais l'iodure de méthyle présente l'inconvénient de bouillir à 44°; aussi, pour les cas où un chauffage est nécessaire, avons-nous songé à un autre dérivé iodé autrement fixe que le premier : l'iodoforme. Avec 0,39 g de cette substance, il n'a été reconnu que 0,3 % de benzylisopropanol, mais il a fallu 3 h 22 m pour fixer 1 H_2.

Ainsi, ces dérivés iodés semblent représenter les substances les plus intéressantes pour contraindre les nickels de Raney lors de l'hydrogénation sélective des cétones éthyléniques. L'emploi de ces dérivés iodés présente un autre avantage sur l'utilisation des dérivés chlorés ou bromés; la solution ne verdit pas par formation de sel de nickel et ceci simplifie le travail ultérieur.

Nous avons alors pensé que l'iode lui-même pourrait créer l'effet recherché. Avec 0,32 g de ce métalloïde, il n'a été décelé que 0,7 à 0,9 % de benzylisopropanol lors de la fixation de 1 H_2; on note, d'une part, que la coloration due à l'iode disparaît immédiatement au contact du nickel de Raney; d'autre part, qu'il existe ici encore une certaine dispersion du temps de fixation de 1 H_2; deux expériences, en apparence identiques, ont exigé l'une 2 h (sans fixation ultérieure d'hydrogène au bout de plus de deux nouvelles heures), l'autre 1 h 24 m.

Le cobalt étant un catalyseur moins actif que le nickel, nous nous sommes demandé si, par contrainte, il conserverait une activité suffisante vis-à-vis de la liaison double en ne manifestant plus d'activité catalytique vis-à-vis du carbonyle. Un cobalt type Raney provenant d'alliage AlCo à 20 % de ce dernier métal, n'a travaillé qu'à 65-70°; après une longue période d'induction (1 h) et une durée totale de 8 h pour fixer 1 H_2, il a été ainsi trouvé 3,5 % de benzylisopropanol. Les catalyseurs provenant d'alliage à 40 % ont fonctionné si lentement à froid (1 H_2 en 39 h 30 m et 2 H_2 en 134 h) qu'il a fallu encore chauffer à 65-70°. Dans ces conditions, la liaison double a été saturée en 6 h, ce qui a fait déceler 4,3 % de benzylisopropanol. Des essais conduits en présence d'iodoforme ont montré que ce dernier constitue, vis-à-vis du cobalt, un poison autrement énergique que vis-à-vis

du nickel. C'est ainsi qu'en présence de 0,19 g d'iodoforme, 15 g de benzylidène-acétone ont fixé 1 H_2 en 1 h 23 m sous l'influence du catalyseur de 15 g d'alliage AN 20 (C 20.6) faisant déceler 0,5 % de benzylisopropanol, tandis qu'avec le catalyseur de 7,5 g d'alliage AlCo 40, rien n'a été fixé. Ces recherches se poursuivent.

2 (H. G. E.). — Si le dichloréthane, comme il vient d'être rappelé, a pu arrêter la fixation d'hydrogène après la saturation de la liaison double d'une cétone éthylénique, par contre, il n'a pu contraindre le nickel de Raney lors de la réduction de la cinnamylidène-acétone; cette cétone, qui comporte plusieurs conjugaisons accumulées, a été ainsi transformée, sans arrêt possible, en l'alcool saturé correspondant.

L'arrêt de l'hydrogénation au stade de la cétone saturée a, par contre, été atteint en travaillant dans l'alcool (150 cm^3) additionné de 0,5 cm^3 de dibrométhane (matière 10 g, catalyseur C 20.12 de 10 g d'alliage); après la fixation de 2 H_2, l'hydrogénation s'est arrêtée et la deuxième partie de la courbe a été une horizontale comme dans le cas des cétones monoéthyléniques dissoutes dans le dichloréthane.

De même la cinnamylidène-acétone (10 g), avec le catalyseur de 10 g d'alliage AN 20 (C 20.12), au sein de 150 cm^3 d'alcool contenant 0,11 g d'iodure de méthyle, a formé la précédente cétone saturée en 65 m; aucune fixation d'hydrogène n'a été ensuite constatée au bout de nombreuses heures. Il n'a pu être décelé d'alcool saturé, ce qui ne signifie pas qu'il ne s'en soit pas fait du tout.

M. **Charles Jacob** offrant à l'Académie, de la part des auteurs et éditeurs, le premier volume d'un *Traité de Paléontologie*, œuvre collective dirigée par M. Jean Piveteau avec, comme Secrétaire de rédaction, Mlle Colette Dechaseaux, s'exprime en ces termes :

Après quelques chapitres d'introduction signés en particulier des deux noms précédents et de celui de notre regretté Confrère, Lucien Cuénot, l'Ouvrage traite successivement des groupes inférieurs, avec les Protistes, sous la plume de MM. Georges Deflandre, Jacques Sigal et Raymond Ciry, les Spongiaires sous celle de notre Correspondant, M. Léon Moret, des Cœlentérés, chapitre dû à MM. James Alloiteau et Marius Lecompte, enfin les Bryozoaires, par M. Émile Buge. Le volume en question, richement illustré de plus de deux mille dessins ou figures, est le premier d'une série de sept volumes qui couvrira tout le règne animal; le second et le troisième sont à l'impression. On doit se réjouir de cette entreprise où, dans bien des pages, en outre de la documentation, percent des vues originales. A cette échelle, nous n'avons eu jusqu'ici en langue française que la traduction, datant de plus d'un demi siècle, par notre

regretté Confrère, CHARLES BARROIS, du célèbre Traité de KARL VON ZITTEL, naguère Correspondant de l'Académie.

M. **ALBERT DEMOLON** fait hommage à l'Académie de la deuxième édition du *Guide pour l'étude expérimentale du sol,* Ouvrage qu'il a écrit en collaboration avec M. DÉSIRÉ LEROUX.

M. **PIERRE JOLIBOIS** présente à l'Académie un Mémoire dactylographié intitulé : *Constitution et activité du Comité National de Chimie. Rapport annuel.*

M. **LÉON MORET** adresse à l'Académie six Mémoires publiés récemment : 1° *La structure de l'Ile d'Elbe, à propos de la réunion de la Société géologique italienne de septembre* 1951 ; 2° *Sur certaines structures analogues aux « cones in cones » et sur le rôle probable des courants de convection dans leur genèse;* 3° *Sources thermales alpines et grands travaux de barrages;* 4° *Les synclinaux fermés et inapparents des massifs cristallins externes des Alpes occidentales;* 5° *Précisions sur les rivages de la mer nummulitique dans les Alpes de Savoie pendant l'Eocène moyen;* 6° en collaboration avec M. GEORGES MANQUAT : *Sur la Stratigraphie du Lias inférieur des environs de Grenoble et spécialement du massif du Grand-Serre.*

CORRESPONDANCE.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Régence de Tunis. Protectorat français. Direction des Travaux publics. *Étude hydrologique de l'Oued el-Lil et de l'Oued Rhezala,* par ARNAULD DE MONTMARIN.

2° Wenner-Gren Foundation for anthropological research incorporated. *The first ten years* 1941-1951 *as the Viking Find, inc.*

ALGÈBRE. — *Note sur les matrices extérieurement équivalentes.* Note de M. **MARCEL VIVIER**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. Nous dirons que les matrices $(p\times q)$ θ et θ_1 sont extérieurement équivalentes si elles satisfont à l'égalité

$$(1)\qquad (I_p\theta)=\zeta(I_p\theta_1)T.$$

I_p étant la matrice unité d'ordre p, ζ une matrice $p\times p$ régulière et T une matrice de transposition.

2. A tout mineur, d, de θ correspond biunivoquement un mineur, d_1, de θ_1, d'ordre généralement différent, par la relation $d_1 = \pm |\zeta|^{-1} d$ ($|\zeta|$ est le déterminant de ζ).

3. Nous supposerons désormais que dans (1) T transpose, sans plus, les k premières colonnes de I_p avec les k premières colonnes homologues de θ_1.

4. Posons, avec $p = k + s$, $q = k + r$,

$$\theta = \begin{pmatrix} a_{k\times k} & b_{k\times r} \\ c_{s\times k} & d_{s\times r} \end{pmatrix}, \qquad \theta_1 = \begin{pmatrix} x_{k\times k} & \varphi_{k\times r} \\ \xi_{s\times k} & y_{s\times r} \end{pmatrix},$$

la condition $|\zeta| \neq 0$ impose $|a| \neq 0$ et $|x| \neq 0$. Il vient de (1)

$$(2) \qquad \theta = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_k & 0 \\ -\xi & I_s \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x^{-1} & 0 \\ 0 & y \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_k & \varphi \\ 0 & I_r \end{pmatrix}$$

et une relation réciproque qu'on tire de (2) par les substitutions $(a \leftrightarrow x)$, $(b \leftrightarrow \varphi)$, $(c \leftrightarrow \xi)$, $(d \leftrightarrow y)$.

5. La possibilité de mettre une matrice quelconque sous la forme (2) (k arbitraire mais $|a| \neq 0$) implique des conséquences immédiates quand $r = s$:

$$(3) \qquad 1^\circ \quad |\theta| = |a|\,|(d - ca^{-1}b)|,$$

$$\theta^{-1} = \begin{pmatrix} I_k & -\varphi \\ 0 & I_r \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x & 0 \\ 0 & y^{-1} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_k & 0 \\ \xi & I_r \end{pmatrix};$$

2° Pour que θ soit orthogonale, il faut et il suffit qu'on ait

$$(4) \qquad \theta = \begin{pmatrix} x^{-1} & 0 \\ 0 & y^{-1} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_k & \varphi \\ -\varphi' & I_r \end{pmatrix},$$

φ peut être choisie arbitrairement (φ' est sa transposée) pourvu que $|I_k + \varphi\varphi'| \neq 0$; x et y vérifient alors les relations toujours possibles

$$xx' = I_k + \varphi\varphi'; \qquad yy' = I_r + \varphi'\varphi.$$

3° On a des relations analogues si θ est unitaire. Il suffit d'y remplacer φ', x', y' par $\bar{\varphi}'$, $\bar{x}'$, $\bar{y}'$.

6. Soit la matrice $(M_{p\times n}) = (\alpha_{p\times p}\beta_{p\times q})$ ou plus brièvement $(M) = (\alpha\beta)$. Ses mineurs d'ordre p sont les composantes d'un multivecteur noté π ou $[M]$. $|\alpha| = \lambda$ est nommé *composante initiale*. Pour $|\alpha| \neq 0$, la composante obtenue par substitution dans $|\alpha|$ de la colonne $p + j_x$ de (M) à la colonne i_x ($x = 1, \ldots, k$) divisée par λ et notée $\lambda_{i_1\ldots i_k}^{j_1\ldots j_k}$ est dite *composante réduite* relativement à λ; k est son degré en λ.

7. On peut supposer les λ_i^j indépendants les uns des autres, ils suffisent avec λ à déterminer π car on a [1]

$$(5) \qquad \lambda_{i_1\ldots i_k}^{j_1\ldots j_k} = |\lambda_{i_1}^{j_1}\lambda_{i_2}^{j_2}\ldots\lambda_{i_k}^{j_k}|,$$

[1] Au second membre de (5) figure un déterminant représenté par sa diagonale principale; le même symbolisme est utilisé en (7).

le multivecteur $\lambda[(I_p\theta)]$ avec $\theta = (\lambda_i^j)$ étant équivalent à $[M]$. θ est dite *matrice caractéristique* de π associée à λ.

8. En multipliant (M) à droite par la matrice de permutation T, il apparaît un nouveau terme initial μ (supposé non nul), une nouvelle matrice caractéristique $\theta_1 = (\mu_i^j)$ et un nouveau système de notation des composantes de π. *Les matrices caractéristiques* θ *et* θ_1 *associées aux composantes (non nulles)* λ *et* μ *sont extérieurement équivalentes.*

9. Les composantes réduites en λ du degré k en λ sont d'après (5), tous les mineurs d'ordre k de θ. Notés $H_{(S)}^{(K)}|_{(K')}^{(R)}$, ils sont ce que devient $|a|$ quand dans θ, on transpose N lignes (S) de (cd) avec N lignes(K) de (ab) et N′ colonnes (R) de $\begin{pmatrix} b \\ d \end{pmatrix}$ avec N′ colonnes (K′) de $\begin{pmatrix} a \\ c \end{pmatrix}$. Mais les composantes réduites en μ, du degré k en λ sont, par ailleurs, des mineurs d'ordre 1, 2, …, de θ_1 notés en μ $\mu_{(S)}^{(K)}|_{(K')}^{(R)}$ et l'on peut écrire

$$\mu\,\mu_{(S)}^{(K)}|_{(K')}^{(R)} = \begin{vmatrix} \xi_{(S)}^{(K)} & y_{(S)}^{(R)} \\ x_{(K')}^{(K)} & \varphi_{(K')}^{(R)} \end{vmatrix} = (-1)^N H_{(S)}^{(K)}|_{(K')}^{(R)}. \tag{6}$$

10. Tout changement de base dans l'espace vectoriel E_p exprimé par $\theta_{p\times p}$ induit dans l'espace $[E_p]^{\wedge k}$ un changement de base exprimé par la matrice $\mathcal{T}$ dont les éléments sont les mineurs d'ordre k de θ. On en conclut que : *les éléments de* $\mathcal{T}$ *sont identiques aux composantes du degré* k *d'une forme extérieure simple d'ordre* p *dont les facteurs primaires appartiennent à un espace vectoriel qui possède* $2p$ *dimensions. Ils s'expriment paramétriquement comme en* (6) et θ_1 étant connue on peut retrouver θ.

11. L'expression simultanée d'une même composante en λ et μ conduit à des identités entre déterminants. Notons par exemple la suivante :

$$|\lambda_1^1 \ldots \lambda_h^h|^{k-1} |\lambda_1^1 \ldots \lambda_h^h \tau_1^1 \ldots \tau_k^k| = \big|\, |\lambda_1^1 \ldots \lambda_h^h \tau_1^1| \ldots |\lambda_1^1 \ldots \lambda_h^h \tau_k^k| \,\big|. \tag{7}$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une solution de l'équation d'ondes relative à un espace riemannien simplement harmonique.* Note de M. **Pham Mau Quan**, présentée par M. Joseph Pérès.

L'équation d'ondes relative à un espace riemannien simplement harmonique de dimension impaire admet une solution dépendant de deux fonctions arbitraires de $s+t$ et $s-t$.

1. Un espace riemannien $V_n (n > 2)$, dont la métrique $ds^2 = g_{ij}dx^i dx^j$ peut être de signature quelconque, est dit *harmonique* [1] si, pour tout point $M_0 \in V_n$, l'équation de Laplace associée $\Delta_2 u = 0$ admet une solution

(1) A. Lichnerowicz, *Bull. Soc. Math. Fr.*, 72, 1944, p. 146-168.

élémentaire $e(s)$ ne dépendant que de la distance géodésique s de M_0 à M (pour M voisin de M_0); en M_0, $e(s)$ présente la singularité de s^{2-n}.

L'espace V_n est dit *simplement harmonique* si $e(s)=s^{2-n}$. On sait que s'il est de type elliptique ou hyperbolique normal un espace simplement harmonique est euclidien ([2]); mais il n'en est plus de même dans le cas des autres signatures pour $n \geqq 4$.

2. Nous appellerons équation d'ondes relative à un V_n l'équation

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \Delta_2 u = 0. \tag{1}$$

C'est en fait l'équation de Laplace associée à la métrique $d\bar{s}^2 = dt^2 - ds^2$. Dans la suite, V_n sera supposé harmonique. Si l'on cherche pour (1) une solution ne dépendant que de s et t, on est amené à effectuer le changement de fonction

$$u = e(s)\,\lambda(s, t) \qquad (s \neq 0), \tag{2}$$

ce qui conduit au théorème :

THÉORÈME I. — *Pour que l'équation d'ondes* (1) *relative à un* V_n *harmonique admette une solution de la forme* (2), *il faut et il suffit que* $\lambda(s, t)$ *soit solution de l'équation hyperbolique*

$$\frac{\partial^2 \lambda}{\partial s^2} - \frac{\partial^2 \lambda}{\partial t^2} = \left(\frac{e''}{e'} - \frac{2e'}{e}\right)\frac{\partial \lambda}{\partial s}, \tag{3}$$

où le facteur de $(\partial\lambda/\partial s)$ *est équivalent à* $(n-3)/s$ *pour s nul.*

Le système des caractéristiques de cette équation est donné par $dt^2 - ds^2 = 0$. Ceci conduit à considérer les solutions de (3) comme dépendant par exemple des variables s et $s+t$, et à rechercher si une telle solution peut dépendre d'une fonction arbitraire $\Phi(s+t)$. Nous sommes ainsi amenés à envisager le développement

$$\lambda(s, t) = \Phi + a_1 s \Phi' + \ldots + a_p s^p \Phi^{(p)} + \ldots,$$

où $\Phi^{(p)}$ est la $p^{\text{ième}}$ dérivée de la fonction Φ et les a_p sont des coefficients constants à déterminer.

En exprimant que ce développement vérifie (3), on voit d'abord que nécessairement

$$s\left(\frac{e''}{e'} - \frac{2e'}{e}\right) = \text{const.} = n-3.$$

Pour qu'il en soit ainsi, il faut et il suffit que V_n soit simplement harmonique. Dans cette hypothèse les relations d'identification donnent

$$p(n-p-2)\,a_p = -(n-2p-1)\,a_{p-1}.$$

([2]) A. LICHNEROWICZ et A. G. WALKER, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 394; H. S. RUSE, *J. London Math. Soc.*, 21, 1946, p. 243-247.

Ainsi la solution cherchée existe effectivement si $n-2p-1$ s'annule avant $n-p-2$, ce qui n'a lieu que pour n impair ≥ 3. On a dans ces conditions, pour $2m=n-3$,

$$a_p=(-1)^p\frac{2^p}{p!}\frac{C_m^p}{C_{2m}^p} \qquad (p=1, 2, \ldots, m).$$

Un résultat analogue est valable si l'on substitue $s-t$ à $s+t$. Nous obtenons donc :

THÉORÈME II. — *L'équation d'ondes* (1) *relative à un espace simplement harmonique* V_n *de dimension impaire admet une solution de la forme*

$$u=s^{2-n}\left\{a_0\sum_{p=0}^{m}(-1)^p\frac{2^p}{p!}\frac{C_m^p}{C_{2m}^p}s^p\Phi^{(p)}(s+t)+b_0\sum_{p=0}^{m}(-1)^p\frac{2^p}{p!}\frac{C_m^p}{C_{2m}^p}s^p\Psi^{(p)}(s-t)\right\},$$

où Φ *et* Ψ *sont deux fonctions arbitraires* (3).

Si V_n est proprement euclidien (n impair), on peut déduire de ce théorème, dans le cas d'une équation d'ondes avec second membre, une formule intégrale se présentant comme une extension d'une formule classique pour $n=3$.

3. *Exemple.* — Considérons l'espace simplement harmonique non euclidien à quatre dimensions donné par Walker (4)

$$(W_4)\quad ds^2=K(x^2dx^1-x^1dx^2)^2+2\,dx^1dx^3+2\,dx^2dx^4=g_{\alpha\beta}\,dx^\alpha dx^\beta \qquad (\alpha, \beta=1, 2, 3, 4).$$

A partir d'un tel espace, on peut construire des V_n simplement harmoniques par « extension euclidienne », c'est-à-dire en effectuant le produit cartésien de W_4 par un espace euclidien E_{n-4} ; V_n aura ainsi pour métrique

$$(V_n)\qquad ds^2=g_{\alpha\beta}\,dx^\alpha dx^\beta+\Sigma(dx^A)^2 \qquad (A=5, \ldots, n).$$

Les résultats précédents s'appliquent à l'équation d'ondes relatives à V_n

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}-\Delta_2 u\equiv\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}-(\Delta_2^E+\Delta_2^W)\,u=0$$

ou sous forme explicite

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}-\Sigma_A\frac{\partial^2 u}{\partial(x^A)^2}+K(x^2)^2\frac{\partial^2 u}{\partial(x^3)^2}+K(x^1)^2\frac{\partial^2 u}{\partial(x^4)^2}$$
$$-2Kx^1x^2\frac{\partial^2 u}{\partial x^3\partial x^4}-2\frac{\partial^2 u}{\partial x^1\partial x^3}-2\frac{\partial^2 u}{\partial x^2\partial x^4}=0,$$

où n est supposé impair.

(3) On convient naturellement que $C_m^0=1$, $\Phi^{(0)}=\Phi$, $\Psi^{(0)}=\Psi$.

(4) A. G. WALKER, *J. London Math. Soc.*, 20, 1945, p. 93-99.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE GLOBALE. — *Espaces riemanniens et hermitiens symétriques.* Note de MM. **Armand Borel** et **André Lichnerowicz**, présentée par M. Joseph Pérès.

Théorèmes généraux sur les espaces riemanniens localement ou globalement symétriques. Condition nécessaire et suffisante pour qu'un espace symétrique à groupe d'isométries semi-simple admette une structure analytique complexe invariante par les symétries (espaces hermitiens symétriques). Liste des espaces hermitiens symétriques.

1. L'espace riemannien complet V_m, de classe C^1, est globalement (resp. localement) symétrique si tout point $x \in V_m$ est point fixe isolé d'une isométrie (resp. isométrie locale) involutive $\mathcal{S}_x$ de V_m. Le groupe local des isométries locales est alors transitif, de plus :

Théorème 1. — *Le groupe local $\mathcal{G}$ des isométries locales d'un espace riemannien localement symétrique admet une structure de Lie naturelle.*

La démonstration repose principalement sur le fait que les « transvections » $\mathcal{S}_y . \mathcal{S}_x$ (y voisin de x), forment une section locale de la fibration de $\mathcal{G}$ par le groupe d'isotropie local $\mathcal{H}_x$ de x. Ainsi V_m est localement homogène de Lie et comme il est complet, il résulte de [1] que son revêtement universel est globalement symétrique.

2. Si V_m est globalement symétrique, son plus grand groupe connexe G d'isométries [qui est de Lie [2]] est transitif, donc $V_m = G/H$, où H est le groupe d'isotropie d'un point $x \in V_m$, donc compact et sans sous-groupe $\neq \{e\}$ invariant dans G; la correspondance $g \to \mathcal{S}_x g \mathcal{S}_x$ est un automorphisme involutif S de G; H est tel que : *a*. S est identique sur H; *b*. il contient le plus grand sous-groupe connexe de G sur lequel S est identique; un sous-groupe satisfaisant à *a*. et *b*. est dit un *sous-groupe caractéristique de* S.

Inversement, nous dirons qu'un espace homogène G/H, (G connexe de Lie, H compact sans sous-groupe $\neq \{e\}$ invariant dans G), est *homogène symétrique* si H est caractéristique d'un automorphisme involutif de G; l'espace G/H est alors globalement symétrique pour toute métrique riemannienne invariante par G. La donnée d'une telle métrique définit sur G/H une structure d'espace *homogène riemannien symétrique;* G n'est pas forcément le plus grand groupe connexe d'isométries de G/H, cependant on peut à l'aide du théorème 1 préciser le résultat du n° 67 de [3] par le

Théorème 2. — *Si* G/H *est homogène riemannien symétrique et si* G *est semi-*

---

(1) C. Ehresmann, *Enseign. Math.*, 35, 1936, nos 6, 7, p. 317-322.

(2) Myers-Steenrod, *Ann. Math.*, 40, 1939, p. 400-416; ici cela résulte aussi du théorème 1.

(3) E. Cartan, *Mém. Sc. Math.*, fasc. 42, Paris, 1930.

simple, G *contient le plus grand groupe connexe local* $\mathcal{G}_0$ *d'isométries locales de* G/H.

3. Le groupe G contient toujours les transvections $\mathcal{S}_u . \mathcal{S}_v (u, v \in G/H)$ de l'espace homogène riemannien symétrique G/H; le transport parallèle le long d'un segment géodésique étant fourni par une transvection ([4]), il en résulte aisément que le groupe d'holonomie homogène Ψ_x en x ([5]) est sous-groupe invariant du groupe linéaire d'isotropie $\widetilde{H}$ (groupe des transformation linéaires induites par H dans l'espace T_x tangent en x à G/H); par conséquent :

PROPOSITION 1. — *Sur l'espace homogène riemannien symétrique* G/H, *toute forme différentielle invariante par* G *est à dérivée covariante nulle.*

Ψ_x et $\widetilde{H}$ peuvent être distincts; cependant on peut établir que, pour tout espace G/H à métrique non euclidienne, leurs plus grands sous-groupes connexes, σ_x et $\widetilde{H}_0$, sont *simultanément réductibles ou non* (dans le réel); par ailleurs, ces sous-groupes coïncident si G est semi-simple. L'espace homogène symétrique G/H sera dit irréductible si $\widetilde{H}_0$ est irréductible. Tout espace homogène symétrique est localement isomorphe au produit d'un espace euclidien par des espaces symétriques irréductibles G_i/H_i, où G_i est semi-simple (*cf.* ([3]), n° 64).

4. L'espace *hermitien* V_m, $(m = 2n)$, est symétrique (globalement), si tout point $x \in V_m$ est point fixe isolé d'un automorphisme involutif de V_m (pour la structure complexe hermitienne). Le plus grand groupe connexe G d'automorphismes de V_m est transitif de Lie, et $V_m = G/H$ où H est compact, caractéristique d'un automorphisme involutif de G ; on définit comme au numéro 2 la notion d'espace *homogène hermitien symétrique*; un tel espace est symétrique pour la métrique riemannienne associée à la métrique hermitienne donnée, qui est donc toujours *kählérienne* (prop. 1).

THÉORÈME 3. — *Pour que l'espace homogène riemannien symétrique* G/H *soit hermitien symétrique il faut et il suffit, si* G *est semi-simple, que le groupe linéaire d'isotropie laisse invariante une structure complexe de l'espace tangent* T_x. *Dans ce cas, le centre de* H *est non discret et sa composante connexe de e contient la symétrie* $\mathcal{S}_x$.

Il est clair que la condition est nécessaire; montrons qu'elle est suffisante. On définit aisément sur G/H une structure presque hermitienne invariante par G, subordonnée à la structure riemannienne donnée; la partie imaginaire de la forme hermitienne est à dérivée covariante nulle (prop. 1) et comme nous sommes ici dans le cas analytique réel, la structure presque hermitienne dérive d'une structure kählérienne, évidemment unique, donc invariante

---

([4]) E. CARTAN, *Leçons sur la géométrie des espaces de Riemann*, 2e édit., Paris, 1946, Chap. XI.

([5]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1835-1837.

par G. La structure complexe de T_x est définie par une transformation $J(J^2 = -Id)$ échangeable avec $\widetilde{H}$; on vérifie qu'elle satisfait aux conditions de E. Cartan pour les transformations infinitésimales du groupe d'isotropie local $\mathcal{H}_x$ [(4), p. 266]; par suite, vu le théorème 2, $\exp(tJ)$ est sous-groupe central de $\widetilde{H}$; enfin $\mathcal{S}_x = \exp(\pi J)$.

5. L'espace hermitien symétrique G/H sera dit irréductible si le groupe linéaire d'isotropie complexe est irréductible; du théorème 3 et de (3), numéros 64, 68, on tire :

Théorème 4. — *Un espace homogène hermitien symétriquue* G/H *est localement isomorphe au produit d'un espace unitaire par des espaces hermitiens symétriques* G_i/H_i, *où* G_i *est simple* (6).

On est donc ramené à l'étude des espaces hermitiens symétriques G/H, où G est simple. Ils sont tous simplement connexes; ceux qui sont non compacts correspondent (au moins pour les quatre grandes classes) aux domaines bornés symétriques irréductibles de C^n (7); ceux qui sont compacts sont les quotients (8) $SU(p+q)/SU(p)\times SU(q)\times T^1$, $SO(2n)/U(n)$, $SO(n+2)/SO(n)\times T^1$, $Sp(n)/U(n)$, $E_6/Spin(10)\times T^1$, $E_7/E_6\times T^1$, ce sont des variétés algébriques.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Fonctions caractéristiques de certaines répartitions définies au moyen de la notion d'ordre. Application à la théorie des attentes.* Note de M. **Félix Pollaczek**, présentée par M. Émile Borel.

Soient $X_1, X_2, \ldots$ des variables aléatoires (v. a.) indépendantes ayant toutes la même fonction de répartition (f. r.) $f(t)$ dont la fonction caractéristique (f. c.) $\varphi(z) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{zt}\,df(t)$ est supposée holomorphe pour $|R(z)| < \delta$ $(0 < \delta \ll 1)$; nous allons déterminer les f. c. des v. a.

$$(1)\quad X_{n,\nu}(1, 2, \ldots, n) = \max{}^{(\nu)}(X_1, X_1+X_2, \ldots, X_1+\ldots+X_n) \qquad (n, \nu-1 = 0, 1, \ldots)$$

et leurs limites ainsi que des f. c. apparentées. Ici, $\max^{(\nu)}(a_1, \ldots, a_n)$ désigne, pour $n \geqq \nu \geqq 1$, le $\nu^{\text{ième}}$ des nombres a_i, rangés par ordre non croissant ($\max^{(1)} \equiv \max$); pour $\nu > n \geqq 0$, nous posons $\max^{(\nu)} = 0$, si bien qu'alors $X_{n,\nu} = 0$.

Écrivons a^+ pour $\max(a, 0)$, et $\max^{(\nu)+}$ au lieu de $(\max^{(\nu)}, 0)$. Pour construire la fonction génératrice (f. g.) $F(q, z, \zeta) = \sum_{n=0}^{\infty}\sum_{\nu=1}^{\infty} \zeta^n z^{\nu-1}\varphi_{n,\nu}(-q)$ des f. c. $\varphi_{n,\nu}(-q) = \mathfrak{M}e^{-qX_{n,\nu}^+}$ des v. a. $X_{n,\nu}^+$, nous utilisons les formules

(6) Ces derniers espaces sont toujours irréductibles.

(7) E. Cartan, *Abh. a. d. math. Hamburg*, 11, 1935, p. 116-162.

(8) Pour les groupes classiques, nous suivons les notations de C. Chevalley, *Theory of Lie groups*, Princeton, 1946.

[*voir* (1)]

$$(2)\quad \exp\left(-q \max{}^{\nu,+}(a_1,\dots,a_n)\right) = q\,S_n^{\nu-1} e^{-\sum\limits_1^n a_k z_k} \left(q - \sum_{k\neq 1',\dots,\lambda'}^{1,n} z_k\right)^{-1} \quad \left(\mathrm{R}(q)>0,\ \mathrm{R}(q)>\mathrm{R}\sum_1^n z_k\right),$$

$$S_n^{\nu-1} f(z_1,\dots,z_n) = \sum_{\lambda=0}^{\nu-1} \sum_{1',\dots,\lambda'=1}^{n} C'_{1'}\dots C'_{\lambda'} \prod^{n\,\prime}_{\lambda'} C_k f(z_1,\dots,z_n);$$

$$C_k = \frac{1}{2\pi i}\int_{-\infty i+0}^{i\infty+0}\dots\frac{dz_k}{z_k}, \qquad C'_k = \frac{1}{2\pi i}\int_{i\infty-0}^{-i\infty-0}\dots\frac{dz_k}{z_k},$$

$1', \dots, \lambda'$, parcourant toutes les combinaisons λ à λ de $1, \dots, n$; il vient ainsi

$$(3)\quad \begin{cases} \varphi_{n,\nu}(-q) = \displaystyle\int_{-\infty}^{\infty} df(X_1)\dots\int_{-\infty}^{\infty} df(X_n)\, e^{-qX^+_{n,\nu}} = q\,S_n^{\nu-1}\prod_{k=1}^{n}\varphi\left(-\sum_{\mu=k}^{n} z_\mu\right)\left(q-\sum_1^n z_k\right)^{-1} \\ \quad = \dfrac{q}{2\pi i}\displaystyle\int_{-i\infty+0}^{i\infty+0}\frac{\varphi(-\xi)}{\xi(q-\xi)}\sum_{\lambda=0}^{\nu-1}\varphi^{\lambda}(-\xi)\,(\varphi_{n-1-\lambda,\nu-\lambda}(-\xi)-\varphi_{n-1-\lambda,\nu-\lambda-1})(-\xi)\,d\xi, \end{cases}$$

$$(4)\quad \begin{cases} \mathrm{F}(q,z,\zeta) = \dfrac{1}{(1-z)(1-z\zeta)} + \dfrac{\zeta q}{2\pi i}\displaystyle\int_{-i\infty+0}^{i\infty+0}\frac{1}{\xi(q-\xi)}\,\frac{(1-z)\varphi(-\xi)}{1-z\zeta\varphi(-\xi)}\,\mathrm{F}(\xi,z,\zeta)\,d\xi \\ \qquad\qquad \left(\mathrm{R}(q-\xi)>0\right). \end{cases}$$

Cette équation intégrale peut être résolue explicitement [*voir* (3)]; on obtient ainsi

$$(5)\quad \begin{cases} \mathrm{F}(q,z,\zeta) = \dfrac{1}{(1-\zeta)(1-z)}\exp\left[\dfrac{q}{2\pi i}\displaystyle\int_{-i\infty-0}^{i\infty-0}\frac{1}{\xi(q-\xi)}\log\frac{1-z\zeta\varphi(-\xi)}{1-\zeta\varphi(-\xi)}\,d\xi\right] \\ \qquad\qquad \left(\mathrm{R}(q)\geqq 0,\ |z|,\ |\zeta|<1\right). \end{cases}$$

En ajoutant, dans le deuxième membre de (4), le facteur $e^{c(q-\xi)}$, nous obtenons la f.g. des f.c. des v.a. $X^+_{n,\nu;c} = \max\limits_{i=1,\dots,n}{}^{(\nu)+}\left(c+\sum\limits_{\lambda=1}^{i} X_\lambda\right) - c$, et de là, pour $c\to+\infty$, la f.g.

$$(6)\qquad \mathrm{F}_\infty(q,z,\zeta) = \frac{1}{(1-z)(1-z\zeta)} + \frac{\zeta(1-z)\varphi(-q)}{1-\zeta\varphi(-q)}\,\mathrm{F}(q,z,\zeta)$$

des f.c. des v.a. $X_{n,\nu}$. Les f.c. de v.a. vectorielles telles que $\left(X^+_{n,\nu}(1,\dots,n+j),\ X^+_{n,\nu}(j+1,\ \dots,\ n+j)\right)$ $(j=1,\ 2,\ \dots)$ peuvent être construites à l'aide des méthodes utilisées dans (1) et (2); pour la f.g. des f.c.

$$\psi_{n,j}(-q_1,-q_2) = \mathfrak{M}\exp\left(-q_1\max_{i=1,\dots,n+j}{}^{+}\sum_{\lambda=1}^{i} X_\lambda - q_2\max_{i=1,\dots,n}{}^{+}\sum_{\lambda=1}^{i} X_{\lambda+j}\right),$$

(1) F. Pollaczek, *Ann. Inst. H. Poincaré*, **11**, 1950, p. 113.

(2) *Ibid.*, p. 135.

(3) *J. Math. pures et appl.*, 9e série, **24**, 1945, p. 73.

il vient ainsi :

$$(7)\quad \begin{cases} \displaystyle\sum_{n=0}^{\infty}\sum_{j=1}^{\infty}\zeta_1^n\zeta_2^{j-1}\psi_{n,j}(-q_1,-q_2) \\ \displaystyle\quad = \frac{q_1}{2\pi i}\int_{-i\infty+0}^{i\infty+0} B(q_1,\xi,\zeta_2)B(\xi+q_2,0,\zeta_1)\frac{\xi+q_2}{\xi}\varphi(-\xi)\,d\xi, \\ \displaystyle B(q,\xi,\zeta) = \frac{1}{q-\xi}\exp\left[-\frac{1}{2\pi i}\int_{-i\infty}^{i\infty}\frac{q-\xi}{(q-\xi')(\xi'-\xi)}\log\bigl(1-\zeta\varphi(-\xi')\bigr)\,d\xi'\right] \\ \qquad\qquad \bigl(R(q)>0,\ R(\xi)<0\bigr). \end{cases}$$

En admettant qu'il existe δ', $\delta''>0$ tels que $|\varphi(iy)-1|>\delta'$ pour $|y|>\delta''$, et que $\varphi'(0)<0$, on tire de (5) pour $n\to\infty$:

$$(8)\qquad \sum_{\nu=1}^{\infty}\varphi_{\infty,\nu}(-q) = \frac{1}{1-z}\exp\left[\frac{q}{2\pi i}\int_{-i\infty-0}^{i\infty-0}\frac{1}{\xi(q-\xi)}\log\frac{1-z\varphi(-\xi)}{1-\varphi(-\xi)}\,d\xi\right];$$

les formules correspondantes qui sont valables dans le cas où $\varphi(z)$ est de la forme $\sum_{\nu=-n_1}^{n_2} a_\nu e^{\nu h z}$, se simplifient.

Application [*voir* ([1])]. — Soient $Z_1=0$, Z_2, ...; T_1, T_2, ...; $\tau_1=0$, τ_2, ... respectivement les instants d'arrivée, les durées d'opération, les délais d'attente des personnes se présentant à un guichet où elles seront traitées selon leur ordre d'arrivée; en posant $Z_{n+1}-Z_n=Y_n$, $T_n+Z_n-Z_{n+1}=T_n-Y_n=X_n$, on a $\tau_{n+1}=(\tau_n+T_n-Y_n)^+$ et de là,

$$(9)\quad \begin{cases} \displaystyle\tau_{n+1} = \max{}^+\left[T_n-Y_n,\ T_{n-1}+T_n-Y_{n-1}-Y_n,\ \ldots,\ \sum_{l=1}^{n}(T_l-Y_l)\right] \\ \quad = X^+_{n,1}\ (n,\ n-1,\ \ldots,\ 1). \end{cases}$$

Supposons que les T_n ainsi que les écarts Y_n entre deux arrivées successives sont des v. a. indépendantes telles que $\mathrm{Prob}(t<T_n<t+dt)=df_1(t)$, $\mathrm{Prob}(t<Y_n<t+dt)=df_2(t)$, les f. r. $f_1(t)$ et $f_2(t)$ étant *arbitraires* à ceci près que

$$\varphi(z)=\mathfrak{M}\,e^{zX}=\mathfrak{M}\,e^{z(T-Y)}=\int_0^{\infty}e^{zt}\,df_1(t)\int_0^{\infty}e^{-zt}\,df_2(t)$$

doit satisfaire à nos hypothèses. Alors, la f. c. de τ_n et sa limite pour $n\to\infty$ sont données respectivement par $\varphi_{n-1,1}(-q)$ [équat. (5) pour $z=0$] et par $\varphi_{\infty,1}(-q)$ [équat. (8) pour $z=0$]; de même, $\psi_{n-1,j}$ est la f. c. de (τ_{n+j},τ_n).

([1]) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 2042.

ÉLASTICITÉ. — *Étude photoélastique de la rupture par flexion pure.* Note de M. FÉLIX ZANDMAN, présentée par M. Joseph Pérès.

Je me suis proposé de déterminer l'évolution des contraintes dans une barre de section rectangulaire, au cours d'un essai de rupture par flexion. A cet effet, j'ai photographié avec une source donnant jusqu'à 15 000 éclairs instantanés par seconde, les isochromatiques d'une éprouvette de méthacrylate de méthyle, en utilisant la déformation de celle-ci pour commander le train d'étincelles d'illumination.

Voici à titre d'exemple la description des phénomènes enregistrés au cours d'une expérience, à la vitesse de 4 000 photos par seconde.

1° Immédiatement après le choc, la région où se trouverait la ligne neutre dans le cas de la flexion statique est en état de compression marquée. Ce phénomène, dû vraisemblablement à l'interférence des ondes élastiques issues des appuis sur lesquels repose l'éprouvette, est transitoire; sa durée est 1/2000 de seconde environ.

2° La progression des franges isochromatiques est oscillatoire; la valeur maxima de la contrainte transitoire est souvent supérieure de 30 % à la valeur qu'elle atteint quand l'équilibre est établi (*fig.* 1). Il est possible que la rupture soit due à cette surtension momentanée.

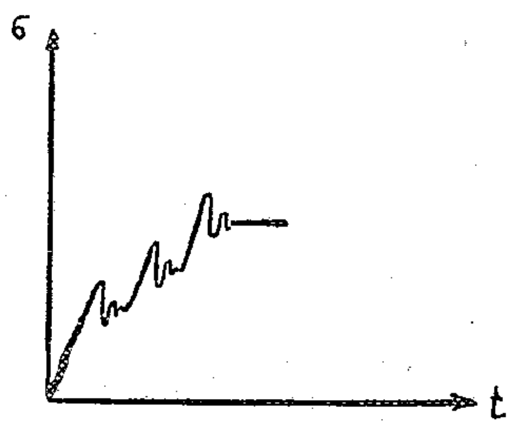


Fig. 1. — σ, contrainte; *t*, temps.

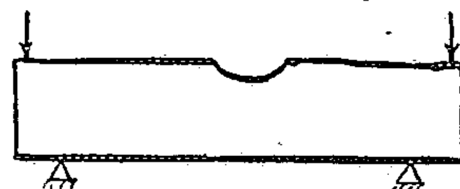


Fig. 2. — Éprouvette de flexion.

3° 1/4000 de seconde avant la rupture, on observe dans l'air une onde de choc perpendiculaire à l'éprouvette. Cette onde prend une forme circulaire quand la fente provoquée par la rupture arrive au centre. Elle disparaît complètement quand la rupture est terminée (photo 1).

4° Le début de la rupture provoque un déplacement de la ligne neutre et une concentration des contraintes dans la partie de l'éprouvette non affectée par la rupture. Les isochromatiques prennent la forme de cercles dont les centres se trouvent sur le prolongement de la ligne neutre (photo 2). Les contraintes correspondant à ces cercles sont provoquées, à l'état statique, par une charge parallèle au bord de l'éprouvette et concentrée en un point de celui-ci. La ligne de séparation de ces cercles est en forme de V.

Par la suite, la rupture chemine suivant ce contour. Quand elle arrive au diamètre extérieur des isochromatiques circulaires, il s'établit un autre état de contrainte analogue au premier mais de signe inverse. Ceci produit un changement dans la direction de la fente.

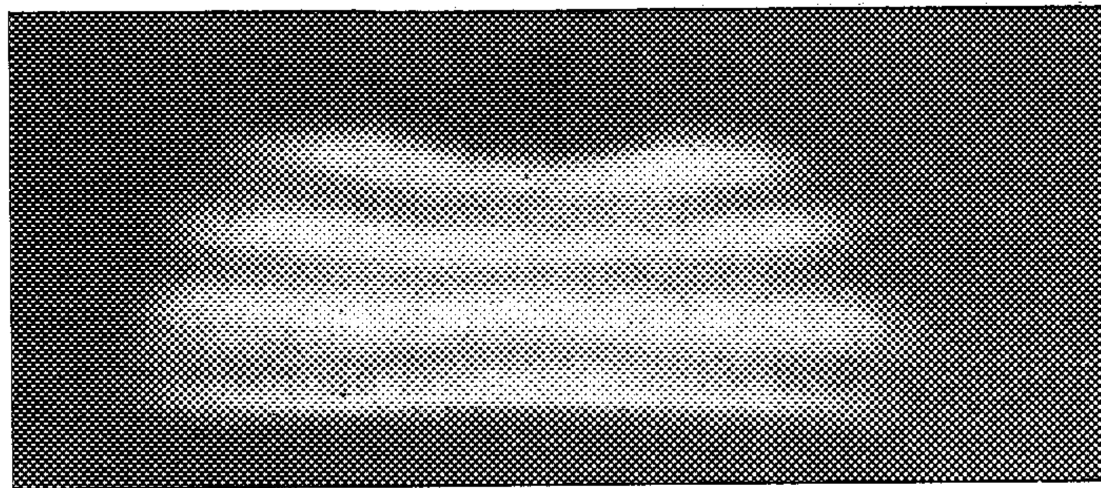


Photo 1.

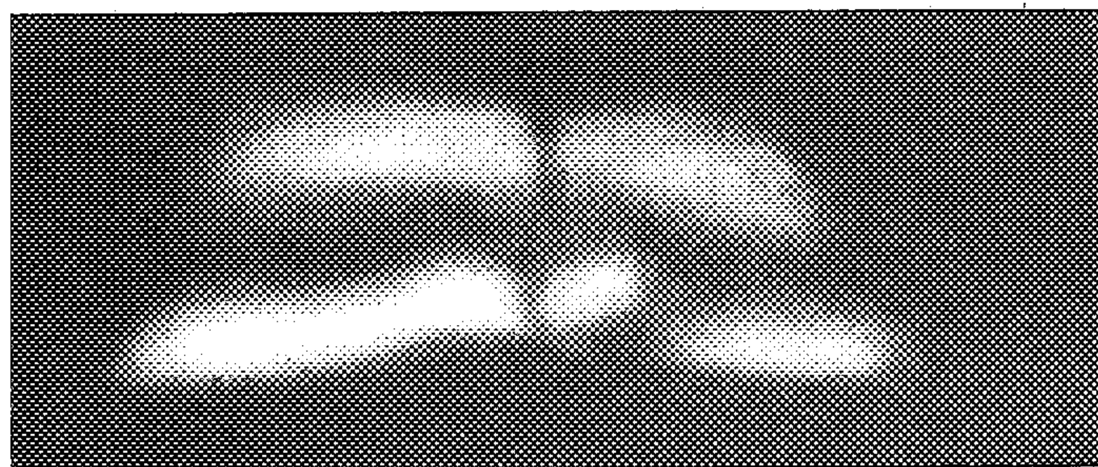


Photo 2.

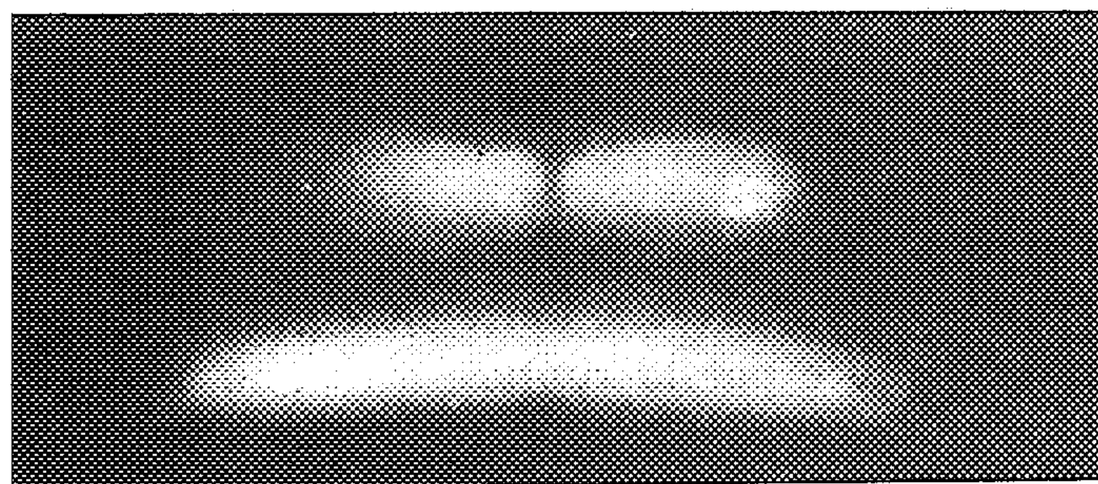


Photo 3.

5° Une fois la rupture consommée, la ligne neutre revient à sa place initiale qui correspond à l'état statique (photo 3).

6° La rupture se propage avec une vitesse 15 fois plus petite que la détente des ondes élastiques dans le méthacrylate de méthyle. Cela s'expli-

querait par le fait que la rupture s'y propage par à-coups, avec un temps d'arrêt à chaque étape.

Ces expériences paraissent confirmer pleinement nos hypothèses antérieures sur la forme de la fente de rupture et son mode de propagation ([1]).

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur les solutions périodiques de la troisième sorte dans le problème des trois corps.* Note (*) de M. **Jean Grémillard**, présentée par M. Jean Chazy.

L'existence de certaines solutions périodiques de la troisième sorte du problème des trois corps obtenues par Poincaré, et ayant des excentricités nulles au début du mouvement, a été contestée par Charlier. En partant des équations de Poincaré, on montre ici que de telles solutions existent réellement, et l'on en forme les conditions d'existence.

1. Les équations de Poincaré sont les suivantes ([1]) :

$$(1)\quad \begin{cases} \dfrac{\partial R}{\partial e} - kA_0\dfrac{e\cos i}{\sqrt{1-e^2}} = 0, & \dfrac{\partial R}{\partial e'} - kA'_0\dfrac{e'\cos i'}{\sqrt{1-e'^2}} = 0, \\ \dfrac{\partial R}{\partial i} - kA_0\sqrt{1-e^2}\sin i = 0, & \dfrac{\partial R}{\partial i'} - kA'_0\sqrt{1-e'^2}\sin i' = 0, \end{cases}$$

$$(2)\quad A_0\sqrt{1-e^2}\cos i + A'_0\sqrt{1-e'^2}\cos i' - C = 0 ;$$

R représente la valeur moyenne de la fonction perturbatrice pendant une période du mouvement, C est la constante des aires, et k une inconnue auxiliaire. La fonction R vérifie l'équation aux dérivées partielles $(\partial R/\partial i) - (\partial R/\partial i') = 0$, et l'on peut remplacer l'une des équations (1) en $\partial R/\partial i$ et $\partial R/\partial i'$ par l'équation plus simple

$$(3)\quad A_0\sqrt{1-e^2}\sin i - A'_0\sqrt{1-e'^2}\sin i' = 0 ;$$

cela quel que soit k, car l'équation (3) est l'une des équations des aires.

La résolution des équations qui précèdent fournit les valeurs initiales des quatre variables e, e', i, i' correspondant à des trajectoires périodiques : on sait en effet qu'il ne peut y avoir d'orbites périodiques que pour certaines valeurs initiales particulières des éléments des mouvements osculateurs. Le résultat de Poincaré est le suivant : il existe six développements différents de e, e', i, i' en fonction de la variable auxiliaire ρ définie par l'équa-

([1]) *Comptes rendus*, **233**, 1951 p. 20.

(*) Séance du 4 juin 1952.

([1]) *Les méthodes nouvelles de la Mécanique céleste*, **1**, 1892, p. 144; *voir* Charlier, *Die Mechanik des Himmels*, **2**, 1907, p. 231; et aussi von Zeipel, *Recherches sur les solutions périodiques de la troisième sorte dans le problème des trois corps* (*Société royale des sciences d'Upsala*, 1904).

tion $2\Lambda_0 + 2\Lambda'_0 - 2C = \rho^2$; parmi ces six développements, quatre correspondent à des inclinaisons nulles, et donnent donc des solutions périodiques de la deuxième sorte. Reste à considérer les deux autres.

2. D'après les propriétés classiques de la fonction perturbatrice, on sait que R est une fonction paire par rapport à l'ensemble des deux variables i et i'. Il résulte que l'équation en $\partial R/\partial i$ du système (1) est impaire par rapport à l'ensemble de ces deux variables; l'équation (3) est aussi impaire par rapport à l'ensemble des variables i et i'. On sait d'autre part que, dans les solutions périodiques, les moyens mouvements des deux trajectoires osculatrices doivent satisfaire à la relation $n/n' = p/q$, p et q étant deux entiers positifs premiers entre eux.

Nous supposerons en outre $p > q$. La fonction R sera paire par rapport à l'ensemble des deux variables e et e' si $p - q$ est un nombre pair; les deux équations du système (1) en $\partial R/\partial e$ et $\partial R/\partial e'$ seront impaires par rapport à l'ensemble des variables e et e'. Nous supposerons donc dans ce qui suit que $p - q$ est un nombre pair, et, pour fixer les idées, au moins égal à 4.

3. En mettant en évidence dans les trois premières équations (1) et dans l'équation (3) les termes du premier ordre, et dans l'équation (2) les termes du second ordre, nous obtenons le système suivant :

$$X_1 \equiv \frac{B_1}{4}e - \frac{B_2}{4}e' - k\Lambda_0 e + D_1 = 0, \qquad X_2 \equiv -\frac{B_2}{4}e + \frac{B_1}{4}e' - k\Lambda'_0 e' + D_2 = 0,$$

$$X_3 = -\frac{B_1}{4}(i + i') - k\Lambda_0 i + D_3 = 0, \qquad X_4 \equiv \Lambda_0 i - \Lambda'_0 i' + D_4 = 0,$$

$$X_5 \equiv \Lambda_0(e^2 + i^2) + \Lambda'_0(e'^2 + i'^2) + D_5 - \rho^2 = 0,$$

D_1, D_2, D_3, D_4 contenant l'ensemble des termes de degré au moins égal à 2 et D_5 l'ensemble des termes de degré au moins égal à 4, par rapport aux variables e, e', i, i'. L'application de la théorie des fonctions implicites aux trois équations

$$(4) \qquad X_1 = 0, \qquad X_2 = 0, \qquad X_4 = 0,$$

permet d'exprimer e, e' i, en fonction de i', car pour les valeurs nulles des quatre variables on a

$$(5) \qquad \frac{D(X_1, X_2, X_4)}{D(e, e', i)} = \Lambda_0\left[\left(\frac{B_1}{4} - k\Lambda_0\right)\left(\frac{B_1}{4} - k\Lambda'_0\right) - \left(\frac{B_2}{4}\right)^2\right] \neq 0,$$

donc pourvu que k n'annule pas la quantité entre crochets.

En vertu de l'hypothèse faite sur la parité de $p - q$, *les équations* $X_1 = 0$ *et* $X_2 = 0$ *sont vérifiées identiquement quels que soit* i *et* i' *par* $e = e' = 0$; *avec les mêmes valeurs de* e *et* e', *l'équation* $X_4 = 0$ *donne un développement de* i *en fonction de* i' *qui s'annule avec* i'. *D'après la théorie des fonctions implicites, la solution ainsi trouvée est unique.*

Les solutions du système (4) sont donc, après substitution dans l'équation en X_3

$$e=0, \quad e'=0; \quad i=\pm\rho\frac{\Lambda'_0}{h}+\ldots, \quad i'=\pm\rho\frac{\Lambda_0}{h}\ldots, \quad \text{avec} \quad h=+\sqrt{\Lambda_0\Lambda'_0(\Lambda_0+\Lambda'_0)}.$$

On a ainsi deux développements différents de i et de i' en fonction de ρ, et, en utilisant l'équation $X_3=0$, on obtient la valeur de k correspondant à la solution considérée. Pour $\rho=0$, cette valeur se réduit à

$$k=-\frac{B_1}{4}\left(\frac{1}{\Lambda_0}+\frac{1}{\Lambda'_0}\right),$$

et l'on vérifie qu'elle n'annule pas le crochet de l'équation (5). Si au contraire on utilise pour déterminer k les deux autres équations $X_1=0$ et $X_2=0$, on retombe sur les solutions de la deuxième sorte.

Donc, dans le cas où $p-q$ est pair, il existe des solutions périodiques de la troisième sorte où les deux excentricités sont nulles au début du mouvement, et où les inclinaisons initiales peuvent se développer en séries entières en la variable auxiliaire ρ.

ROTATION DES ASTRES FLUIDES. — *Sur une relation entre la densité d'une masse fluide et la pesanteur superficielle.* Note de M. **Lucien Bragard**, présentée par M. Jean Chazy.

En identifiant les coefficients des puissances de la distance du point potentié, dans l'expression classique du potentiel d'une masse fluide en rotation uniforme, et dans l'expression transformée par la formule de Green, on forme une équation intégrale triple, dont la solution donne une relation générale entre la densité et la pesanteur superficielle.

Le potentiel d'une masse fluide en équilibre de densité ρ continue, et animée d'un mouvement de rotation uniforme de vitesse angulaire ω autour de Oz, est en un point extérieur de colatitude θ

$$V=f\iiint_D \rho\frac{d\tau}{\Delta}+\frac{1}{2}\omega^2r^2\sin^2\theta, \tag{1}$$

ou en développant $1/\Delta$ en série absolument et uniformément convergente pour $r'<r$,

$$V=f\sum_{n=0}^{\infty}\frac{1}{r^{n+1}}\iiint_D \rho P_n r'^{n+2}\sin\theta'\,d\theta'\,d\varphi'\,dr'+\frac{1}{2}\omega^2r^2\sin^2\theta. \tag{2}$$

La série (2) converge uniformément pour $r>R$, R étant le rayon vecteur de la surface libre de la masse, défini en fonction de θ' et φ'. Ce potentiel peut

encore s'écrire ([1])

$$V = \frac{\omega^2}{2\pi}\iiint_D \frac{d\tau}{\Delta} + \frac{1}{4\pi}\iint_S g\frac{d\sigma}{\Delta} + \frac{1}{2}\omega^2 r^2 \sin^2\theta, \tag{3}$$

ou, en développant et en transformant l'intégrale de surface en une intégrale de volume,

$$\begin{aligned} V = {} & \frac{\omega^2}{2\pi}\sum_{n=0}^{\infty}\frac{1}{r^{n+1}}\iiint_D P_n r'^{n+1}\sin\theta'\,d\theta'\,d\varphi'\,dr' \\ & + \frac{1}{4\pi}\sum_{n=0}^{\infty}\frac{n+2}{r^{n+1}}\iiint_D g\,\text{séc}\,\eta\,P_n r'^{n+1}\sin\theta'\,d\theta'\,d\varphi'\,dr' + \frac{1}{2}\omega^2 r^2\sin^2\theta, \end{aligned} \tag{4}$$

η étant l'angle de la normale et du rayon vecteur R. La série (4) converge uniformément pour $r > R$.

Les expressions (1) et (3) étant équivalentes, nous obtenons en identifiant les coefficients de $1/r^{n+1}$ dans (2) et (4), et en résolvant

$$f\rho r' - \frac{\omega^2}{2\pi}r' - \frac{(n+2)}{4\pi}g\,\text{séc}\,\eta = \frac{H_n}{r'^{n-1}} \qquad (n \geqq 0), \tag{5}$$

H_n désignant la solution générale de l'équation

$$\iiint_D H_n(r', \theta', \varphi')\,P_n\,d\tau = 0 \qquad (n \geqq 0). \tag{6}$$

Les équations (5) doivent être compatibles. Il en résulte la condition

$$\frac{1}{4\pi}g\,\text{séc}\,\eta = -\frac{H_n}{r'^{n-1}} + \frac{H_{n-1}}{r'^{n-2}} \qquad (n \geqq 1). \tag{7}$$

En additionnant membre à membre les n premières équations (7), on trouve

$$\frac{n}{4\pi}g\,\text{séc}\,\eta = -\frac{H_n}{r'^{n-1}} + H_0 r' \qquad (n \geqq 0), \tag{8}$$

H_0 étant la solution générale de l'équation (6) où l'on fait $n = 0$,

$$\iiint_D H_0\,d\tau = 0, \tag{9}$$

et devant être d'ailleurs, comme H_n, de dimensions T^{-2}.

En résolvant ensuite par rapport à ρ la relation obtenue par addition membre à membre de (5) et (8), nous aurons la relation

$$\rho = \frac{1}{2\pi f}\left(\omega^2 + \frac{g\,\text{séc}\,\eta}{r'} + 2\pi H_0\right), \tag{10}$$

relation entre la densité au point (r', θ', φ'), *l'intensité de la pesanteur normale*

([1]) R. Wavre, *Figures planétaires et Géodésie*, Paris, Gauthier-Villars, 1932, p. 69.

superficielle g *au point* (R, θ', φ'), *l'inclinaison* η *de la normale sur le rayon vecteur* R, *et la vitesse angulaire* ω. g sera obtenu en exprimant que la surface libre est une surface de niveau.

Dans le cas où la surface libre de la masse est sphérique, l'on a $\eta = 0$, et

$$\rho = \frac{1}{2\pi f}\left(\omega^2 + \frac{g}{r'} + 2\pi H_0\right),$$

Application. — Comme conséquence particulière, proposons-nous de calculer $\iiint_D \rho\, d\tau$, que nous poserons égale à M. En appliquant la formule (10), nous aurons

$$fM = \frac{\omega^2}{2\pi}\iiint_D d\tau + \frac{1}{2\pi}\iiint_D g \sec\eta \frac{d\tau}{r'} + \iiint_D H_0\, d\tau:$$

or la dernière intégrale est nulle d'après la condition (9). L'intégrale précédente se transformant en une intégrale de surface, nous obtiendrons en désignant par v le volume occupé par la masse fluide

$$4\pi f M = 2\omega^2 v + \iint_S g\, dS,$$

c'est l'équation que Poincaré a déduite ([2]) de la formule de Green.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur la classification des étoiles des premiers types spectraux.* Note de M. **Daniel Chalonge** et M[lle] **Lucienne Divan**, présentée par M. André Danjon.

La présente Note a pour objet d'attirer l'attention sur les avantages de la méthode de classification stellaire décrite il y a quelques années par Barbier et Chalonge ([1]) et de montrer qu'elle permet, en particulier, de retrouver, dans tous ses détails, la classification d'Yerkes et d'en augmenter la précision.

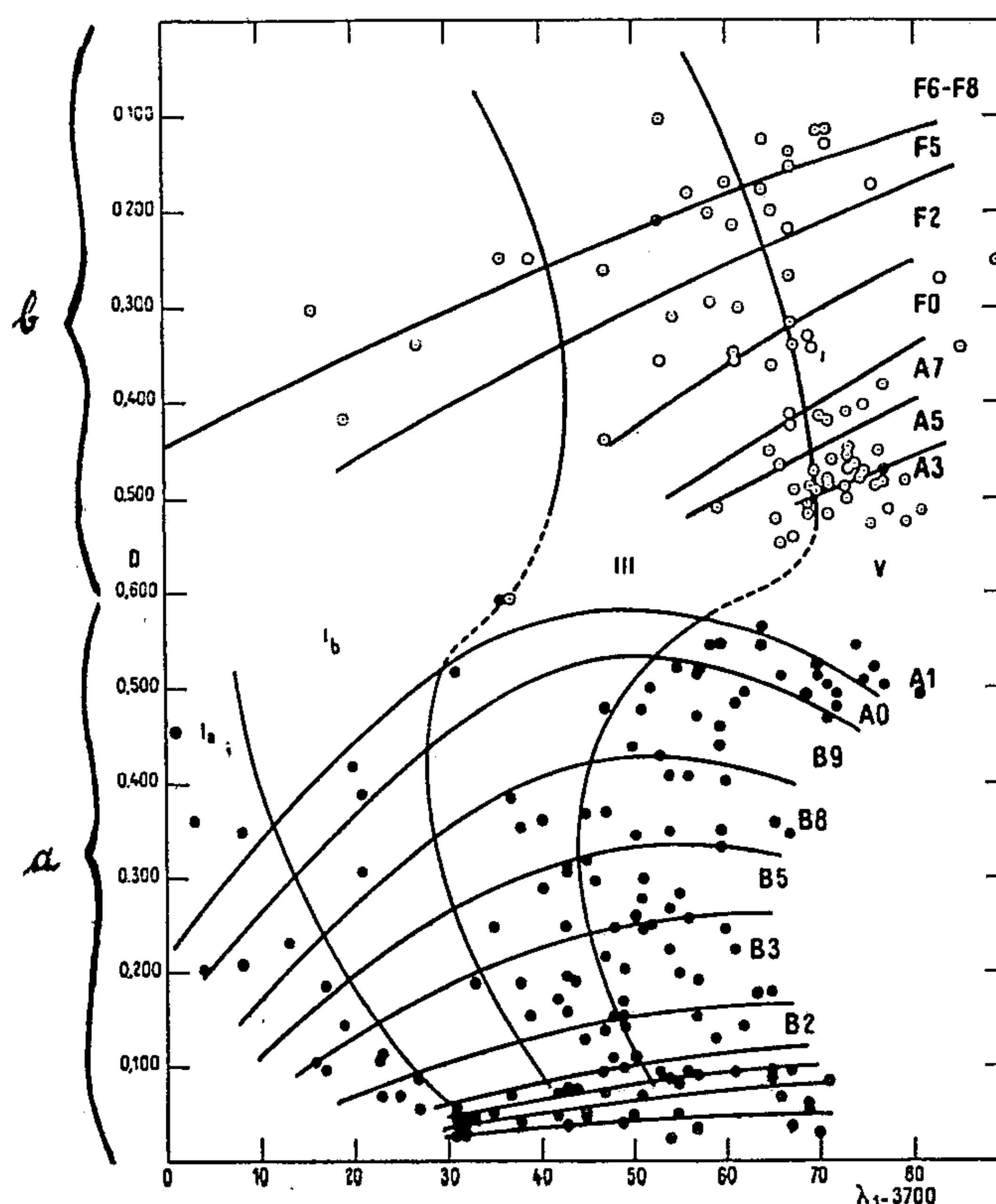
Cette méthode repose sur l'emploi d'un graphique dans lequel chaque étoile est représentée par un point ayant pour coordonnées les valeurs des paramètres λ_1 et D qui définissent respectivement la position et la grandeur de la discontinuité de Balmer de cette étoile ([1]). Nous avons construit ce graphique pour 123 étoiles dont les paramètres λ_1 et D avaient été déterminés ([2]) et dont le type spectral et la classe de luminosité étaient donnés par la classification d'Yerkes.

([2]) *Loc. cit.*, p. 74.

([1]) *Ann. Astrophys.*, **2**, 1939, p. 254.

([2]) D. Barbier et D. Chalonge, *Ann. Astrophys.*, **4**, 1941, p. 30; D. Chalonge et L. Divan, *Ann. Astrophys.*, **15**, 1952 (sous presse).

Chaque point du graphique devrait correspondre à deux types spectraux différents étant donné que D passe par un maximum vers les types AO-FO. Aussi, pour le rendre plus clair, l'avons-nous dédoublé en adoptant une échelle des ordonnées (D) dont les divisions passent, elles aussi, par un maximum (égal à 0,60). Sur la partie inférieure (*a*) du graphique sont portés les points relatifs aux étoiles pour lesquelles D croît lorsque l'on va des premiers types vers les types plus avancés, sur la partie supérieure (*b*) les points relatifs aux étoiles pour lesquelles D a dépassé le maximum.



Il est facile de tracer, dans le plan (λ_1, D), deux familles de courbes, grossièrement orthogonales qui divisent le plan en une série de quadrilatères curvilignes dont chacun contient pratiquement toutes les étoiles représentées par un même symbole de la classification d'Yerkes.

Ce graphique établi, il suffit de connaître les valeurs de λ_1 et D d'une étoile pour pouvoir déterminer instantanément son type et sa classe de luminosité.

Ainsi donc ce mode de représentation permet de rendre compte de façon très précise, de toutes les particularités de la classification d'Yerkes et il est remarquable que pour arriver à ce résultat, il suffise de connaître les valeurs numériques des deux grandeurs λ_1 et D. Il est vrai qu'elles traduisent

des propriétés de l'élément fondamental dans la constitution des étoiles, l'hydrogène.

L'examen du graphique montre, qu'à une catégorie d'étoiles définie par un type spectral et une classe de luminosité déterminés, correspondent une infinité de points situés dans l'un des quadrilatères curvilignes, c'est-à-dire des étoiles dont les propriétés physiques peuvent présenter des différences notables. La classification dans le système (λ_1, D) permet donc de caractériser, de façon beaucoup plus précise, les propriétés d'une étoile que les symboles des classifications usuelles.

Nous avons placé, sur la figure 1, les points représentatifs de 228 étoiles dont nous connaissions les deux paramètres. On voit que les points dessinent une transposition du diagramme de Russell-Hertzprung.

Récemment, B. Strömgren a présenté une nouvelle méthode très précise de classification des spectres stellaires par photométrie photoélectrique avec filtres interférentiels. Elle repose sur la détermination de deux paramètres équivalents à la discontinuité de Balmer et à l'intensité totale de la raie H_β. Cette méthode, qui fait appel à une technique d'observation bien différente de celle utilisée ici, lui est cependant théoriquement équivalente : on a, en effet, montré (3) que l'intensité totale d'une raie de Balmer était une fonction bien définie des deux seules variables λ_1 et D.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Étude mathématique des équations de Boltzmann généralisées.* Note de Mlle **Simone Marquet**, présentée par M. Joseph Pérès.

L'équation de Boltzmann relativiste de Raymond Marrot et l'équation quantique sont étudiées par une méthode voisine de celle de Raymond Marrot pour l'équation classique (1).

Considérons un « gaz » formé d'un très grand nombre N de corpuscules; $NF\left(M, \vec{p}, t\right) dV\, d\omega$ représente à l'instant t leur nombre moyen dans la classe $dV\, d\omega$ d'extension en phase, pour un système dans lequel l'observateur est au repos.

Moyennant les hypothèses suivantes : *a.* conservation de l'impulsion et de l'énergie; *b.* inorganisation corpusculaire; *c.* faible intensité du champ extérieur (entre les chocs, les corpuscules ont alors une vitesse sensiblement uniforme), et, en exprimant les variations de F dues aux chocs et au champ extérieur, on obtient

$$\partial_t F + \Sigma u\, \partial_x F + \Sigma X\, \partial_\xi F = T(F) \equiv N \int_\pi \int_{\Omega_1} (F'F'_1 - FF_1) \left| \vec{W} \right| d\sigma\, d\omega_1,$$

(3) D. Barbier, D. Chalonge et N. Morguleff, *Ann. Astrophys.*, 4, 1941, p. 137.

(1) *J. de Math.*, 25, 1946, p. 93-159. Nous adopterons les notations de ce travail.

$\overrightarrow{W}$, vitesse relative des deux corpuscules M et M_1 avant le choc;
$d\sigma$, élément de la surface où M_1 peut choquer M.

Si l'on veut retrouver les statistiques quantiques ([2]), le procédé le plus simple consiste à remplacer, dans T(F), F par

$$g = F\left(1 - b\frac{F'}{A^\cdot}\right) = F\left(1 - \frac{F'}{A}\right) \qquad \left[\frac{1}{A} = \frac{b}{A^\cdot}\right],$$

où b désigne le coefficient d'encombrement de L. Brillouin ([3]) et $A^\cdot dV\, d\omega$ le nombre de cellules de dimension h^3 de la portion correspondante d'extension en phase. On obtient

$$\text{(E)} \qquad \partial_t F + \Sigma u\, \partial_x F + \Sigma X\, \partial_\xi F = T(g).$$

1. *Équations de la Mécanique. Intégrales premières.* — Cette étude est basée sur l'hypothèse de la réciprocité des formules de chocs, moyennant laquelle on démontre la relation fonctionnelle fondamentale

$$\text{(F)} \qquad \int_\Omega \Phi\left(M, \vec{p}, t\right) T(g)\, d\omega = \frac{1}{4}\int_\Omega (\Phi + \Phi_1 - \Phi' - \Phi'_1)\, T(g)\, d\omega,$$

où Φ est une fonction quelconque. Le second membre s'annule pour

$$\Phi = 1, \qquad \Phi = \xi, \qquad \Phi = \eta, \qquad \Phi = \zeta, \qquad \Phi = E.$$

On multiplie les deux membres de (E) par l'une de ces cinq fonctions et intègre sur l'espace Ω des impulsions. La nature physique du problème conduit à imposer la convergence des cinq intégrales

$$\int_\Omega F\, d\omega, \quad \int_\Omega \xi F\, d\omega, \quad \int_\Omega \eta F\, d\omega, \quad \int_\Omega \zeta F\, d\omega, \quad \int_\Omega E F\, d\omega.$$

On en déduit différentes relations $\left(\text{par exemple} \int_\Omega E\, \partial_\xi F\, d\omega = -\int_\Omega u F\, d\omega\right)$.
Un calcul formel donne

$$(1) \qquad \partial_t \int_\Omega F\, d\omega + \Sigma\, \partial_x \int_\Omega u F\, d\omega = 0,$$

$$(2) \qquad \partial_t \int_\Omega \xi F\, d\omega + \partial_x \int_\Omega \xi u F\, d\omega + \partial_y \int_\Omega \xi v F\, d\omega + \partial_z \int_\Omega \xi w F\, d\omega = X \int_\Omega F\, d\omega,$$

$$(3) \qquad \partial_t \int_\Omega E F\, d\omega + \Sigma\, \partial_x \int_\Omega E u F\, d\omega = \Sigma X \int_\Omega u F\, d\omega.$$

Si l'on définit en M une densité, une vitesse et une impulsion moyennes :

$$\rho = N \int_\Omega F\, du, \qquad \vec{V}_0 \left\{ u_0 = \frac{N \int_\Omega u F\, d\omega}{\rho} \right\}, \qquad \vec{p}_0 \left\{ \xi_0 = \frac{N \int_\Omega \xi F\, d\omega}{\rho} \right\}$$

([2]) L. Fowler, *Statistical mechanics*, Cambridge, 1929.

([3]) *Les statistiques quantiques*, Paris, 1930.

(1) et (3) fournissent l'équation de continuité hydrodynamique et celle de conservation de l'énergie. Si l'on pose pour tout élément a : $a = a_0 + a_1$ (où l'indice zéro indique la moyenne sur Ω) (2) donne trois équations

$$d_t \xi_0 + \frac{N}{\rho} (\partial_x \overline{\xi_1 u_1} + \partial_y \overline{\xi_1 v_1} + \partial_z \overline{\xi_1 w_1}) = X, \quad \ldots$$

analogues aux équations de l'hydrodynamique avec un « tenseur des pressions »

$$\overline{\xi_1 u_1}, \quad \overline{\xi_1 v_1}, \quad \overline{\xi_1 w_1}; \quad \overline{\eta_1 u_1}, \quad \overline{\eta_1 v_1}, \quad \overline{\eta_1 w_1}; \quad \overline{\zeta_1 u_1}, \quad \overline{\zeta_1 v_1}, \quad \overline{\zeta_1 w_1}$$

(au facteur N près).

en général non symétrique. L'étude de

$$\int_\Omega \xi v \, d\omega = \int_\Omega \eta u \, d\omega, \quad \ldots$$

montre que ce tenseur est symétrique si et seulement si $\xi_0 v_0 = \eta_0 u_0$, ...

Enfin si le champ est nul et si F est indépendant de M on a cinq intégrales premières

$$\int_\Omega F \, d\omega, \quad \int_\Omega \xi F \, d\omega, \quad \int_\Omega \eta F \, d\omega, \quad \int_\Omega \zeta F \, d\omega, \quad \int_\Omega EF \, d\omega.$$

2. Pour légitimer les calculs précédents, il suffit d'imposer à F les conditions :

1° convergence uniforme de

$$\int_\Omega \sqrt{1 + \frac{p^2}{c^2}} \, T(g) \, d\omega, \quad \int_\Omega \sqrt{1 + \frac{p^2}{c^2}} \, \partial_t F \, d\omega, \quad \int_\Omega \sqrt{1 + \frac{p^2}{c^2}} \, \partial_x F \, d\omega, \quad \ldots,$$

respectivement par rapport à M et t, t, x, ...

2° convergence pour une valeur de (M, t) de

$$\int_\Omega \sqrt{1 + \frac{p^2}{c^2}} \, F \, d\omega;$$

3° continuité des dérivées spatio-temporelles de F par rapport à l'ensemble des variables.

Alors les différentes intégrales employées, en particulier celles qui définissent le nombre de corpuscules, l'impulsion et l'énergie, convergent uniformément et les dérivations sous le signe d'intégration sont légitimées.

ÉLECTRONIQUE. — *Le magnétron en régime statique de coupure. Étude expérimentale*. Note (*) de M. **Jean-Loup Delcroix**, présentée par M. Jean Cabannes.

Étude expérimentale du courant résiduel dans des magnétrons cylindriques de rapport c/a compris entre 1,25 et 7,5. On décèle des transitions avec large hystérésis mettant en évidence trois états distincts du magnétron. On peut identifier ceux-ci avec le régime de Brillouin et les deux premiers régimes bidromiques.

(*) Séance du 4 juin 1952.

Introduction. — L'état d'un magnétron en régime de coupure est défini par la valeur des paramètres : a, rayon de la cathode; c, rayon de l'anode; H, champ magnétique; $m = V/V_{c0}$, rapport du potentiel d'anode au potentiel de coupure. Pour certaines valeurs de ces paramètres on prévoit plusieurs régimes ([1]) : B_0, régime de Brillouin; B_1, régime bidromique simple; B_2, B_3, B_4, ..., B_n, ... régimes bidromiques avec un ou plusieurs maxima de densité intermédiaires. B_0 est mathématiquement toujours possible; B_1 ne l'est que pour $b/a > 2$ (b, rayon de la surface de coupure); les régimes bidromiques d'ordre supérieur possèdent chacun un domaine de validité; ce domaine va en se resserrant quand l'indice augmente et converge vers une valeur critique de b/a.

Quel est de tous ces régimes celui qui est réalisé en fait ? Peut-il y avoir des transitions d'un état à un autre ? Très peu d'expériences ont été faites sur ce sujet; presque toutes, notamment celles de Marton et Reverdin ([2]) l'ont été sur des magnétrons à cathode filiforme pour lesquels $c/a \gg 1$.

Description sommaire de nos expériences. — Nous avons entrepris une série d'expériences sur des magnétrons de rapport c/a compris entre 1,25 et 7,5. Leur construction a été soignée et l'on a pris de grandes précautions pour se rapprocher des conditions théoriques (anneaux de garde, champ magnétique créé par un solénoïde, champs parasites éliminés, etc.). Pour vérifier l'efficacité de ces précautions on a, sur chaque tube, vérifié la loi de Langmuir $i/V^{3/2} =$ const. (sans champ magnétique) et la loi du potentiel de coupure $V_{c0}/H^2 =$ const.; les formules se vérifient à environ 2 % près, y compris les valeurs des constantes déduites des dimensions géométriques; les champs utilisés varient de 50 à 150 gauss; les tensions d'anode de 50 à 500 V.

Étude du courant résiduel. — Il existe un courant résiduel dans la région de coupure. On n'en n'a pas à l'heure actuelle d'explication satisfaisante. Il n'est pas dû à une mauvaise géométrie de l'expérience. On admet en général qu'il est dû à des oscillations spontanées de la charge d'espace. En tous cas son ordre de grandeur est 1 000 fois plus petit que celui des courants thermioniques statiques qui créent cette charge d'espace; c'est une perturbation faible par rapport au régime statique. Nous allons montrer qu'il fournit un moyen d'étude de ce régime. En effet il subit des discontinuités pour certaines valeurs des potentiels appliqués. On les observe aisément avec un galvanomètre peu sensible. On constate quand on fait varier H que leurs positions ne dépendent que du paramètre m, tandis que les états d'un magnétron donné dépendent de H et m. On constate bien d'ailleurs que l'intensité du courant résiduel dépend de H et de m et augmente avec H quand m est constant.

([1]) J. L. Delcroix, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2298.
([2]) Reverdin, *J. Applied Phys.*, 22, 1951, p. 257-262.

Pour mieux analyser le phénomène on peut tracer la caractéristique $i_p v_p$ sur l'écran d'un oscillographe. En réalité on en trace seulement une partie en faisant balayer par l'anode, à la fréquence 50, l'intervalle de potentiel $V_0 - \Delta V$,

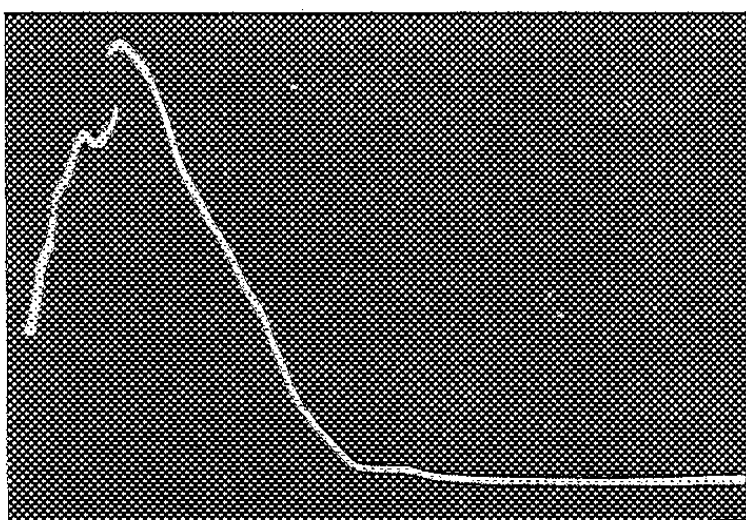


Fig. 1.

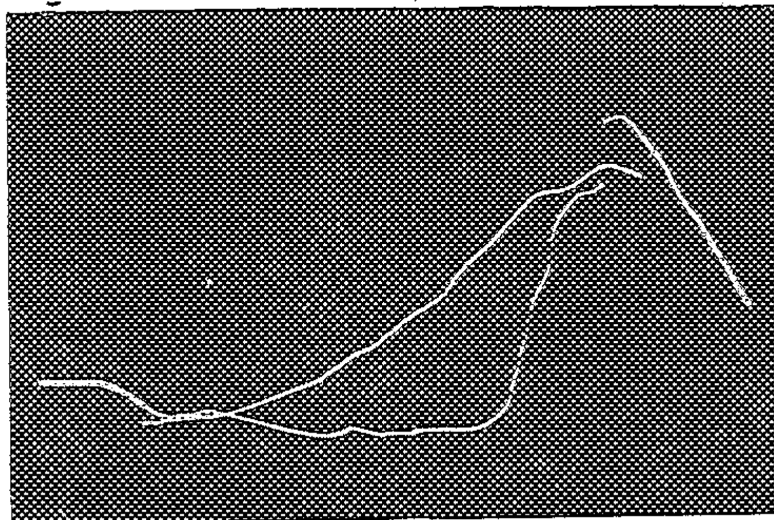


Fig. 2.

$V_0 + \Delta V$. On constate alors que les discontinuités se répartissent en deux classes. Les unes correspondent à des transitions possédant une hystérésis faible de l'ordre de 1 à 5 V (*fig.* 1); les autres à des transitions présentant des phénomènes d'hystérésis très importants (*fig.* 2 et 3). On peut résumer les expériences en disant qu'elles mettent en évidence trois états distincts du magnétron représentés sur le schéma de la figure 4 par les courbes C_0, C_1, C_2.

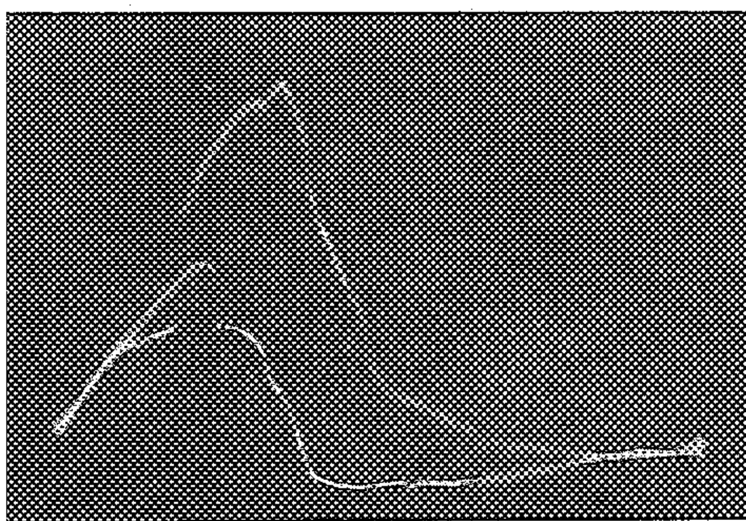


Fig. 3.

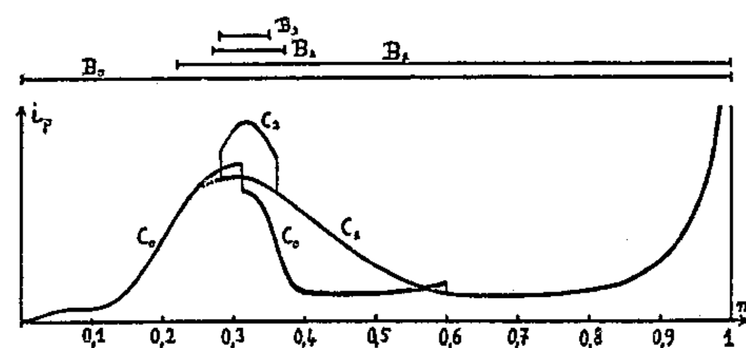


Fig. 4.

Interprétation. — Nous ne proposons pas ici d'explication des discontinuités à faible hystérésis. Au contraire on peut assimiler les trois états expérimentaux C_0, C_1, C_2 aux états théoriques B_0, B_1, B_2. Dans le cas où $c/a = 7{,}5$ la concordance avec les résultats expérimentaux confirme notre interprétation.

SPECTROSCOPIE. — *Étude de l'influence de la pression sur la bande de Hartley de l'ozone.* Note de MM. Bagher Mahmoudian et Étienne Vassy, présentée par M. Eugène Darmois.

L'un de nous ([1]) avait examiné l'influence de la pression sur le spectre d'absorption de l'ozone dans les bandes de Huggins et montré qu'il n'y avait aucun effet appréciable. Par la suite, J. Strong ([2]) avait confirmé ce résultat et trouvé, par contre, un effet important pour la bande infrarouge dont le maximum est situé à 9,66 μ.

En vue d'utiliser l'absorption dans la grande bande de Hartley pour l'étude expérimentale de la distribution verticale de l'ozone dans l'atmosphère, il était intéressant de rechercher si un effet de pression ne se manifestait pas dans cette région spectrale. Dans ce but, nous avons utilisé un tube d'absorption constitué par deux compartiments successifs, l'un de 8,8 cm et l'autre de 1 m. On admettait dans le premier tube un mélange d'oxygène ozonisé, tandis que l'on avait fait le vide dans le second compartiment. Ensuite, on mettait en communication les deux compartiments et, à l'aide d'un tube à hydrogène et d'un spectrographe à optique de quartz, on comparait par les procédés classiques de la photométrie photographique les spectres du mélange oxygène-ozone à la pression normale et du même mélange sous une pression approximativement 10 fois plus faible.

Nous avons opéré avec des quantités variables d'ozone de façon à pouvoir effectuer des mesures dans le domaine 2800-2350 Å, et cela avec la partie rectiligne de la courbe de gradation. Nous avons constaté, en construisant les courbes représentant la densité optique en fonction des coefficients d'absorption de l'ozone de Ny-Tsi-Zé et Choong-Shin-Piaw ([3]), que les points se plaçaient parfaitement sur une droite dont la pente donne l'épaisseur réduite et que, compte tenu de l'espace nuisible de la canalisation reliant les deux compartiments et d'une faible décomposition au moment de la détente, il n'y avait pas d'effet de pression. Il est donc possible d'utiliser pour la stratosphère les coefficients d'absorption déterminés au laboratoire avec des mélanges d'ozone sous la pression normale.

([1]) *Ann. Phys.*, 11[e] série, 8, 1937, p. 679.
([2]) *J. Franklin, Inst.*, 231, 1941, p. 121.
([3]) *Chinese J. Phys.*, 1, 1933, p. 158.

SPECTROPHOTOMÉTRIE. — *Mesures absolues des coefficients d'absorption de l'ozone dans la région des bandes de Huggins, à 18°.* Note (*) de M. **Ernest Vigroux**, présentée par M. Cabannes.

Des mesures semblables ont déjà été faites, notamment par Fabry et Buisson, puis par Ny-Tsi-Zé et Choong-Shin-Piaw. Je les ai cependant reprises, pour plusieurs raisons : 1° les résultats publiés par ces physiciens présentent parfois des divergences notables; 2° quand on utilise les valeurs de Ny et Choong pour déterminer photométriquement une épaisseur réduite, les coefficients relatifs aux plus courtes longueurs d'onde paraissent régulièrement un peu trop grands; 3° je voulais vérifier aussi, par cette méthode, sans faire une détente, que la pression n'a pas d'influence sur l'absorption.

Les dosages chimiques de l'ozone ont été faits par l'emploi classique de l'iodure de potassium, mais en prenant toutes les précautions spécialement montrées par Julliard et Silberschatz ([1]), puis par G. et J. Guéron et Prettre ([2]). On utilise des solutions concentrées en iodure, fortement tamponnées aux phosphates, afin que le pH de la solution reste toujours très approximativement égal à 7 au cours de la réaction de l'ozone. Avant le dosage de l'iode libéré, on acidule fortement par l'acide sulfurique, de manière à ramener le pH à une valeur voisine de 0,5.

Les coefficients d'absorption sont déterminés par photométrie photographique. Le spectrographe, ouvert à F/9, a une dispersion de 15,6 mm entre 3 439 et 3 135 Å, la fente a une largeur de 30 μ. La source est un tube à hydrogène. On dispose en série deux tubes d'absorption, de longueurs respectives 3 m et 2 cm; le premier sert pour l'oxygène ozonisé peu concentré en ozone, tandis que le second sert pour les mélanges très concentrés en ozone. Évidemment, quand on prend un spectre d'absorption, il n'y a de l'ozone que dans l'un des tubes, l'autre renferme de l'oxygène. On enregistre sur chaque plaque un grand nombre de spectres relatifs aux mélanges extrêmes, afin que les comparaisons soient faites sur les mêmes clichés.

On trouve ainsi les résultats suivants :

1° Les coefficients d'absorption à 18°, dans cette région spectrale, ne dépendent pas de la pression partielle de l'ozone, entre de larges limites. Les concentrations en ozone ont varié de 60 % à 3 ‰ environ, soit dans la proportion de 1 à 200; les diverses valeurs des coefficients, relatifs à chaque longueur d'onde, s'enchevêtrent parfaitement, il est impossible de

(*) Séance du 4 juin 1952.

([1]) *Bull. Soc. chim. belge*, **37**, 1928, p. 205.

([2]) *Bull. Soc. chim.* **18**, 1935, p. 12.

faire la moindre distinction entre celles qui se rapportent aux mélanges concentrés ou dilués.

2° Les valeurs des coefficients d'absorption sont très sensiblement inférieures à celles de Ny et Choong, l'écart s'accentuant vers les courtes longueurs d'onde. Le tableau suivant a été obtenu en prenant des moyennes sur un grand nombre de spectres, répartis sur huit clichés; on n'a d'ailleurs utilisé que les spectres pris à travers des mélanges peu concentrés en ozone, parce que les mesures sont les plus simples et les plus sûres.

λ.	K.	λ.	K.	λ.	K.	λ.	K.
3401*.....	0,028	3312*.....	0,108	3248*.....	0,224	3194......	0,385
3398....	0,017	3309....	0,078	3245....	0,152	3190*...	0,310
3395......	0,022	3303......	0,094	3242......	0,162	3176*.....	0,500
3391*...	0,014	3299*...	0,056	3239*...	0,140	3173....	0,450
3372*.....	0,051	3295......	0,066	3226......	0,293	3170......	0,490
3369....	0,030	3292....	0,061	3223....	0,253	3167*...	0,450
3365......	0,038	3279*.....	0,162	3220*.....	0,300	3154*.....	0,630
3357*...	0,020	3275....	0,106	3216*...	0,216	3151*...	0,566
3338*.....	0,077	3272......	0,121	3210......	0,238	3148......	0,610
3334....	0,044	3269*...	0,092	3209....	0,227	3146....	0,583
3332......	0,050	3255......	0,185	3200*.....	0,390	3135*.....	0,796
3328*...	0,035	3253......	0,171	3199....	0,344	3130*...	0,750

λ représente la longueur d'onde, K le coefficient décimal d'absorption; les astérisques, ajoutés à droite des longueurs d'onde, précisent les maxima et les minima principaux.

A partir de ces résultats, on a déduit les coefficients d'absorption dans les autres régions spectrales et l'on trouve, dans l'ensemble, une concordance remarquable avec les valeurs de Fabry et Buisson.

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Nouveaux aperçus sur le spectre Raman de la calcite.* Note (*) de Mlle **Rose Aynard**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans un cristal, chaque raie Raman peut être considérée comme le résultat du couplage entre une onde lumineuse incidente de longueur d'onde λ_0 et de fréquence ν_0 et une onde élastique de longueur d'onde λ et de fréquence ν. Si nous pouvions admettre que la longueur d'onde lumineuse est infiniment grande, la fréquence ν de l'onde élastique serait une des fréquences fondamentales du cristal.

On a longtemps supposé que l'observation de la lumière diffusée par un monocristal faisait immédiatement connaître le tenseur qui relie le moment induit dans une maille au champ électrique incident et les dérivées de ce tenseur par rapport aux coordonnées normales.

(*) Séance du 26 mai 1952.

Mais dès 1932 J. Cabannes et D. Osborne [1] ont constaté sur la calcite des « anomalies » qui ont été retrouvées par différents auteurs [2] et qui m'ont amenée à entreprendre un travail plus approfondi.

Un cristal de calcite a été taillé perpendiculairement à trois directions principales, une des faces (3, 1) étant perpendiculaire à l'axe optique (2) et les deux autres (1, 2) et (2, 3), respectivement perpendiculaire et parallèle à un des axes binaires (3) du cristal.

On éclaire le cristal en lumière polarisée successivement suivant deux directions rectangulaires et l'on analyse avec un biréfringent la lumière diffusée à 90° du faisceau primaire.

J'ai donné au cristal six positions correspondant aux diverses orientations de l'axe optique (2) et de l'axe binaire (3) afin de chercher si la lumière diffusée dépendait en particulier de l'orientation de l'axe binaire. Ces expériences m'ont donc fourni 24 résultats distincts.

L'étude principale (objet de cette Note) a porté sur l'oscillation totalement symétrique qui donne la raie 1088 cm^{-1}. L'examen des résultats m'a permis de classer comme suit les « anomalies » de la calcite :

Première anomalie. — La raie totalement symétrique qui devrait être totalement polarisée lorsque la lumière diffusée se propage suivant l'axe ternaire est fortement dépolarisée.

La vibration E_3 se propageant suivant (1) et la vibration E_1 se propageant suivant (3) ont donné sur (2) les raies ε_3^1 et ε_1^3 avec une dépolarisation voisine de 0,7. La raie donnée par une vibration E_2 parallèle à l'axe ternaire est très faible.

Deuxième anomalie. — La lumière diffusée *dans une direction donnée* à 90° d'un rayon incident, dépend non seulement de la vibration excitatrice mais de la direction de propagation de cette vibration dans le cristal.

Ainsi la vibration E_3 lorsqu'elle se propage suivant (2) donne sur (3) la raie intense ε_3^2 ($I = 0,65$), tandis qu'elle ne donne que la petite raie ε_3^1 ($I = 0,10$) lorsqu'elle se propage suivant (1).

On retrouve de même sur (1), lorsque E_1 se propage suivant (2) la raie ε_1^2 ($I = 0,69$), tandis qu'on a pour ε_1^3 ($I = 0,10$).

Troisième anomalie. — La lumière diffusée *à 90° d'une même onde incidente* dépend de la direction dans laquelle on l'observe.

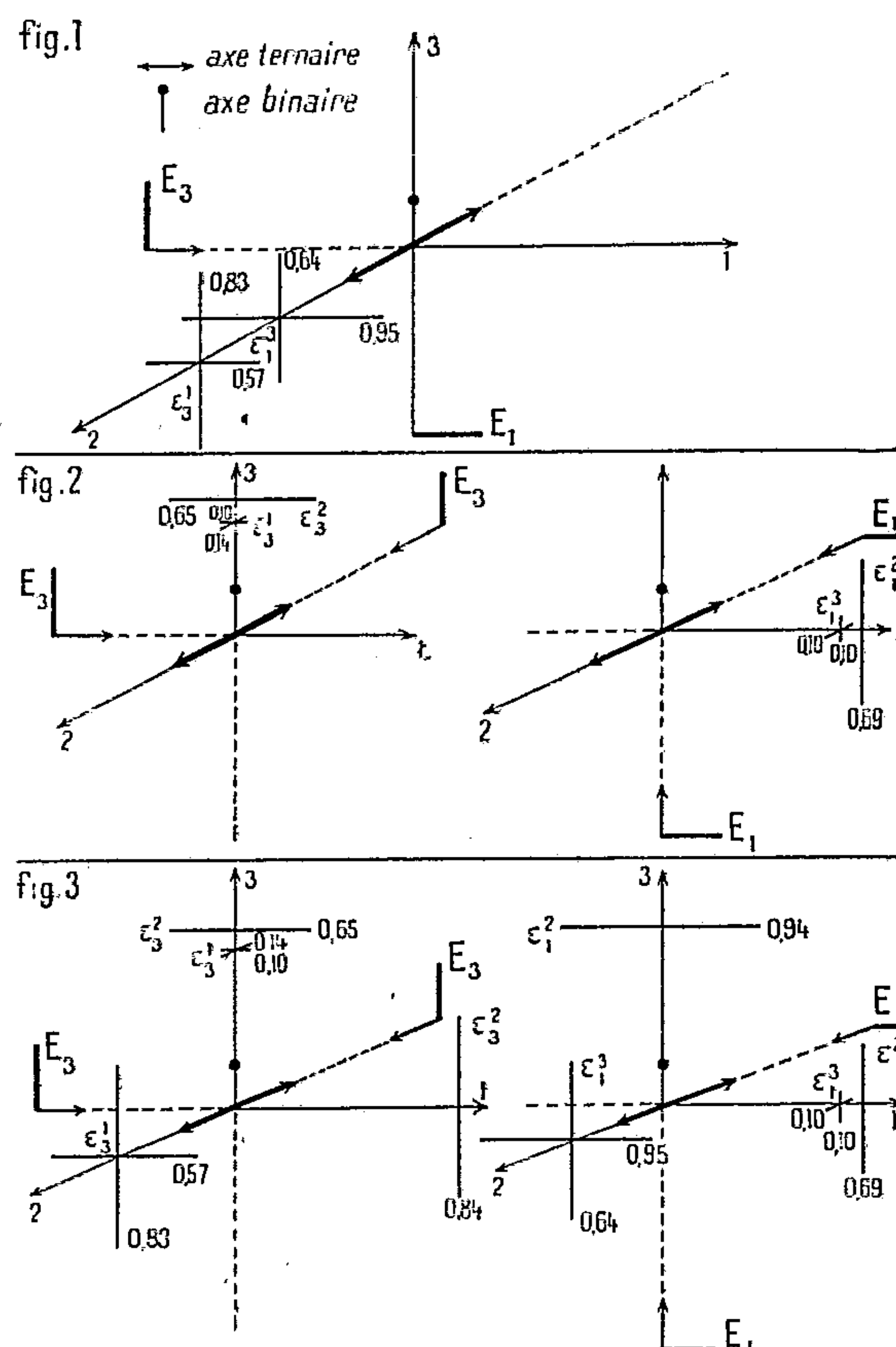
La vibration E_3 se propageant suivant l'axe (1) a donné sur (2) ε_3^1 ($I = 0,83$; $i = 0,57$). Lorsque E_3 se propage suivant l'axe (2) on retrouve pour ε_3^2 l'intensité 0,84 sur l'axe (1) et 0,65 sur l'axe (3).

(1) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 156; D. Osborne, *Thèse*, Montpellier, 1932.

(2) H. Michalke, *Z. Physik.*, 108, 1938, p. 438; L. Couture, *Thèse*, Paris, 1946.

La propagation de E_1 suivant (3) donne ε_1^3 ($I = 0,95$; $i = 0,64$) sur (2). Lorsque E_1 se propage suivant (2) on retrouve même pour ε_1^2 l'intensité 0,69 sur (1) et 0,94 sur (3).

On constate ainsi deux types d'anomalies d'origines différentes. L'étude de la lumière diffusée suivant l'axe ternaire montre d'abord que la symétrie du phénomène n'est pas celle d'un ellipsoïde de révolution. On voit intervenir

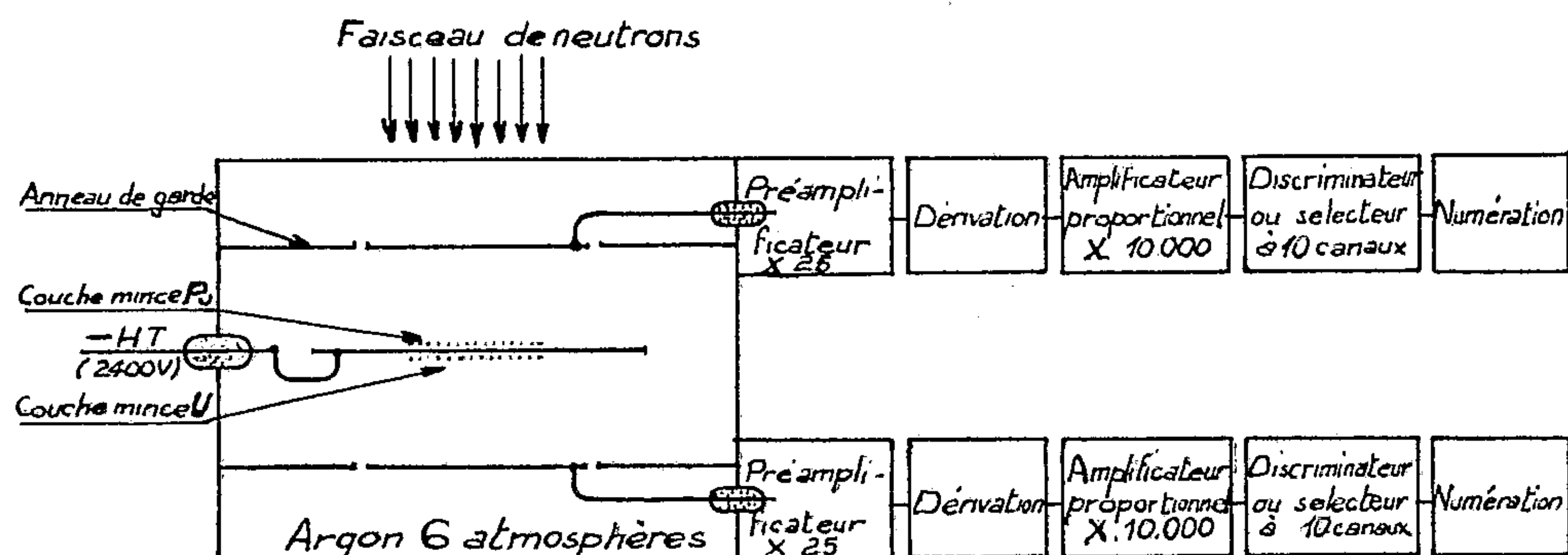


ensuite la direction de propagation des ondes incidente et diffusée : lorsque cette direction change, les ondes élastiques qui diffusent la lumière sont différentes, d'où résulte un changement dans l'intensité de la lumière diffusée.

Le degré de précision de mes mesures ne me permet pas encore d'affirmer un effet dû à l'orientation des axes binaires. Cependant lorsqu'une vibration incidente parallèle à l'axe ternaire se propage soit suivant un axe binaire (3), soit suivant un axe perpendiculaire (1) la vibration diffusée dans le premier cas ε_2^1 paraît plus intense que la lumière diffusée dans le second cas ε_2^3.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Mesure du rapport des sections efficaces de fission par neutrons thermiques de* ^{239}Pu *et de l'uranium naturel* (¹). Note de MM. **René Cohen**, **Eugène Cotton** et **Antoine Lévêque**, transmise par M. Frédéric Joliot.

Principe de la méthode. — La valeur du rapport $\sigma_{^{239}Pu}/\sigma_{U\,naturel}$ a été déterminée en comptant simultanément les nombres de fissions provoquées dans deux couches minces (²) de plutonium 239 et d'uranium naturel par le même flux de neutrons thermiques, issus d'un canal radial de la pile de Châtillon. Les deux couches minces ($\leqslant$ 1 mg/cm²), déposées sur platine, étaient disposées dos à dos sur l'électrode H.T. d'une chambre d'ionisation double (*fig.* 1). L'impulsion électronique était dérivée (³), suivant le principe indiqué par Sherr et Peterson (⁴).



F_{Pu} et F_U étant les nombres de fissions enregistrées, on a

$$\left(\frac{F_{Pu}}{F_U}\right)=\frac{\sigma_{Pu}}{\sigma_U}\,\frac{n_{Pu}}{n_U},$$

n_{Pu} étant le nombre total de noyaux de ^{239}Pu contenu dans le dépôt de plutonium et n_U le nombre total de noyaux d'uranium naturel; la simultanéité des numérations de F_{Pu} et F_U rend cette relation indépendante des variations possibles de l'intensité du flux pendant la durée de la mesure.

La correction d'absorption du faisceau de neutrons (voisine de 0,5 %) par

---

(¹) Document retiré du pli cacheté, n° 12896 déposé le 26 novembre 1951 et ouvert à la demande des auteurs le 4 juin 1952.

(²) La source de plutonium a été préparée à partir d'une solution de nitrate fournie par le service de Chimie appliquée du C. E. A.

(³) Les appareils utilisés (amplificateur, sélecteur, etc.) ont été réalisés par la division des Constructions électriques du C. E. A.

(⁴) *Rev. Sc. Instr.*, 18, 1947, p. 567.

les matériaux séparant les deux dépôts a été éliminée par retournement de la chambre.

Les nombres n ont été obtenus par mesure des nombres A_{Pu} et A_U de particules α émises par unité de temps et dans l'angle 2π respectivement par la couche de ^{239}Pu et par celle d'uranium naturel. La formule précédente peut alors s'écrire

$$\frac{\sigma_{Pu}}{\sigma_U}=\left(\frac{F_{Pu}}{F_U}\right)\frac{A_U}{A_{Pu}}\frac{N_{Pu}}{N_U},$$

N_{Pu} et N_U étant les valeurs des nombres de particules α émises par atome-gramme de plutonium 239 et d'uranium naturel.

Les numérations de particules α ont été effectuées soit dans la même chambre d'ionisation soit à l'aide d'une chambre d'ionisation à grille.

Corrections d'autoabsorption et de rétrodiffusion. — Si le nombre de désintégrations α se produisant par minute dans une couche active mince est N_0, on sait que le nombre de particules d'énergie supérieure à E observées dans l'angle solide 2π est donné par

$$N(E)=\frac{N_0}{2}\left[1-\frac{a}{2[R_0-R(E)]}+b(E)\right],$$

R_0 et $R(E)$ étant les parcours dans la matière constituant la couche active des particules d'énergie initiale E_0 et de celles d'énergie E; a est un facteur qui dépend de la masse superficielle de la couche active et, éventuellement, d'une diffusion de cette dernière dans le support, et b un terme traduisant la rétrodiffusion des particules α par le support de la source ([5]), ([6]).

Nos expériences nous ont permis de vérifier la validité de cette relation. La valeur de a qui en découle est beaucoup plus grande que la valeur calculée à partir de la masse superficielle du dépôt, déterminée par pesée : la correction correspondante est loin d'être négligeable. La valeur expérimentale obtenue pour $b[b(0)\neq 0,04]$ est conforme aux résultats publiés par d'autres auteurs.

Pour les fragments de fission, une formule analogue s'applique (sans terme de rétrodiffusion); l'absence de relation énergie-parcours précise rend plus délicate la correction sur F_U et sur F_{Pu}, l'erreur sur le rapport (F_{Pu}/F_U) restant cependant faible.

Résultats. — Nous avons obtenu dans ces conditions

$$A_{Pu}=164\,500\pm 1\,000\,\alpha.m^{-1},$$
$$A_U=461,8\pm 1,4\,\alpha.m^{-1},$$
$$\left(\frac{F_{Pu}}{F_U}\right)=0,796\pm 0,012.$$

([5]) B. Rossi et H. H. Staub, *Ionization chambers and counters : experimental techniques*, Mc Graw-Hill, 1949.

([6]) *The transuranium elements. Research Papers;* Part. II, Mc Graw-Hill, 1949.

Cette dernière valeur tient compte d'une correction de 0,65 % due à la présence d'une pollution de la source de plutonium par de l'uranium ([7]).

En adoptant pour N_{Pu} et N_U les valeurs

$$N_{Pu} = 239,1.10^6 \times 136\,060 \pm 0,3\,\%\ \alpha.m^{-1} \quad ([8]),$$
$$N_U = 238,1.10^3 \times 1502 \pm 0,1\,\%\ \alpha.m^{-1} \quad ([9]),$$

on trouve

$$\frac{\sigma_{Pu}}{\sigma_U} = 203,3 \pm 4,0.$$

Il s'agit là du rapport des *sections efficaces moyennes* dans un certain flux de neutrons thermiques.

Cependant quelques mesures complémentaires effectuées en utilisant des écrans de cadmium semblent indiquer que ces deux sections efficaces suivent la loi en $1/v$ dans la région thermique.

En admettant qu'il en est bien ainsi, le rapport précédent prend un sens bien défini, indépendant du spectre énergétique du faisceau de neutrons utilisé.

Avec $\sigma_U(0,025\,ev) = 3,915$ ([10]), supposée connue sans erreur, on arrive finalement à

$$\sigma_{Pu}^{fission}(0,025\,ev) = 796 \pm 16 \text{ barns}.$$

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Évaluation du taux d'absorption de neutrons en cours de ralentissement pour un échantillon plat.* Note de MM. **Bernard Jacrot, Francis Netter** et **Francis Tyrode**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Un échantillon plat absorbant, d'épaisseur non négligeable, étant placé dans un flux isotrope de neutrons en cours de ralentissement, le nombre de ces neutrons capturés par unité de temps est évalué pour différentes lois de variation de la section efficace de capture des neutrons en fonction de leur énergie.

Les mesures de capture de neutrons filtrés par le cadmium effectuées par la méthode de modulation de la pile, conduisent à étudier le cas où le taux d'absorption des neutrons en cours de ralentissement n'est pas proportionnel au nombre de noyaux de la substance absorbante, au moins dans une région

---

([7]) Correction calculée d'après un dosage d'uranium effectué par M. Huré, du Service de Chimie appliquée du C. E. A.

([8]) C. A. Kienberger, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 1561.

([9]) *The transuranium elements. Research Papers;* Part II. Mc Graw-Hill, 1949.

([10]) Moyenne des valeurs publiées par U. Facchini et E. Gatti, *Nuovo Cim.*, 7, 1950, p. 589. (D'après une communication personnelle des auteurs, la valeur publiée de 3,97 barns doit être abaissée de 0,8 %) et par : Autorités de l'Énergie atomique du Canada, du Royaume-Uni et des États-Unis, *Atomics* (G. B.), 2, 1951, p. 15.

du spectre d'énergie des neutrons. De nombreux calculs [1], [2] ont été déjà effectués pour les neutrons thermiques et pour les neutrons en ralentissement dans les substances hydrogénées (flux non isotrope). L'évaluation est faite ici pour un flux *isotrope* (cas de la région centrale d'une pile, par exemple).

Soit un échantillon plat d'une substance absorbante non ralentissante, de surface s, d'épaisseur $2e$ petite devant les dimensions superficielles. Soit n le nombre de noyaux par unité de volume et $N = 2nes$ le nombre total de noyaux.

Le flux des neutrons dans la bande d'énergie de largeur dE autour de la valeur E est $\varphi(E)\,dE$. L'énergie des neutrons est comprise entre la valeur E_{Cd} de l'énergie moyenne de coupure de cadmium, et la valeur maximum E_f (on peut confondre E_f et l'infini). Soit $\sigma(E)$ la section efficace d'absorption des neutrons et $W(E) = (N/s)\,\sigma(E)$. Le nombre total de neutrons capturés par unité de temps est

$$Q = s\int_{E_{Cd}}^{\infty}\varphi(E)\,dE\int_0^{\frac{\pi}{2}}\left[1 - e^{-\frac{W(E)}{\cos\theta}}\right]\sin\theta\cos\theta\,d\theta$$

$$= \frac{s}{2}\int_{E_{Cd}}^{\infty}\varphi(E)\left[1 - e^{-W(E)} + W(E)\,e^{-W(E)} + W^2E_i(-W)\right]dE \quad [3]$$

ou encore

$$(1)\quad \left\{\begin{aligned} Q = \frac{s}{2}\int_{E_{Cd}}^{\infty}\varphi(E)\Big[&2W + W^2\operatorname{Log}W - \left(\frac{3}{2} - \gamma\right)W^2 \\ &- \frac{W^3}{3} + \ldots + (-1)^p\frac{2W^p}{(p-2)\,p!} + \ldots\Big]dE. \\ &(\gamma = 0{,}577). \end{aligned}\right.$$

Cette formule est valable quels que soient $\varphi(E)$ et $\sigma(E)$.

Cas particuliers. — *a*. $\sigma(E)\sqrt{E} = \text{const.}$ (c'est en particulier le cas du bore) et $\varphi(E)\,dE = \varphi_0\,(dE/E)$:

$$Q = 2s\varphi_0 W_{Cd}\left(1 + \frac{1}{4}W_{Cd}\operatorname{Log}W_{Cd} - 0{,}366\,W_{Cd} - \frac{W_{Cd}^2}{18} + \ldots + (-1)^p\frac{W_{Cd}^p}{p(p-2)\,p!} + \ldots\right),$$

où $W_{Cd} = (N/s)\,\sigma(E_{Cd})$. Cette formule rend bien compte des points expérimentaux obtenus avec des échantillons de bore d'épaisseur variable dans des expériences de modulation de pile.

b. *Absorption dans une bande de résonance*, de largeur Γ, à l'énergie E_0. On

---

[1] H. A. Bethe, *Rev. Mod. Phys.*, 9, 2, 1937.

[2] C. T. Zahn, *Phys. Rev.*, 52, 1937, p. 67.

[3] $-E_i(-x) = \int_x^{\infty} e^{-x}\dfrac{dx}{x}$.

utilise la formule de Breit-Wigner : $\sigma = \sigma_0 [\Gamma^2/(\Gamma^2 + 4(E_0 - E)^2)]$. Alors

$$Q = N\varphi(E_0)\sigma_0\Gamma\frac{\pi}{2}\left[1 - 0,327\frac{N}{s}\sigma_0 - \frac{1}{16}\left(\frac{N}{s}\sigma_0\right)^2 + \ldots + (-1)^p\left(\frac{N}{s}\sigma_0\right)^{p-1}\frac{(2p-2)!}{2^{2p-2}(p-2)p![(p-1)!]^2} + \ldots\right],$$

c. Cas général. — Si dans l'ensemble du spectre d'énergie des neutrons en ralentissement, l'échantillon n'est pas trop absorbant, la série (1) converge assez rapidement. Il suffit alors de calculer numériquement quelques termes.

Exemple. — Résonance négative de Hg ([4]) :

$$\sigma(E) = 64\frac{1}{\sqrt{E}\left(1 + \frac{E}{2}\right)^2}\text{ barns} \qquad (E \text{ en eV}).$$

Le calcul a été fait pour un échantillon où $N = 8,25\ 10^{21}$ noyaux, de surface 3,6 cm². Les trois premiers termes de la série donnent $Q = 0,45\,\varphi_0$. Les termes négligés étant $\leqslant 1/100$, ce qui est en accord avec le résultat expérimental $Q = (0,49 \pm 0,07)\varphi_0$.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Les spins des niveaux des noyaux pairs-pairs et la théorie de l'émission α.* Note de MM. **Salomon Rosenblum** et **Manuel Valadares**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Parmi les émetteurs $\alpha - \gamma$ de charge et de masse paires, on connaît plus en détail les cinq cas suivants : Io, Ra, RTh, ThX et Po.

L'analyse du spectre d'électrons de conversion de ThX → Tn nous a permis récemment ([1]) de conclure que le premier niveau de Tn* avait le spin 2 (rayonnement E_2).

Lors de l'étude du spectre d'électrons de la transmutation Io → Ra, nous avons admis ([2]) que ce spectre pouvait correspondre à l'existence d'un ou de deux rayonnements gamma de l'ordre de 70 keV. Les valeurs des coefficients de conversion calculées depuis ([3]) permettent d'affirmer qu'il s'agit d'un seul rayonnement gamma E_2 d'environ 67 keV (la raie A correpondant à la conversion dans L_{II} et B dans L_{III}).

Une nouvelle étude du spectre d'électrons émis par RTh → ThX permet aussi d'attribuer au premier niveau du ThX* un seul rayonnement E_2 (de 84,4 keV, travail en cours de publication).

([4]) Circulaire n° 449, N. B. S. U. S. A. Nuclear Data.

([1]) Rosenblum, Valadares et Guillot, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1767.

([2]) Rosenblum et Valadares, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 501.

([3]) Gellman, Griffith et Stanley, *Phys. Rev.*, 85, 1952, p. 944.

Remarquons que dans la transmutation Ra → Rn, Cork et al. [4] ont trouvé des intensités comparables pour L_{II} et L_{III} sans que L_I ait été observée. Ils trouvent en plus que la somme des intensités des raies L_{II} et L_{III} est supérieure à celle de la raie K; l'ensemble cadre bien avec un rayonnement E_2.

Finalement pour la transmutation Po → RaG, Benedetti et Minton [5] ont conclu que l'état excité de 800 keV de RaG correspondait également à un quadripôle électrique; cette conclusion est basée à la fois sur les résultats obtenus par l'étude des corrélations angulaires α-γ et sur la détermination de l'intervalle entre les deux émissions.

On voit, par conséquent, que dans tous les cas bien étudiés des noyaux pairs-pairs excités par le départ d'une particule α, le premier niveau a le spin 2.

Ce fait est à rapprocher d'une constatation analogue faite par Goldhaber et Sunyar [6] dans le cas des radioéléments artificiels pairs-pairs où le premier niveau excité correspond presque toujours à un quadripole électrique; une interprétation théorique a été proposée par Horie et al. [7].

La connaissance de j (différence de spin entre l'état excité et le niveau fondamental, $J = 0$) permet, pour la première fois, de contrôler sans ambiguïté l'influence de j dans l'émission alpha. Le tableau suivant résume les prévisions théoriques pour $j = 0$ et 2 recalculées d'après Gamow (en utilisant les constantes plus récentes) et les résultats expérimentaux.

Intensité des raies de structure fine correspondant au premier niveau excité
(intensité totale 100).

	RTh → ThX calc.	RTh → ThX exp.	ThX → Th calc.	ThX → Th exp.	Io → Ra calc.	Io → Ra exp.	Ra → Rn calc.	Ra → Rn exp.
$j = 0$	18		5,9		17		5,1	
$j = 2$	11	28	3,2	5	12	∼ 25	2,7	6,9

On doit conclure ($j = 0$ étant écarté) que la formule de Gamow conduit systématiquement à des valeurs trop faibles de l'intensité des raies de structure fine α. La variante de Bethe de la formule de Gamow ne concorde pas mieux avec les données expérimentales.

Dans le cas du RTh on a également calculé l'intensité de α pour $j = 2$ en utilisant les formules de Preston [10]. On trouve ∼75 %, soit une valeur qui s'écarte de l'expérience par excès.

(4) Cork, Branyan, Stoddard, Keller, Le Blanc et Childs, *Phys. Rev.*, 83, 1951, p. 681.
(5) *Phys. Rev.*, 85, 1952, p. 944.
(6) *Phys. Rev.*, 83, 1951, p. 906.
(7) Horie, Umezawa, Yamaguchi et Yoshida, *Prog. Theor. Phys.*, 6, 1951, p. 254.
(10) Preston, *Phys. Rev.*, 83, 1951, p. 475.

Remarquons encore que dans quelques cas : Ra → Rn ([8]) et ThX → Tn ([1]) [et peut-être Io → Ra ([9])], on observe des composantes faibles pouvant correspondre à un deuxième état excité. A ce deuxième état excité devrait correspondre le spin 4 ([7]).

Des mesures plus précises des intensités des raies α de structure fine et des électrons β de conversion pouvant leur correspondre, ainsi que certaines déterminations des corrélations angulaires, permettront un nouveau contrôle des formules théoriques.

Remarquons que, même en admettant pour j la valeur o, la théorie de Gamow prévoit des valeurs trop faibles pour les composantes du deuxième état excité.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de la solidification des mélanges de tétrachlorure et de tétrabromure de germanium, avant, pendant et après les réactions d'échanges qui donnent naissance aux chlorobromures de germanium.* Note (*) de M[lle] **Marie-Louise Delwaulle**, présentée par M. Jean Cabannes.

J'ai montré avec F. François ([1]) que le mélange des tétrachlorure et tétrabromure de germanium donnait naissance par suite d'équilibres chimiques à la formation des trois chlorobromures de germanium. J'ai ensuite signalé ([1]) qu'à basse température ces équilibres étaient lents à s'établir. A 11° il faut environ 24 h, à 0° il faut environ une semaine. L'état des mélanges est facile à déterminer au moyen du spectre Raman : on identifie chaque constituant par la raie la plus intense de son spectre (ν_1) : $GeCl_4$: 396, $GeCl_3Br$: 309, $GeCl_2Br_2$: 281, $GeClBr_3$: 257, $GeBr_4$: 235 cm^{-1}; toute variation des proportions de ces constituants se traduit par une variation dans les intensités relatives de ces raies. Les équilibres sont établis quand le spectre cesse de se modifier. On peut, si on ne laisse pas leur température dépasser 0°, faire cristalliser les mélanges, avant toute réaction d'échange, puis plusieurs fois au long de l'établissement des équilibres et enfin après leur établissement.

J'ai d'abord cherché la nature du solide global obtenu lors de ces cristallisations. J'ai déterminé le spectre de $GeBr_4$ solide, il est pratiquement le même que celui du liquide.

				ν_1	
Spectre Raman de $GeBr_4$	liquide	80	112	235	327
	solide	87	111	234	325

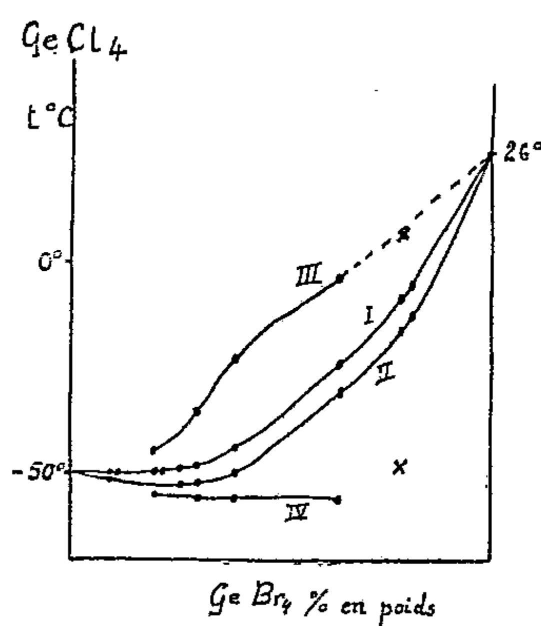
([8]) M[me] Bastin-Scoffier, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 945.

([9]) Jarvis et Ross, *Proc. Phys. Soc.*, A. 64, 1951, p. 535. (*Voir* bibliographie dans ce travail.)

(*) Séance du 4 juin 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1229 et 232, 1951, p. 54.

Les spectres des solides étant moins beaux que ceux des liquides je me suis bornée pour les mélanges à l'étude des fréquences ν_1. Lorsqu'un mélange vient d'être effectué, le premier spectre, pris à 0°, comporte comme fréquence ν_1 uniquement 235 et 396 qui caractérisent $GeBr_4$ et $GeCl_4$. Il en est de même du spectre du solide global si on l'a fait cristalliser tout de suite. La solidification n'amène donc pas la formation de chlorobromure. Si l'on fait cristalliser des mélanges contenant des chlorobromures, on retrouve ces chlorobromures à l'état solide et le rapport des intensités des fréquences ν_1 est du même ordre de grandeur dans les deux spectres. Le solide global doit donc avoir la même composition que le liquide qu'on vient de solidifier. Ceci semble bien naturel puisque ces cristallisations se font à basse température, ce qui arrête les échanges.



J'ai mesuré les températures de solidification commençante et finissante pour divers mélanges et ceci au long de l'établissement des équilibres. Pour les mélanges dont la teneur en $GeBr_4$ est inférieure à 20 % la variation des deux températures est insignifiante pendant toute l'évolution. Pour les teneurs comprises entre 20 et 65 % la variation est au contraire considérable. On constate un abaissement de la température de solidification commençante et une élévation de la température de solidification finissante en même temps qu'on suit l'évolution des réactions au moyen des spectres Raman. Les variations de températures cessent quand l'équilibre est atteint. Pour des teneurs supérieures à 65 % il faut élever la température du mélange au-dessus de 0° pour le liquéfier complètement et la réaction se déclenche avant qu'on ait pu faire la première mesure. La figure donne les courbes de solidification commençante I et finissante II pour les mélanges ayant atteint leur état d'équilibre. Les courbes III et IV donnent ces mêmes températures, avant toute réaction, pour les mélanges de teneurs comprises entre 20 et 65 %. La courbe III a été extrapolée en pointillé jusqu'à la température de fusion de $GeBr_4$ la première mesure donne 7°, les chlorobromures en petite quantité

avaient déjà fait leur apparition, le point exact est donc un peu au-dessus. Il est malheureusement impossible d'extrapoler la courbe IV dans le même domaine.

On voit donc que la formation des chlorobromures change considérablement le diagramme de solidification des mélanges de $GeBr_4$ et $GeCl_4$. Elle augmente la solubilité de $GeBr_4$ dans $GeCl_4$.

L'aspect de fuseau présenté par le diagramme de solidification des mélanges ayant atteint leur état d'équilibre montre l'isomorphisme des composés de la série: $GeCl_4$, $GeCl_3Br$, $GeCl_2Br_2$, $GeClBr_3$, $GeBr_4$. L'impossibilité de tracer complètement la courbe IV empêche de savoir si $GeCl_4$ et $GeBr_4$ peuvent syncristalliser quand il n'y a pas de molécules intermédiaires. Il semble peu probable qu'ils puissent syncristalliser en toutes proportions.

Pendant la solidification des liquides ayant primitivement atteint leur état d'équilibre, il se forme des cristaux dont le pour-cent en brome est supérieur à celui du liquide. Ces cristaux ont les mêmes constituants que le liquide, mais avec des pour-cent différents. Chaque cristal devrait être homogène et le rester en se modifiant pendant toute la solidification. Ces modifications n'ont sûrement pas lieu et la courbe II doit s'écarter un peu du solidus théorique. Le liquide lui-même ne peut, étant donné la température, subir d'autres modifications, dans la répartition de ses constituants, que celles qui correspondent au dépôt du solide. Il est donc possible que le liquidus qu'il décrit s'écarte légèrement de la courbe I. Le fuseau formé par I et II étant assez étroit, les liquidus de chaque mélange ne doivent pas s'écarter beaucoup de I et la courbe II ne doit pas différer beaucoup du solidus théorique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Accélération du frittage en phase unique. Considérations sur le mode d'action des additions mineures.* Note de M. **Serge Tacvorian**, présentée par M. Pierre Chevenard.

La présente étude est une contribution à la connaissance des rapports qui existent entre les conditions de frittage et les diagrammes d'équilibre.

1° Il est un fait que la première raison d'être du frittage réside dans l'élaboration des solides réfractaires, dont la préparation à l'état massif, par fusion, est impossible ou fort onéreuse. A cet égard, le frittage se présente comme un procédé d'élaboration d'un solide à partir d'une substance pulvérulente pure, par un traitement thermique, à une température qui n'atteint pas le point de fusion de l'espèce chimique considérée. On dit alors qu'il s'agit *d'un frittage en phase unique* ou encore du frittage d'une monophase.

Les exemples sont nombreux et appartiennent aux différents types chi-

miques : le tungstène, le molybdène, le graphite pour les corps simples, l'alumine, la magnésie, la thorine pour les oxydes, etc.

Le solide obtenu résiste à des températures bien supérieures à la température de frittage et le processus conduit toujours pour une espèce donnée, à l'état réfractaire maximum.

2° Souvent, le frittage des monophases exige en pratique des températures qui, quoique inférieures à celles de la fusion, restent fort élevées et auxquelles la diffusion est sensible.

On a alors envisagé de provoquer le frittage de la poudre solide en présence d'une certaine quantité d'une phase liquide, généralement en équilibre avec la phase solide à la température considérée. La fusion de la phase liquide ayant lieu au-dessous de la température normale de frittage du solide, ce processus correspond à un nouvel abaissement de la température d'élaboration; cet abaissement peut être notable. On dira alors qu'il s'agit d'un *frittage en phase liquide*, et l'on en trouve de nombreux exemples dans les alliages durs (exemple : WC + Co) ou les alliages lourds frittés (exemple : W + Cu + Ni), etc.

Le solide obtenu ne résistera qu'à une température souvent bien inférieure à l'apparition de la phase liquide et aura beaucoup perdu, de ce fait, des propriétés réfractaires du composant principal.

3° A ces deux modes de frittages connus, la considération des diagrammes d'équilibre montre que l'on peut ajouter un troisième mode, dont voici l'essentiel :

Supposons deux substances A et B qui donnent des cristaux mixtes dans une région proche de A. Si l'énergie d'activation superficielle de B est faible, et c'est le cas d'un corps à plus bas point de fusion, une addition mineure de B provoquera la formation sur les grains de A, selon le diagramme, d'une couche de diffusion superficielle, ce qui permettra le frittage de A à une température relativement basse et au voisinage de celle de B.

Nous dirons alors qu'il s'agit là d'un *frittage par activation de surface*. Dans ce cas, si le traitement a duré un temps suffisamment long, le solide obtenu pourra résister à des températures très supérieures à la température de frittage : la couche de diffusion superficielle disparaissant graduellement par diffusion en profondeur, pour faire place à une solution solide homogène, dont les propriétés sont voisines de A pur. L'expérience prouve que ces additions mineures agissent nettement à des teneurs de l'ordre de 0,5 mol %.

On voit que ce mode de frittage par activation de surface réunit l'avantage du double abaissement de la température d'élaboration et du maximum de caractère réfractaire. Nombreux sont les cas où cette couche de diffusion est susceptible d'être prévue conformément au diagramme d'équilibre, mais il en est un où elle s'impose *a priori* : celui de l'isomorphisme avec syncristallisation. Alors le choix d'une addition mineure ou « ajout accélérateur de frittage » n'implique plus forcément la connaissance des diagrammes d'équilibre, dont

l'établissement est souvent fort long et difficile, mais simplement l'application de quelques règles simples et classiques.

Conçue pour le frittage à température relativement basse des superréfractaires en phase unique, la méthode s'applique également dans le cas du frittage des métaux et de leurs dérivés.

Comme exemple caractéristique, nous citerons le frittage de la thorine, laquelle (malgré son point de fusion situé vers 3030°C) est susceptible de donner un produit parfaitement dense ($D = 9{,}6$ à $9{,}7$) à 1550°C; ainsi, on abaisse la température de frittage de la thorine bien au-dessous de celle des oxydes réfractaires, comme par exemple l'alumine (frittage à 1750-1800°C). Des recherches poursuivies à l'O. N. E. R. A. à ce sujet, on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Des traces infimes d'impuretés peuvent jouer un rôle prépondérant dans le frittage et, plus généralement, dans tout phénomène faisant intervenir un grossissement cristallin : de là, en particulier, la difficulté de donner une interprétation certaine d'expériences en apparence parfaitement établies, mais où toutes les précautions n'ont pas été prises pour éviter l'action catalytique d'impuretés;

2° La possibilité est ouverte d'une nouvelle méthode générale de frittage, dont l'application est susceptible, par suppression de la phase liquide et son remplacement par un ajout accélérateur, de modifier l'aspect actuel de l'industrie du frittage.

CHROMATOGRAPHIE. — *Le titrage direct des éléments chromatographiés sur papier à l'échelle du microgramme : molybdène et vanadium.* Note (*) de Mlles **Alice Lacourt**, **Ghislaine Sommereyns**, **Jeannine Hoffmann**, Mme **Anne Stadler** et M. **Georges Wantier**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le *molybdène* et le *vanadium* sont ici titrés directement sur le papier après chromatographie, sans élution ni incinération. Le titrage se fait avec une bonne sensibilité et reproductibilité à l'échelle du microgramme et rend le processus chromatographique quantitatif très rapide.

La chromatographie quantitative est tributaire de la sensibilité des révélations qualitatives des taches pour leur découpage avant élution; leur dosage dans l'éluat peut être perturbé du fait d'interférences apportées par l'éluant ou par des produit élués du papier. Dans le titrage direct, mis au point ici, ces difficultés n'existent plus, mais il a fallu envisager la nature des solutions initiales et réoxyder de vanadium réduit au cours du processus de séparation. C'est le nitrate de plomb qui sert à titrer ces éléments en milieu pyri-

(*) Séance du 4 juin 1952.

dique (¹), le terme étant signalé par la coloration rouge qu'il développe avec la diphénylcarbazide.

La sensibilité de ce titrage pour 8, 9, 10, 11, 12 γ de molybdène avec une solution de nitrate de plomb à 1 g/l est donnée par les consommations respectives suivantes : 0,0251-0,0262, 0,0310, 0,0350-0,0352, 0,0398-0,0407, 0,0426-0,0439/ml.

Pour le vanadium, cette sensibilité pour 8, 8,4, 8,8, 9,6, 10, 10,4 et 10,8 γ est donnée par les consommations respectivement de 0,0570-0,0569, 0,0622, 0,0632-0,0635, 0,0665-0,0663, 0,0682-0,0683, 0,0693-0,0695, 0,0705-0,0704 ml. Les solutions employées pour établir cette sensibilité contenaient en outre des réactifs divers (²), (³), (⁴).

Le titrage doit se faire en lumière blanche avec écrans blancs, dans des godets en verre blanc à fond plat. Une agitation ou un barbotage d'azote est nécessaire. Avant d'ajouter la diphénylcarbazide, le milieu doit être amené à pH 7-8 par 0,5 ml d'une solution pyridique (1 ml d'acide nitrique $d=1,2$, 14 ml de pyridine et compléter avec eau distillée à 100 ml). L'indicateur employé est six fois plus concentré en diphénylcarbazide que celui préconisé par Evans et il en est utilisé 0,5 ml par titrage. 3 ml d'acétone interviennent dans la détermination du vanadium, 1,5 ml d'alcool dans celle du molybdène. Il est nécessaire de comparer les teintes finales à celles de témoins.

Dans ces conditions, les taches d'éléments chromatographiés seuls et découpées sur 6 cm de long sont titrables aux erreurs suivantes près : [en solution de base (²), (³) et (⁴)].

Molybdène.				*Vanadium.*			
Nature de la solution.	γ en solution.	γ retrouvé.	M_0^{+6} γ% erreur.	Nature de la solution.	γ en solution.	γ retrouvé.	V^{+5} γ% erreur.
(²)	11,74	M/4 11,32	−3,5	(²)	9,28	M/4 9,30	+0,3
(³)	10,00	M/12 9,98	−0,2	(³)	10,10	M/10 9,80	−3,0
	12,20	M/15 11,97	−1,8				
(⁴)	11,56	M/4 11,64	+0,7	(⁴)	11,30	M/6 12,00	+6,0
	11,86	M/6 11,80	−0,5				
	11,96	M/6 11,48	−3,0				
	11,96	M/4 11,96	0				

(¹) B. S. Evans, *The Analyst*, 64, 1939, p. 1; Ripan, *Zeits. Anal. Chem.*, 123, 1942, p. 251.

(²) Solution *acétique/chlorhydrique* contenant en millilitres % : 15 ml d'acide HCl concentré, 12 g d'acide acétique glacial et 16 g d'acétate de soude cristallisé.

(³) Solution *acétique/sodique* contenant en millilitres % : 7,5 g de NaOH, 12 g d'acide acétique glacial et 16 g d'acétate de soude critallisé.

(⁴) Solution *chlorhydrique* contenant en millilitres % : 10 ml d'acide chlorhydrique concentré.

Le développant employé était un mélange d'acétone (71 ml) de chloroforme (20 ml) et d'HCl conc. (9 ml) dans une cuve saturée à la méthyléthylcétone en mélange avec son volume de chloroforme.

Pour réoxyder le vanadium, on l'expose pendant 60 m à l'ammoniaque et ce même traitement pendant 10 m est appliqué aux taches de molybdène.

La séparation de ces deux éléments sur la même bandelette s'obtient en développant avec un mélange d'alcool amylique (60 ml), benzène (10 ml) et HCl conc. (30 ml). On peut de même obtenir ainsi la séparation molybdène/chrome.

Dans une solution Mo/Cr contenant 10,00 γ de Mo, il en est retrouvé après chromatographie 9,88 γ et 10,50 γ; le molybdène séparé du vanadium est retrouvé à concurrence de 9,56 γ et 9,88 γ pour 9,99 γ mis en solution.

Le dosage du vanadium séparé du molybdène par chromatographie d'une solution en contenant 10,00 γ à l'origine, en titre 10,10 γ et 9,60 γ par la technique directe préconisée ici.

Il est donc possible à l'aide de cette technique de suivre l'évolution quantitative d'un procédé de séparation chromatographique en un temps relativement court. La séparation chromatographique dure de 2 à 3 heures pour les éléments envisagés ici, le titrage de 15 à 20 minutes, donc au total beaucoup moins longtemps qu'une élution.

L'idée du titrage direct sera étendue aux autres éléments déjà envisagés dans nos études précédentes.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage spectrographique du plomb dans le sang*. Note de M. **Vincent Brustier**, Mlle **Pierrette Cornec** et M. **Henri Triché**, transmise par M. Paul Pascal.

La poudre obtenue par dessiccation du sang additionné d'un élément auxiliaire (étain) est comparée à des poudres étalons contenant du plomb, de l'étain, du graphite et tous les éléments minéraux du sang. La solution synthétique contenant ces éléments a été purifiée par coprécipitation des sulfures mercurique et de plomb. Emploi de l'arc alternatif excité par haute fréquence. Précision : 5 à 10 %.

Les méthodes spectrographiques déjà mises au point par divers auteurs (1) et (3) pour ce dosage ont pallié aux causes d'erreur imputables aux procédés de minéralisation du sang ou aux réactifs utilisés. Dans ce but on avait déjà proposé l'introduction dans l'arc de quelques gouttes de sang à examiner; dans ce cas on n'effectuait qu'une analyse qualitative. Nous avons cherché à réaliser une méthode qui permette d'éviter les inconvénients signalés et qui donne en même temps des résultats quantitatifs précis.

(1) E. C. Vigliani, *Arch. mal. prof.*, n° 3, 1938, p. 185.

(2) E. C. Vigliani, *loc. cit.*, p. 196.

Après addition au sang d'un élément auxiliaire en quantité connue, le mélange est séché au bain d'air, puis broyé au mortier de façon à obtenir une poudre homogène. L'élément auxiliaire choisi est l'étain utilisé sous forme d'une solution de chlorure stannique titrée; le spectre de ce métal renferme la raie 2840 Å très voisine de la raie 2833 Å du plomb; d'autre part ces éléments ayant des points de fusion relativement très bas par rapport à la température de l'arc, la distillation fractionnée est peu importante. Pour obtenir un arc stable, nous y introduisons en plusieurs fois la poudre ainsi préparée.

Nous utilisons un arc intermittent entre électrodes de graphite exempt de plomb, en courant alternatif basse tension excité par une étincelle de Tesla; cette source possède la haute sensibilité de l'arc et la stabilité de l'étincelle condensée; cela permet de déceler des traces de métal dans des conditions reproductibles et par suite avec une précision acceptable. La grande dispersion du spectrographe utilisé permet une bonne séparation des raies.

Nous avons d'abord vérifié que la poudre de sang pur desséché ne donne pas de raies en coïncidence avec la raie 2840 Å de l'étain.

Le dosage du plomb dans le sang examiné s'effectue en se rapportant à une courbe d'étalonnage. Celle-ci est construite en se référant aux spectrogrammes de poudres obtenues en mélangeant 5 cm^3 d'une solution synthétique renfermant les éléments minéraux du sang, préparée selon les indications de Fabre et Petit ([3]), une quantité constante d'étain ainsi qu'une quantité variable et connue de plomb; nous ajoutons 0,1 g de poudre de graphite pur et évaporons à sec sans calciner. Aux avantages déjà connus de l'addition de graphite à une poudre à spectrographier (stabilité de l'arc) s'ajoute celui d'introduire un autre élément constituant du sang. Un essai effectué sur une poudre préparée à l'aide de solution synthétique, de graphite et d'une solution très diluée d'un sel de plomb, nous montre que le spectre obtenu est analogue à celui du sang pur desséché.

Un autre essai pratiqué sur une poudre exclusivement obtenue par mélange de graphite et de solution synthétique, nous montre que dans le spectre la raie 2833 Å du plomb apparaît avec une intensité non négligeable malgré l'emploi de produits purs, de matériel soigneusement nettoyé et même après traitement de la solution par l'hydrogène sulfuré; aussi nous avons été conduits à éliminer le plomb de la solution synthétique en employant la coprécipitation du sulfure de plomb et du sulfure mercurique. Après plusieurs précipitations, la raie du plomb disparaît du résidu d'évaporation de la solution synthétique, tandis que le plomb est retrouvé dans le précipité de sulfure mercurique.

([3]) R. Fabre et Petit, *Arch. mal. prof.*, 4, nos 3-4, 1942, p. 120.

La solution synthétique ainsi purifiée est utilisée pour préparer les diverses solutions étalons. Le plomb et l'étain sont introduits sous forme de solutions très diluées et titrées de nitrate de plomb et de chlorure stannique. Ces solutions doivent être préparées, au moment de l'emploi, par dilution de solutions-mères, le plomb et l'étain, à ces concentrations, étant vraisemblablement adsorbés par les parois du récipient au bout d'un certain temps ([3]). Nous avons ainsi préparé des solutions synthétiques contenant 50 γ, 100 γ et 200 γ de plomb dans 100 cm^3; 5 cm^3 de chacune d'entre elles sont additionnés de 0,1 g de poudre de graphite pur, évaporés à sec sans calciner, et la poudre obtenue est spectrographiée; les intensités des raies ont été mesurées au microphotomètre enregistreur.

La courbe d'étalonnage doit être tracée en se rapportant à des clichés obtenus pour chaque concentration dans les mêmes conditions photographiques; en particulier les résultats sont légèrement différents si l'on utilise le rayonnement global de l'arc (arc disposé devant la fente sans lentille) ou en projetant la partie centrale de l'arc sur la fente.

Pour effectuer l'analyse d'un sang, nous opérons sur 5 cm^3; on peut cependant se contenter d'une quantité plus faible (2 à 3 cm^3). On ajoute au volume prélevé une quantité d'étain égale à celle employée dans la préparation des poudres qui ont servi à construire la courbe d'étalonnage à laquelle on aura à se référer; puis on dessèche et l'on réduit en poudre.

Dans le sang d'un homme non soumis à l'action du plomb ou de ses dérivés, nous avons trouvé 52 γ pour 100 cm^3 de sang. La limite supérieure admise comme normale est de 70 γ. La précision est de l'ordre de 10 % si l'on se réfère à une courbe d'étalonnage établie une fois pour toutes; elle est de 5 % si l'on enregistre sur le même cliché les spectres des poudres étalons et de la poudre de sang, le développement des divers spectres étant effectué rigoureusement dans les mêmes conditions. Dans la plupart des analyses la correction de fond continu est inutile.

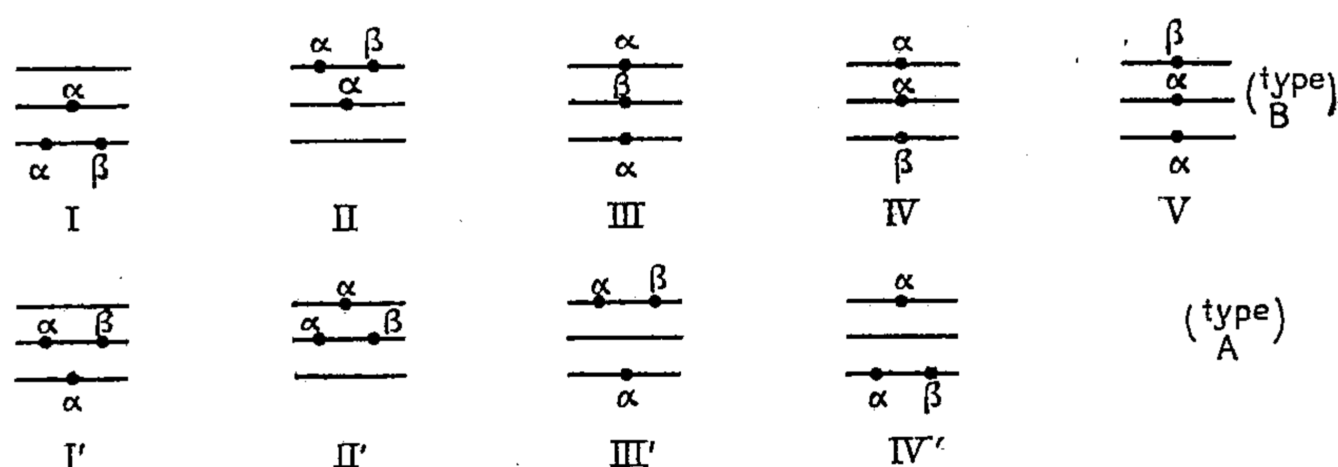
CHIMIE THÉORIQUE. — *Le radical allyle étudié par la méthode des interactions de configuration.* Note (*) de M. **Odilon Chalvet**, présentée par M. Louis de Broglie.

La méthode des orbitales moléculaires conduit à envisager les neuf configurations suivantes pour représenter les trois électrons π du radical allyle.

Les cinq premières configurations correspondent à des fonctions d'onde antisymétriques par rapport à l'axe binaire de la molécule. Les quatre autres correspondent au contraire à des fonctions symétriques.

(*) Séance du 5 mai 1952.

On peut donc traiter séparément ces deux groupes ce qui conduit à résoudre



deux systèmes d'équations séculaires dont les éléments de matrice sont les suivants (¹) :

$$\begin{aligned}
\text{I, I} &= 2\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \gamma_{11} + 2\gamma_{12} - \delta_{12},\\
\text{II, II} &= \varepsilon_2 + 2\varepsilon_3 + \gamma_{33} + 2\gamma_{23} - \delta_{23},\\
\text{III, III} &= \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \gamma_{12} + \gamma_{13} + \gamma_{23} - \delta_{13},\\
\text{IV, IV} &= \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \gamma_{12} + \gamma_{13} + \gamma_{23} - \delta_{23},\\
\text{V, V} &= \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \gamma_{12} + \gamma_{13} + \gamma_{23} - \delta_{12},\\
\text{I, II} &= -\delta_{13},\\
\text{I, III} &= \zeta^{12}_{23},\\
\text{I, IV} &= -\varepsilon_{13} - \zeta^{13}_{11} - \zeta^{22}_{13} + \zeta^{23}_{12},\\
\text{I, V} &= \varepsilon_{13} + \zeta^{13}_{11} + \zeta^{22}_{13}.
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{II, III} &= \zeta^{23}_{12}, & \text{II, IV} &= \varepsilon_{13} + \zeta^{13}_{22} + \zeta^{33}_{13},\\
\text{II, V} &= -\varepsilon_{13} - \zeta^{13}_{22} - \zeta^{33}_{13} + \zeta^{23}_{12}, & \text{III, IV} &= \delta_{12},\\
\text{III, V} &= \delta_{23}, & \text{IV, V} &= -\delta_{13},\\
\text{I}', \text{I}' &= \varepsilon_1 + 2\varepsilon_2 + \gamma_{22} + 2\gamma_{12} - \delta_{12}, & \text{II}', \text{II}' &= 2\varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \gamma_{22} + 2\gamma_{23} - \delta_{23},\\
\text{III}', \text{III}' &= \varepsilon_1 + 2\varepsilon_3 + \gamma_{33} + 2\gamma_{13} - \delta_{13}, & \text{IV}', \text{IV}' &= 2\varepsilon_1 + \varepsilon_3 + \gamma_{11} + 2\gamma_{13} - \delta_{13},\\
\text{I}', \text{II}' &= -\varepsilon_{13} - 2\zeta^{22}_{13} + \zeta^{23}_{12}, & \text{I}', \text{III}' &= \delta_{23}\\
\text{I}', \text{IV}' &= \zeta^{12}_{23}, & \text{II}', \text{III}' &= \zeta^{23}_{12},\\
\text{II}', \text{IV}' &= \delta_{12}, & \text{III}', \text{IV}' &= \varepsilon_{13} + \zeta^{11}_{13} + \zeta^{33}_{13}.
\end{aligned}$$

La résolution de ces systèmes donne les niveaux énergétiques suivants, pour le radical considéré :

Tableau I.

^2B	$3W_{2p} - 29{,}01$ eV
^2A	$-26{,}87$
^4B	$-25{,}30$
^2A	$-20{,}44$
^2B	$-18{,}47$
^2A	$-16{,}74$
^2B	$-15{,}94$
^2A	$-10{,}59$
^2B	$-8{,}84$

Tableau II.

^2B	$3W_{2p} - 28{,}99$ eV
^2A	$-26{,}54$
^4B	$-25{,}22$
^2A	$-19{,}12$
^2B	$-16{,}83$
^2B	$-16{,}34$
^2A	$-14{,}62$
^2A	$-10{,}53$
^2B	$-9{,}33$

(¹) D'après l'emploi des règles énoncées par O. Chalvet, R. Daudel, M. Roux, C. Sándorfy et C. Vroelant, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1277.

Les résultats du tableau I ont été obtenus en négligeant les intégrales à trois centres. Ceux du tableau II en tiennent compte ([2]). On remarquera que l'effet de ces intégrales sur les niveaux excités n'est pas négligeable et peut produire des inversions.

En suivant la même technique et en utilisant les travaux de Parr et Crawford ([3]), nous avons calculé le potentiel d'ionisation de l'éthylène et obtenu 9,57 eV alors que l'expérience donne 10,5 eV. D'autres calculs similaires sont en cours.

Notons enfin que comme il apparaît sur le tableau suivant (qui contient également pour mémoire les résultats de la méthode L. C. A. O.) l'énergie de liaison des électrons π évaluée selon la méthode des interactions de configuration dans l'état fondamental des molécules conjuguées croît bien plus rapidement que le nombre de leurs atomes de carbone.

Nom de la molécule.	Nombre de carbone.	Énergie L. C. A. O.	Énergie (eV).
Atome isolé....	1	q	W_{2p}
Éthylène.......	2	$2q+2\beta$	$2W_{2p}-13{,}26$ ([4])
Allyle.........	3	$3q+2{,}828\beta$	$3W_{2p}-28{,}99$
Butadiène......	4	$4q+4{,}472\beta$	$4W_{2p}-49{,}102$ ([5])
Benzène.......	6	$6q+8\beta$	$6W_{2p}-114{,}74$ ([6])

CHIMIE ORGANIQUE. — *Mécanisme de la réaction d'un α-hydroxytétrahydrofuranne sur l'aniline.* Note de M. **Charles Glacet**, transmise par M. Marcel Delépine.

Par réaction des deux formes stéréoisomères de l'α-propényl β-méthyl α'-hydroxytétrahydrofuranne sur l'aniline on obtient à peu près sélectivement les deux formes stéréoisomères de l'anilinotétrahydrofuranne correspondant. Ce fait expérimental est mis à profit pour préciser le mécanisme de la réaction.

J'ai montré récemment ([1]) que l'aniline transforme l'α-hydroxytétrahydropyranne en α-anilinotétrahydropyranne et supposé que la réaction se fait par élimination de l'hydroxyle de l'hémiacétal. Ce mécanisme de réaction, qu'il semblait difficile de prouver dans ce cas particulier, a pu être vérifié sur un exemple analogue.

La réaction de l'aniline sur (I) ($R{=}CH_3{-}CH{=}CH{-}$) conduit à l'α-anilino

---

([2]) On les a évaluées en suivant Sklar, *J. Chem. Phys.*, 7, 1939, p. 990.

([3]) *J. Chem. Phys.*, 1948, p. 526.

([4]) D'après Parr et Crawford (*loc. cit.*).

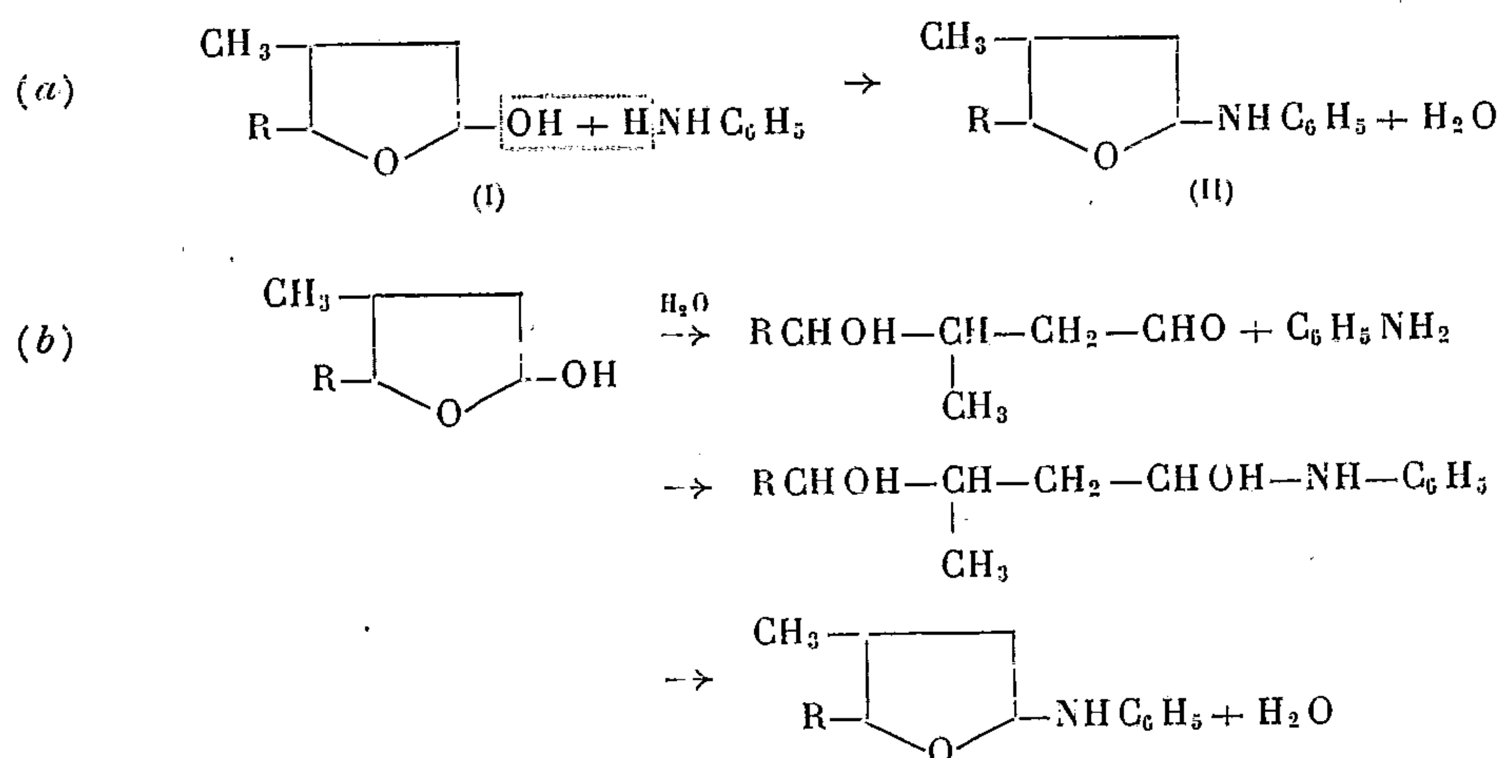
([5]) D'après Coulson et Jacobs, *Proc. Roy. Soc.* A, 206, 1951, p. 287.

([6]) D'après Craig, *Proc. Roy. Soc.*, A, 200, 1950, p. 474.

([1]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 635.

α'-propényl β'-méthyltétrahydrofuranne (II), $C_{14}H_{19}ON$) que j'ai précédemment obtenu par une autre voie ([2]) sous deux formes *cis* et *trans*, formes qui diffèrent par la disposition spatiale des substituants α et α'.

La formation de l'anilinotétrahydrofuranne (II) peut s'interpréter par deux mécanismes différents : une substitution directe de l'hydroxyle de l'hémiacétal (*a*), ou une addition d'aniline sur la forme aldéhydique de cet hémiacétal (*b*).



La réaction, effectuée à partir de la forme *cis* ou *trans* de (I), devrait conduire par le mécanisme (*b*) à un même mélange des formes stéréoisomères de (II) quelle que soit la structure spatiale de l'hémiacétal employé; par contre, si le mécanisme de réaction est représenté par (*a*), on peut espérer obtenir sélectivement la forme *cis* ou *trans* de (II) suivant que l'on utilise pour la préparation le stéréoisomère *cis* ou *trans* de (I).

Les résultats expérimentaux, rassemblés dans le tableau ci-après, montrent que la transformation de l'hémiacétal se fait par élimination directe du groupement hydroxy.

		$C_6H_5NH_2$ + I *trans*.		$C_6H_5NH_2$ + I *cis*.
	Température	—7° (β).	40° (α).	40° (α).
Rendement (%)	global	85	100 — ε	87
	en (II *trans*)	32	77	0
	en (II *cis*)	53	23	87

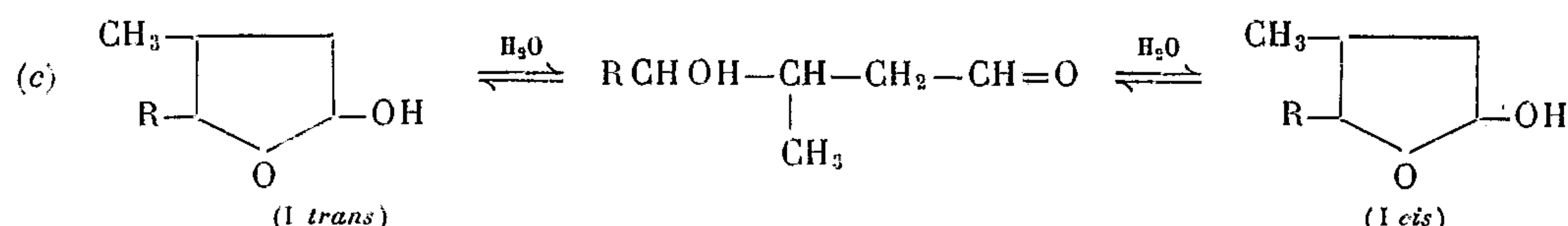
La réaction, très rapide à 40°, est pratiquement complète après deux heures de contact des corps qui réagissent en solution hydroalcoolique et à — 7°.

Les résultats sont particulièrement nets si l'on ajoute progressivement l'hémiacétal à l'aniline, en ayant soin d'éliminer l'eau de réaction aussi vite que

([2]) *Bull. Soc. Chim.*, (5), 18, p. 22, et 479.

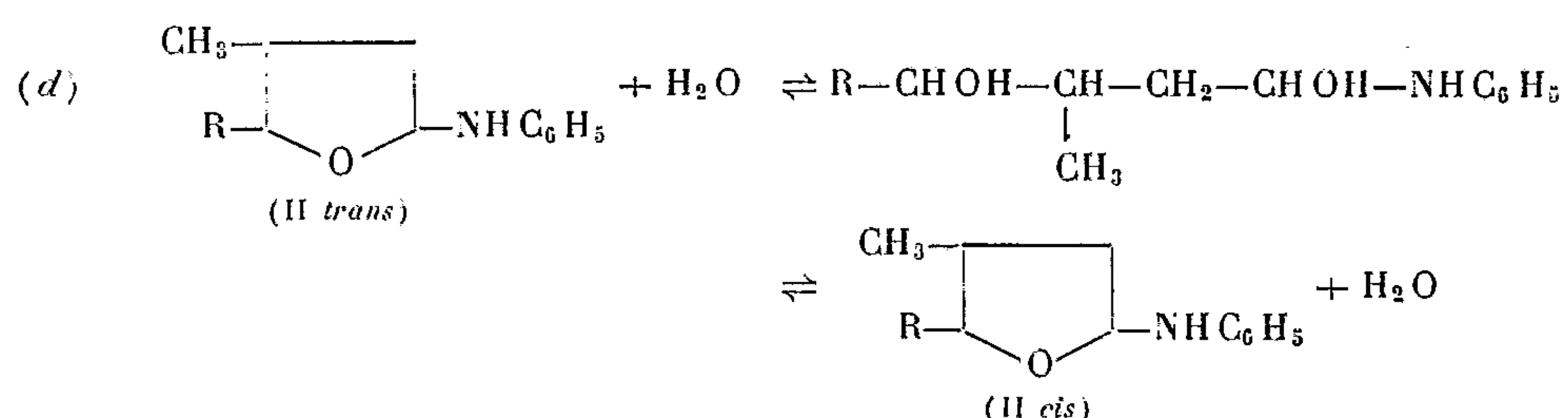
possible, en particulier en opérant sous vide (pression 1 mm, essais α). Dans ces conditions (I *cis*), dont l'oxhydrile est très mobile, ne fournit que (II *cis*) et un peu de résines, et (I *trans*) donne une forte proportion de (II *trans*) accompagné d'un peu de (II *cis*).

La formation de (II *cis*) à partir de (I *trans*) est due vraisemblablement à l'équilibre



En effet, l'oxhydrile de (I *trans*) est moins mobile que celui de (I *cis*) ([3]); (I *trans*) ne réagissant pas instantanément sur l'aniline peut se transformer partiellement en (I *cis*) à l'aide des traces d'eau que contient le milieu. Cette hypothèse est vérifiée par le fait que la proportion de (II *cis*) obtenue à partir de (I *trans*) est d'autant plus importante que l'on élimine moins rapidement l'eau de la réaction; la production de (II *cis*) devient même prépondérante si l'on opère en présence d'une quantité importante d'eau, comme dans l'essai (β) effectué en solution hydroalcoolique (alcool à 65 %).

L'obtention de (II *cis*) à partir de (I *trans*) pourrait également être interprétée par la transformation



Cette hypothèse doit être rejetée car j'ai vérifié que (II *trans*) reste sensiblement inaltéré dans les conditions de l'essai β [4*h* à — 7°, en présence 1,8 fois son poids d'alcool à 65 % qui dissout très incomplètement (II *trans*)]. Le mécanisme (*d*) qui permet d'expliquer la mutarotation des solutions alcooliques de glucose et d'aniline ([4]) ou des solutions aqueuses de glucosylamines ([5]) ne peut donc être appliqué aux anilinotétrahydrofurannes plus simples; ces derniers paraissent d'ailleurs plus stables que les arylamine-N-glucosides décrits par Berger et ses collaborateurs ([6]).

([3]) *Ann. Chim.*, (12), 2, 1947, p. 308.

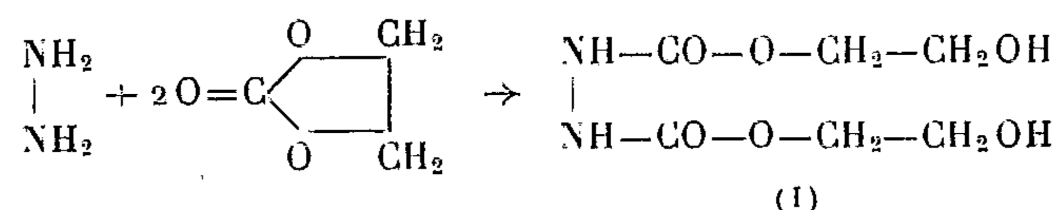
([4]) Irvine et Gilmour, *J. Chem. Soc.*, 93, 1908, p. 1429.

([5]) Pigman, E. Cleveland, Conch et J. Cleveland, *J. Amer. Chem. Soc.*, 73, 1951, p. 1676.

([6]) *J. org. Chem.*, 2, 1946, p. 75 et 91.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrazodicarboxylate de β-hydroxyéthyle et ses dérivés.* Note de MM. **Raymond Delaby**, **Pierre Chabrier** et **Henry Najer**, transmise par M. Marcel Delépine.

A la température ordinaire, la réaction entre le carbonate de glycol (2 moles) et l'hydrate d'hydrazine (1 mole), sans milieu intermédiaire, conduit, après 4 à 5 jours de contact, à l'hydrazodicarboxylate de β-hydroxyéthyle (I) avec 90 % environ de rendement :



Pour simplifier les formules, on désignera par —A— la chaîne

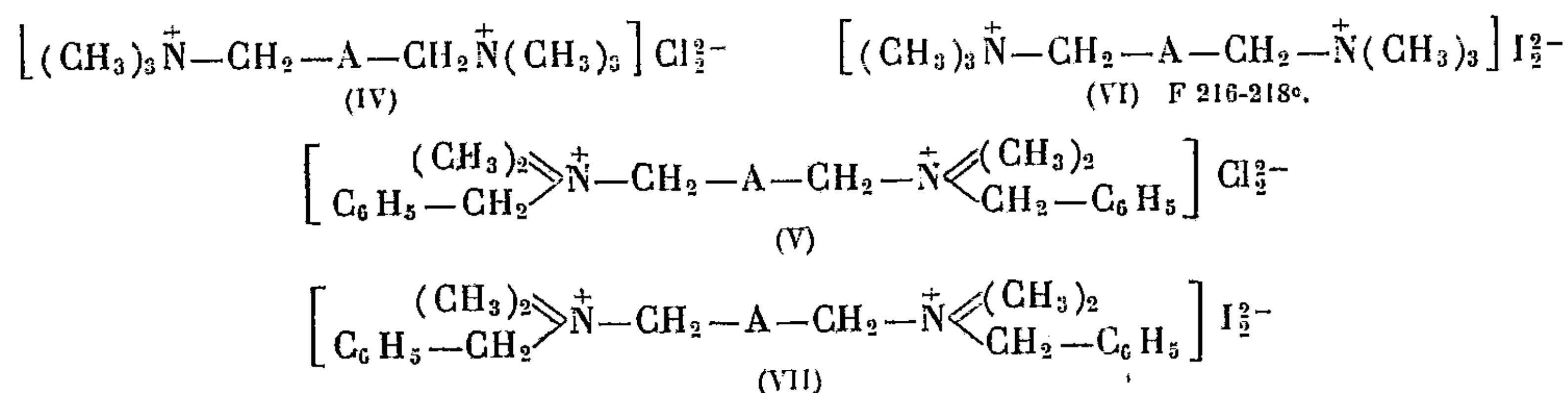


qui se trouve dans les dérivés décrits ci-après. Ainsi, ce diester qui, recristallisé de l'alcool, est en aiguilles blanches, fusibles à 163-164°, est représenté par $HOCH_2—A—CH_2OH$ (I).

Le chlorure de thionyle permet aisément de le transformer en dérivé β-chloréthylé (II), duquel on passe au dérivé iodé correspondant (III) par action, à l'ébullition durant une trentaine d'heures, d'un excès d'iodure de sodium en solution acétonique :

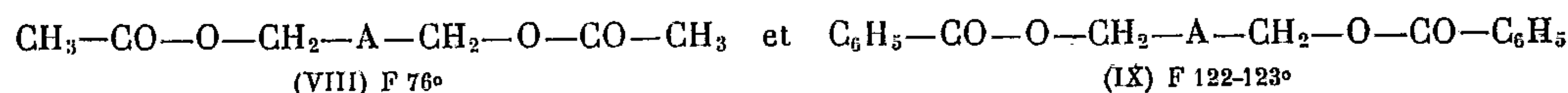


L'addition d'amines tertiaires à ces dérivés halogénés donne des *bis*-halogénures d'ammonium quaternaires, tels que

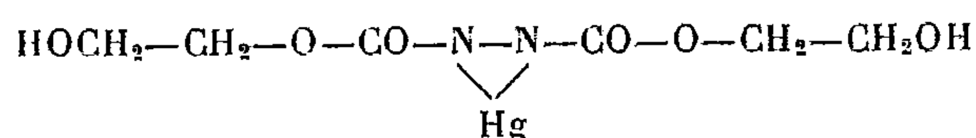


Les *bis*-chlorures (IV) et (V) n'ont pas cristallisé après séjour de plusieurs mois dans le vide en présence d'acide sulfurique, tandis que les *bis*-iodures (VI) et (VII) sont bien cristallisés, le premier convenablement séché, n'étant guère hygroscopique, au contraire du second, à conserver en tube scellé.

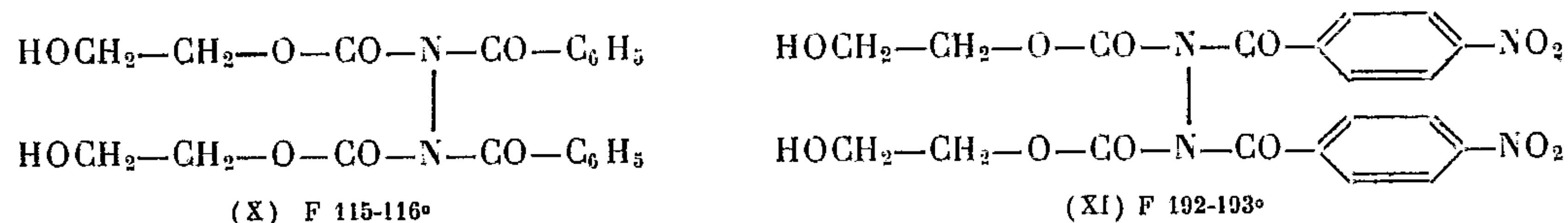
Nous avons acylé commodément les hydroxyles de (I), à l'aide des chlorures d'acides, pour obtenir ainsi :



Quant au remplacement des atomes d'hydrogène attachés à l'azote par des radicaux acylés, nous l'avons réalisé en appliquant la réaction indiquée par R. Stollé pour l'hydrazodicarboxylate d'éthyle : formation préalable du composé mercurique,

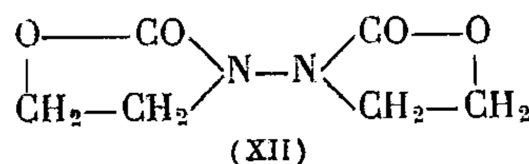


lequel, mis en suspension dans du tétrachlorure de carbone, est traité par le chlorure d'acide choisi. Nous pensons avoir ainsi isolé, en faibles quantités, le dérivé NN'-dibenzoylé (X) et le dérivé NN'-di-*p*.nitrobenzoylé (XI), car, entre autres produits secondaires, le dérivé diacylé au carbone (IX) prend naissance au cours de la préparation de (X) par exemple :



Le point de fusion du dérivé X a été déterminé en tube capillaire scellé; il se sublime au bloc Maquenne.

Enfin l'éthylate de sodium réagit sur le dérivé β-chloréthylé (II); il y a double élimination des éléments de l'acide chlorhydrique, ce qui conduit à la dioxazolidone (XII), en feuillets incolores, recristallisés de l'alcool absolu, fusibles à 125-126° :



Les autres constantes et les analyses des dérivés décrits dans cette Note seront insérées dans un autre recueil. Certains font l'objet d'essais pharmacodynamiques, notamment des effets hypotenseur et curarisant.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Epitaxies du para-aminophénol sur différents supports.* Note de M. **Jean-Claude Monier**, présentée par M. Charles Mauguin.

Des groupements épitaxiques nouveaux sont décrits. Ils correspondent toujours à l'accolement du para-aminophénol sur les différents supports par son plan (100).

Le para aminophénol se sublime très bien à la pression atomosphérique et donne des cristaux orientés sur différents supports minéraux cristallins.

A. Neuhaus ([1]) signale l'orientation du para-aminophénol sous forme

([1]) *Neues Jahrb. Mineral. Geol. Monatsh.*, A, 1945-1948, p. 23-40.

d'aiguilles fines ayant leur allongement parallèle aux rangées suivantes des supports : [110] sur (001) de NaCl, [100] sur (001) du mica, [001] sur (110) de la barytine, [1$\bar{1}$0] sur (100) du nitrate de sodium.

C. J. Brown (²) donne pour la maille orthorhombique, les paramètres suivants : $a_0 = 12,90 \pm 0,03$, $b_0 = 8,19 \pm 0,03$, $c_0 = 5,25 \pm 0,03$ et indique [100] comme axe polaire

Nous avons obtenu plusieurs orientations nouvelles sur différents supports, les dimensions de ces cristaux orientés varient de 6 μ sur 3 μ à 10 μ sur 3 μ. Ils sont habituellement allongés en forme de rectangles, de trapèzes ou d'hexagones. L'indice suivant l'allongement est égal à 1,64; le petit indice est 1,57.

Sur la calcite et le nitrate de sodium ces cristaux sont accompagnés d'autres plus nombreux qu'eux et beaucoup plus gros en forme d'hexagones ayant jusqu'à 15 μ de diagonale. On peut facilement mesurer leurs angles, deux ont 115°, quatre 122° et correspondent les premiers à l'angle de deux rangées [011], les seconds à celui des rangées [011] et [001], qui, calculés, sont de 114°42′ et 122°39′. Ils ont mêmes indices que les petits cristaux et la bissectrice des angles de 115° correspond au grand indice.

Nous avons fait deux clichés de cristal tournant de calcite avec du para-aminophénol orienté qui nous ont donné sur la strate équatoriale à côté des taches dues à la diffraction par la calcite deux taches correspondant à la diffraction par les plans (200) et (400) du para-aminophénol.

Ces résultats nous permettent de mettre en évidence un fait jusque-là non établi, à savoir, que le plan d'accolement observé sur les supports cités est (100).

NaCl. — Nous avons obtenu un nouveau groupe d'orientations sur (001) de NaCl, en plus de celui cité par Neuhaus.

La disposition des cristaux est telle que $3\,c_0 = 15,75$ Å soit suivant $4 \times [110] = 15,91$ Å du support et que $b_0 = 8,19$ Å soit suivant $2 \times [110] = 7,96$ Å du support.

Les cristaux des deux groupes ont la même fréquence et coexistent très souvent dans une même plage.

Barytine. — Sur (110) de la barytine nous n'avons pas observé les épitaxies décrites par Neuhaus. Par contre sur (001) nous avons un groupe d'orientations dans lequel $b_0 = 8,19$ Å correspond à [100] = 8,86 Å du support et $c_0 = 5,25$ Å à [010] = 5,44 Å du support.

Célestine. — Sur (001) nous avons un groupe d'orientations qui indique la correspondance de b_0 avec [100] = 8,36 Å de la célestine et de c_0 avec [010] = 5,36 Å de la célestine.

Calcite et nitrate de sodium. — Sur (100) de la calcite nous obtenons un

---

(²) *Act. Cryst.*, 4, 1951, p. 100.

groupe d'orientations qui est le même que celui observé par Neuhaus sur le nitrate de sodium.

c_0 est en bon accord avec les paramètres des diagonales latérales 4,98 Å pour la calcite et 5,06 Å pour le nitrate, b_0 est en bon accord avec le double du paramètre des diagonales culminantes : 80,8 Å pour les deux substances.

La sublimation faite sous une pression de 0,4 mm de Hg a donné sur la calcite le même résultat.

KCl. — Sur (001) de KCl des statistiques faites sur différentes préparations nous ont montré que 40 % des cristaux sont groupés dans des angles de 5° de part et d'autre de deux rangées [110]. La correspondance serait b_0 selon $2 \times [110] = 8,89$ Å du support et $5 c_0 = 26,25$ Å suivant $6 \times [110] = 26,68$ Å.

Ces résultats montrent que le plan (100) du para-aminophénol qui est presque normal aux axes des molécules est privilégié. En effet, l'accolement n'a jamais été observé suivant d'autres plans dont les paramètres sont en bonne concordance avec ceux de certains supports étudiés ici.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Caractère statistique des épitaxies de l'anhydride molybdique sur la molybdénite*. Note de MM. **Albert Siat** et **Raymond Hocart**, présentée par M. Charles Mauguin.

Plusieurs groupes épitaxiques obtenus par sublimation sont décrits et leur fréquence statistique indiquée. Ils sont sans rapport avec l'état de corrosion, par la chaleur, du clivage porteur.

Des cristaux d'anhydride MoO_3 provenant de la calcination du molybdate d'ammonium sont soumis à une sublimation lente. La sublimation est conduite de manière qu'un clivage de molybdénite MoS_2 ne se recouvre qu'en une à deux heures d'un dépôt suffisamment abondant pour l'observation. Le dépôt ainsi obtenu est constitué par des cristaux bien formés, en paillettes rectangulaires, longues de 30 à 40 μ et larges de 4 à 8 μ; chaque extrémité, suivant l'allongement, est souvent tronquée par deux faces symétriques formant entre elles un angle de 87°.

Ces cristaux se répartissent en plusieurs groupes d'orientations dont chacun est disséminé sur tout le clivage (0001) de MoS_2. La constance du faciès de MoO_3 montre que la même face des cristaux orientés reste en contact avec le clivage porteur.

La recherche de la notation de cette face, faite au moyen de l'étude aux rayons X ($K\alpha Cu$) du dépôt en place identifie la réflextion (020) = 6,95 Å [la réflextion (0002) de MoS_2 beaucoup plus intense sur les mêmes clichés est caractérisée par l'équidistance 6,07 Å]. C'est l'axe b_0[010] = 13,9 Å (13,94 Å selon Wooster) de MoO_3 qui est normal au plan d'accolement, dans lequel les paramètres sont a_0 [100] = 3,92 Å, c_0 [001] = 3,66 Å.

Dans ces cristaux orientés ([1]), à extinction droite et allongement positif, l'axe c_0, bissectrice aiguë des axes optiques, est parallèle à l'allongement comme l'avait établi Nordenskiöld ([2]).

Nous nous sommes ainsi assurés que l'épitaxie n'a ni modifié le faciès ni fait apparaître un accolement selon un plan non parallèle à une face existante. Ce contrôle était indispensable à cause des correspondances réticulaires prévisibles pour d'autres plans que (010) de MoO_3 avec le plan (0001) de MoS_2.

Quant à l'orientation des axes cristallographiques dans le clivage (0001) du porteur, elle est donnée ici par le système unique de stries à 60° les unes des autres qui sont visibles sur ce clivage. Le paramètre absolu des rangées parallèles aux stries a été déterminé indépendamment dans le même laboratoire par J. C. Monier et par nous-mêmes, sur des clivages provenant du même gisement (Kingsgate, Gen Innes, Nouvelles-Galles du Sud) et trouvé égal à 3,15 Å. Ce résultat diffère de celui trouvé par Hassel ([3]) pour la molybdénite de Hittérö (Norvège); celle-ci porte deux systèmes de stries; pour le plus net Hassel trouve le paramètre $3,14\sqrt{3}$, tandis que le système peu visible orienté à 30° du précédent lui donne le paramètre 3,14. Ces résultats montrent que l'orientation du réseau de la molybdénite par la seule observation des stries, en l'absence de faces autres que le clivage, peut prêter à confusion.

Les épitaxies de MoO_3 (010) sur MoS_2 (0001) constituent plusieurs groupes d'orientations.

Le groupe de plus grande fréquence (60 à 70 %) est celui des cristaux dont l'allongement fait un angle de 12°,5 environ (valeur médiane) avec la trace de $(01\bar{1}0)$; l'écart moyen est de 1°; cet allongement est compris dans un étroit éventail défini par le dièdre des plans $(1\bar{5}40)$ et $(1\bar{4}30)$ qui est de 3°; on a en effet :

$$(0\bar{1}10),\ (1\bar{5}40) = 10°54'; \qquad (01\bar{1}0),\ (1\bar{4}30) = 13°54'.$$

Plus simplement, dans l'éventail angulaire considéré, la coïncidence approchée des mailles planes est définie pour MoO_3 par une maille losangique pseudohexagonale d'ordre 4 construite sur [102] = 8,30 Å et 2 × [100] = 7,84 Å et pour MoS_2 par la maille hexagonale multiple d'ordre 7 et de côté $3,15 \times \sqrt{7} = 8,33$ Å définie par la trace du plan $(\bar{3}120)$ sur (0001).

Cette épitaxie statistique se trouve répétée en six orientations obéissant à la même loi. Sa dispersion, relativement faible, est liée à la symétrie élevée et aux petites dimensions du réseau porteur.

Le deuxième groupe épitaxique a une fréquence de 15 à 20 % et une inclinaison médiane de 30° sur la trace de $(01\bar{1}0)$. Il est fait de trois orientations.

([1]) N. Wooster, *Z. Krist.*, **80**, 1931, p. 504-512.

([2]) *Övers. Vet. Akad. Förh. Stockh.*, **17**, 1860, p. 300.

([3]) *Z. Krist.*, **61**, 1924, p. 92-94.

L'écart moyen est de 3°. La coïncidence des mailles est définie pour MoO_3 par une maille rectangulaire d'ordre 3 construite sur $3 \times [001] = 10,98$ Å et $[100] = 3,92$ Å et pour MoS_2 par une maille multiple d'ordre 4 construite sur les traces des plans $(1\bar{2}10)$ et $(10\bar{1}0)$ sur (0001) et ayant pour paramètres respectifs $2\sqrt{3} \times 3,15 = 11,90$ Å et $3,15$ Å. Dans la direction normale à l'allongement la coïncidence est mauvaise, de 3,92 pour MoO_3 avec 3,15 pour MoS_2. La monopériodicité marquée de cet accolement explique sa grande dispersion.

Un troisième groupe épitaxique est tel que l'allongement des cristaux est incliné de 6° sur la trace de $(01\bar{1}0)$ et fait coïncider une maille plane d'ordre 6 de MoO_3 construite sur $2 \times [100] = 7,84$ Å et $[103] = 11,66$ Å avec une maille d'ordre 10 de MoS_2 construite sur les traces des plans $(1\bar{4}30)$ et $(3\bar{2}\bar{1}0)$ avec les paramètres $\sqrt{7} \times 3,15 = 8,33$ Å et $\sqrt{13} \times 3,15 = 11,36$ Å. Ce groupe présente six orientations différentes et a une fréquence d'environ 5 %.

Un dernier groupe épitaxique est formé de cristaux filiformes parallèles aux traces de $(01\bar{1}0)$. Sa fréquence ne dépasse pas 2 à 5 %. En opérant entre 500 et 600°, il peut se former un véritable treillis triangulaire se superposant aux épitaxies précédentes et couvrant une plage importante du cristal porteur. Des mesures faites sur de tels cristaux déposés sur verre montrent que ce faciès a un allongement négatif, c'est-à-dire que l'orientation de son réseau est la même que celle des cristaux du deuxième groupe.

Ces diverves épitaxies ne sont pas subordonnées à la corrosion possible du support car des expériences indépendantes (inédites) faites par l'un de nous (Siat) ont montré que la corrosion de MoS_2 par chauffage de l'échantillon fait apparaître des figures hexagonales dont les côtés sont parallèles aux axes $a_0 = 3,15$ de MoS_2.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Les phénomènes de pré-précipitation dans l'alliage aluminium-argent.* Note de MM. **Christopher B. Walker** et **André Guinier**, présentée par M. Charles Mauguin.

Dans un article récent [1], l'un de nous a montré pourquoi l'on pouvait admettre que, dans le premier stade de vieillissement, l'alliage Al-Ag contenait des zones submicroscopiques, où les atomes d'argent se rassemblent, *tout en restant aux nœuds du cristal de la matrice.* Cet alliage a donc l'intérêt particulier de présenter un cas typique de phénomènes de pré-précipitation; en effet, à cause de la similarité des diamètres atomiques, le rassemblement des atomes d'argent ne perturbe pas le réseau. D'autre part, l'étude aux rayons X est facilitée par la différence considérable de pouvoir diffusant

(1) A. Guinier, *Acta Cryst.*, 5, 1952, p. 121.

des deux atomes. Les « zones » se manifestent, sur les diagrammes de diffusion des rayons X, par un anneau flou entourant la trace du faisceau direct, d'un rayon angulaire très faible ($2\theta < 2°,5$ pour la radiation $CuK\alpha$). Cet effet, déjà signalé depuis longtemps [2], avait été interprété par analogie avec l'anneau de diffusion des liquides; l'alliage aurait contenu des amas d'argent à peu près sphériques disposés les uns par rapport aux autres comme les molécules d'un liquide. Mais ce modèle était difficile à admettre et, comme l'avaient signalé Jagodzinski et Laves [3], les déterminations des tailles des amas devaient être erronées.

Nous proposons un nouveau modèle, bien plus vraisemblable, qui rend compte exactement des figures de diffusion observées. Les atomes d'argent qui se concentrent dans un amas proviennent des régions immédiatement extérieures. Ainsi, schématiquement, la zone est constituée par une sphère centrale riche en argent entourée d'une coquille sphérique où la concentration en argent est plus faible que la concentration moyenne, l'excès des atomes d'argent au centre étant égal au défaut de ces atomes dans la coquille extérieure. On peut montrer facilement que si de telles zones sont réparties au hasard dans le cristal (les atomes restant tous aux nœuds de la matrice), la figure de diffusion prévue est conforme à celle que l'on observe. En particulier, l'intensité diffusée au centre est nulle et un anneau de diffusion doit entourer l'origine. D'une façon quantitative, la transformée de Fourier de la courbe d'intensité expérimentale donne une fonction analogue à la fonction de Patterson des cristallographes. Ainsi, de la courbe 1, obtenue avec un alliage à 20 % d'argent, immédiatement après trempe à partir de 520°, on déduit la courbe 2 qui donne, en fonction de r, la probabilité de trouver un atome d'argent à la distance r d'un premier atome d'argent : cette fonction part de 1 pour $r = 0$, passe par un minimum, puis remonte jusqu'à la valeur moyenne, c'est-à-dire correspondant à la répartition homogène des atomes d'argent. D'après cette courbe, on peut dire que l'amas est une sphère d'un diamètre de l'ordre de 16 Å entouré d'une coquille appauvrie en argent s'étendant jusqu'à un diamètre de 72 Å.

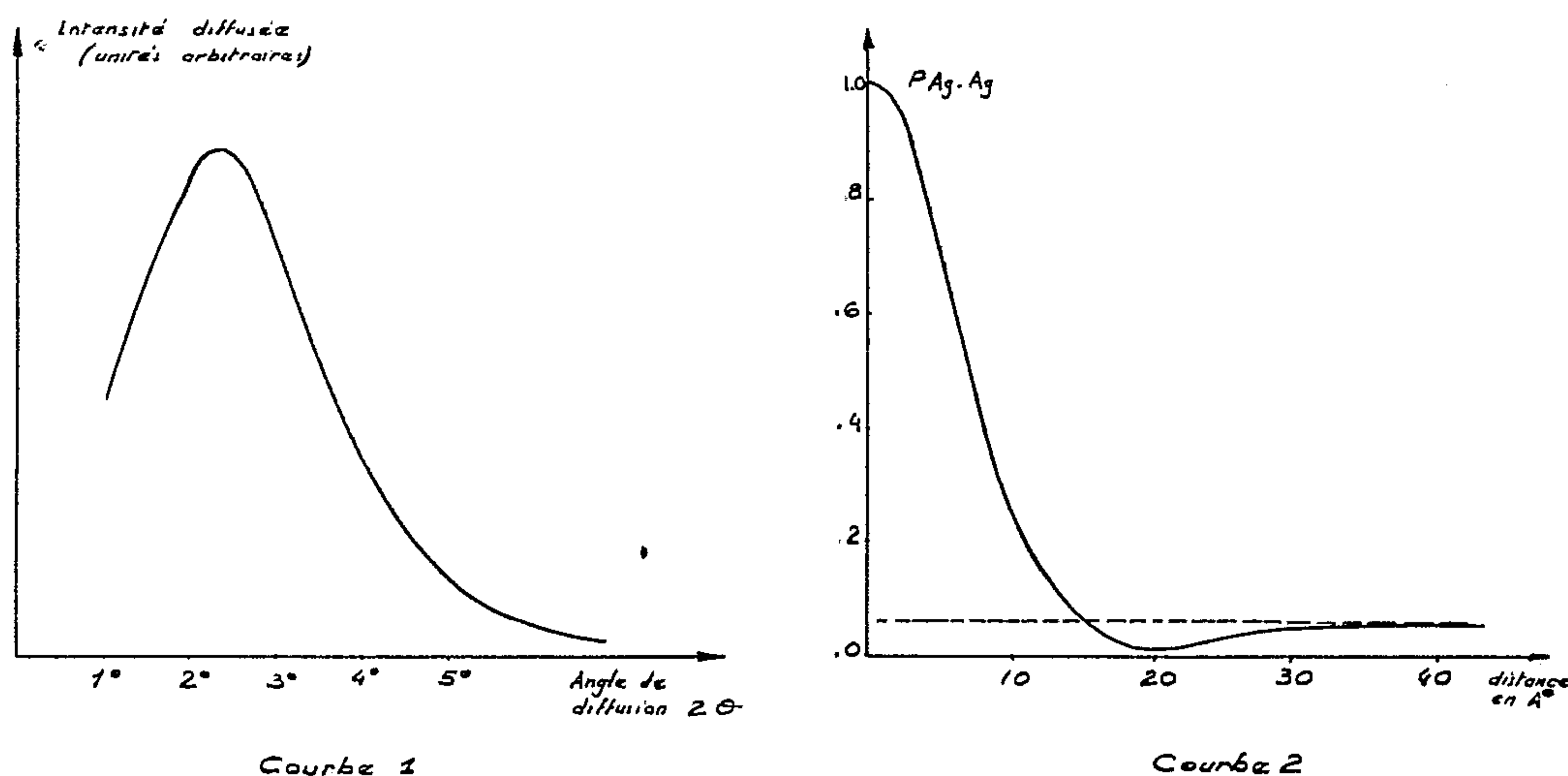
A la lumière de cette interprétation des diagrammes, nous avons suivi l'évolution des zones dans l'alliage Al-Ag en fonction des divers traitements thermiques isothermes après trempe. A la température ambiante, l'anneau reste pratiquement inchangé pendant plusieurs mois : il diminue avec le temps d'autant plus rapidement que la température est plus élevée. Pour atteindre la moitié de son diamètre initial, le temps nécessaire est 91 h à 100° C, 4 h à 140° C, 10 s à 255° C. L'interprétation est que les

(2) A. Guinier, *J. Phys. Rad.*, 8, 1942, p. 124.

(3) *Metallkunde*, 1949, p. 296.

amas d'argent grossissent au cours du temps, à une vitesse d'autant plus grande que la migration des atomes d'argent est plus aisée.

Quand on poursuit le revenu, l'anneau est remplacé par une tache de diffusion centrale dont l'intensité est croissante jusqu'à la limite perceptible à l'expérience (angle de 10′). Probablement, les zones sont assez volu-



mineuses et assez nombreuses pour que les auréoles appauvries en argent ne se détachent plus distinctement sur le fond d'une solution solide non perturbée. Mais, à partir d'un certain revenu (100 h à 140° ou 3 m à 300°), les diagrammes de diffusion centrale changent brusquement. Il apparaît de courtes traînées dirigées dans le réseau réciproque suivant les axes [111] : ces traînées démontrent la présence de petites particules plates parallèles aux plans (111). C'est le début du second stade de l'évolution de l'alliage, où se forme le *précipité* γ' ($Al-Ag_2$). Ce stade est aussi caractérisé par l'apparition de phénomènes de diffusion aux grands angles (traînées suivant les rangées [111] qui ont été signalées à plusieurs reprises ([2]) et ([4]).

Les diagrammes de diffusion centrale distinguent très nettement, dans ce cas, l'alliage Al-Ag, la présence de deux modes successifs de décomposition de la solution solide (par zones, d'abord et par précipités, ensuite), cette dualité étant responsable de l'allure discontinue de la variation des propriétés de l'alliage signalée par Köster ([5]).

([4]) A. H. GEISSLER et J. K. HILL, *Acta Cryst.*, 1, 1948, p. 238.

([5]) W. KÖSTER, *L'état solide* (*IXe Conseil de Phys. Solvay*, Stoops, Bruxelles, 1952, p. 235).

GÉOLOGIE. — *La chaîne calédonienne au Maroc.*
Note de M. **Georges Choubert**, présentée par M. Paul Fallot.

L'existence de mouvements calédoniens au Maroc fut démontrée d'abord par B. Owodenko dans les Zekkara (Nord de Djérada) (1) puis par W. van Leckwijck (2), G. Colo, P. Morin et G. Suter (3) dans la partie Sud-Ouest du Massif Central. On peut à présent tenter une reconstitution de cette chaîne que les mouvements hercyniens ont oblitérée et rendue méconnaissable.

La vaste zone de subsidence qu'on peut appeler géosynclinal calédonien, traverse le Maroc du Sud-Ouest à Nord-Est en s'élargissant à l'Est. Elle englobe, à l'Ouest, le Bloc occidental du Massif ancien du Haut-Atlas, la majeure partie du Haouz et des Jebilet, et la partie Sud-Est des Rehamna (J. Krero). Plus à l'Est, elle contourne le Bloc oriental et englobe les boutonnières primaires des Aït Mdioual et Aït Mallah. Elle se continue ensuite sous la couverture secondaire et tertiaire du Haut et du Moyen Atlas ainsi que vraisemblablement des Hauts-Plateaux. On peut l'étudier à nouveau dans les boutonnières primaires de la chaîne des Horsts du Maroc oriental au Nord et dans le Tamlelt (Atlas oriental) au Sud. Elle est bordée au Sud par le Domaine rigide de l'Anti-Atlas, au Nord par la zone également rigide de la Meseta Marocaine.

L'Acadien est entièrement schisteux dans le géosynclinal. Au Nord et au Sud de ce dernier, il comporte quelques grès et quartzites et se termine par une barre quartzitique (quartzites d'El Hank au Nord, grès à *Conocoryphe* au Sud).

L'Ordovicien (à part la barre quartzitique du Caradoc qu'on retrouve partout) est entièrement schisteux dans le géosynclinal (Cambro-Ordovicien puissant). Au Nord et au Sud, il est moins épais, parfois incomplet, et se charge d'intercalations gréseuses et quartzitiques.

Le Gothlandien ne se présente sous son faciès habituel de schistes noirs à Graptolithes qu'à l'extérieur du géosynclinal : au Nord-Ouest des Rehamna et dans le Maroc central au Nord, dans l'Anti-Atlas (plaines du Dra, Tafilalet) au Sud. Le Llandovery, le Taranon et le Wenlock y sont peu épais; le Ludlow est bien plus puissant et se termine par des calcaires à *Cardiola interrupta* (Ludlow moyen). Dans le géosynclinal, on a, au contraire, un Gothlandien à faciès flysch, comportant des phtanites à Graptolithes. Le Llandovery y mesure à lui seul jusqu'à 500 m d'épaisseur. La puis-

(1) *Mémoires Soc. Géol. de Belgique*, 70, 1946, p. 27-30.
(2) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2117.
(3) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2118.

sance totale de ce Gothlandien géosynclinal peut être évaluée à 2 000 m [E. Roch : Jebilet, Aït Mdioual (4); M. Gigout : J. Krero (5)].

Par opposition aux formations anté-calédoniennes, le Dévonien n'est bien développé qu'à l'extérieur de ce qui fut le géosynclinal calédonien. Il est au contraire rare, peu épais et incomplet à l'intérieur de cette zone. On doit en conclure que la chaîne calédonienne s'est élevée dans les limites du géosynclinal définies ci-dessus. On ne peut pas savoir si cette chaîne fut recouverte par la transgression dévonienne ou si la mer dévonienne n'y pénétrait que par des chenaux limités. Dans les rares affleurements dévoniens qu'on y connaît et dont la plupart se trouvent sur les bords de la chaîne, la série débute par du Dévonien moyen (Guéliz, Adrar n'Dgout, Skoura, J. Grouz, Zekkara) ou même par du Dévonien supérieur (Agadir Anzizen, J. Adouz). Le fait que les faunes du Dévonien moyen du Maroc Central sont à affinités européennes, tandis que celles du Sud Marocain comportent un certain nombre d'espèces américaines (6), semble indiquer qu'à cette époque les communications à travers les ruines de la chaîne calédonienne se faisaient avec beaucoup de difficultés. Elles sont devenues plus faciles au Dévonien supérieur.

Au Nord, les produits de démantellement de la chaîne calédonienne sont les quartzites à *Orthis lunata* attribués au Gédinnien (Sud-Ouest du Massif Central) (7). Au Sud ce sont les puissantes formations gréseuses encore mal datées de la région de Tinerhir. Les premiers recouvrent en discordance des plis bordiers de la chaîne calédonienne. Les secondes semblent également être discordantes sur le Silurien.

En s'éloignant de la chaîne on retrouve le Dévonien classique. Au Nord, dans le Massif Central, c'est le Dévonien largement développé, bien connu par les travaux de H. Termier (7); au Sud, dans le Dra, un Dévonien subsident, très puissant et essentiellement schisteux. Au Tafilalet, le Dévonien quoique complet, est peu puissant; au Sud de l'Ougnat des récifs à Polypiers abondent dans le Dévonien moyen. On est donc en droit de supposer que la dorsale anti-atlasique fut également exhaussée par les mouvements calédoniens. Il en était probablement de même de la chaîne d'Ougarta, ce qui expliquerait la pénétration difficile des Goniatites du sillon de la Saoura dans le bassin du Dra.

Comme les « serres » de l'orogénie calédonienne ont été les mêmes que, plus tard, pour l'orogénie hercynienne, les directions des plis ont dû être les mêmes pour les deux chaînes. C'est ce qu'on observe dans le pays des

(4) *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, n° 51, 1939, p. 89-99.
(5) *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, n° 86, 1951, p. 47-49.
(6) H. et G. Termier, *Revue Scientifique*, n° 3308, 1950, p. 209-216.
(7) *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, n° 33, 1936.

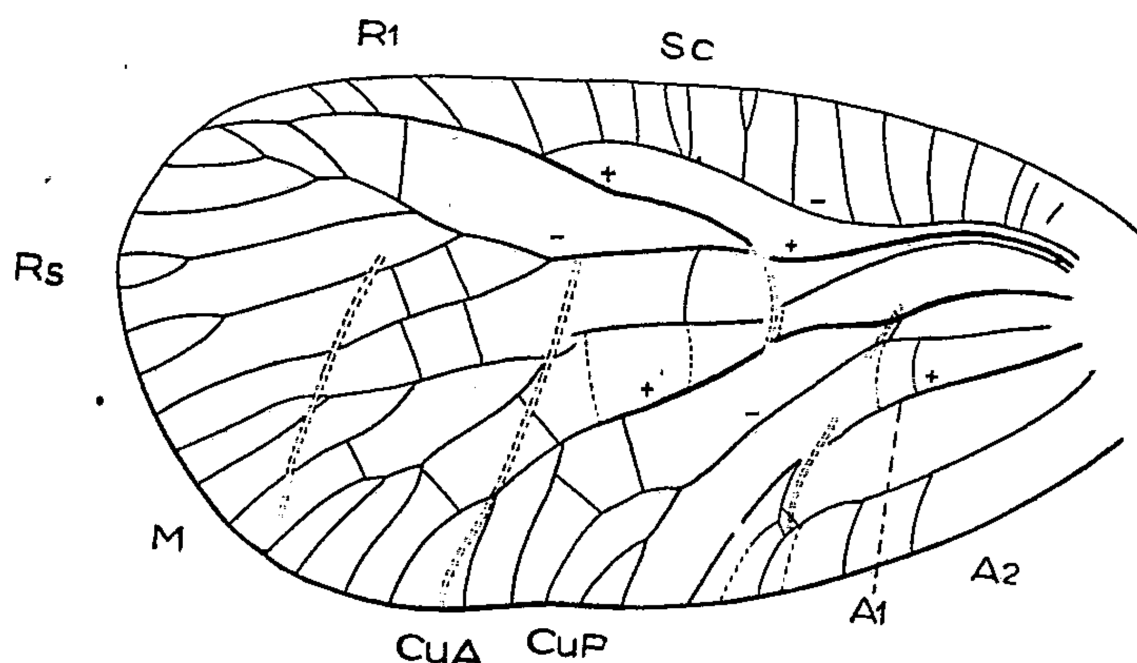
Sokrats. Seul le faisceau de plis mésétiens, de direction méridienne, est purement hercynien. Cela expliquerait la curieuse superposition des directions méridiennes et des directions Sud-Ouest-Nord-Est dans le Bloc occidental du Massif ancien du Haut-Atlas.

Vu l'importance de la chaîne calédonienne au Maroc, on est en droit de se demander si certains granites situés dans le géosynclinal calédonien (Tichka, Azgour, Midelt) sont bien d'âge hercynien.

PALÉONTOLOGIE. — *Découverte d'un hémiptère dans le Namurien de Monceau-Fontaine (Belgique).* Note de M. **Daniel Laurentiaux**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Archeglyphis crassinervis Martynov 1930 (¹) (*Prosbolidæ* Handlirsch, du Balachonien de Kuznetzk, Houiller très supérieur ou base de l'Artinskien) était le plus ancien hémiptère connu.

Un homoptère vient d'être exhumé du Namurien de Monceau-Fontaine (Belgique) et s'inscrit comme un représentant original, *Protoprosbole straeleni* nov. (*figure*), du groupe prosboloïde, lequel est singulièrement épanoui dans le Permien australien et surtout russe.



Protoprosbole straeleni nov. gen. et sp. (*Homoptera*, *Protoprosbolidæ* nov.). — Calque nervuraire orienté d'une aile mésothoracique gauche (généritype) (grossissement 6). Collection de l'Association pour l'Étude de la Paléontologie et de la Stratigraphie houillères (Bruxelles) (IG. 320).

Les signes + et — désignent respectivement les veines hautes et basses, Sc (sous-costale), RI (radius *sensu stricto*), M (médiane), Cu A (cubitus antérieur), Cu P (cubitus postérieur), A 1 et A 2 (première et seconde anales).

Avec une primitivité qui s'accorde avec son antériorité stratigraphique, *P. strlaeeni* avoisine particulièrement deux *Prosbolidæ* du Permien (Kolt-

(¹) A. B. Martynov, *Bull. Géol. Prosp. Serv.*, 49, n° 9, Moscou, 1930.

chugien) de Kuznetzk (Russie) : l'un, du genre archaïque *Protoprosbole* Martynov 1935, l'autre, de l'espèce *triangularis* Martynov 1935, du genre *Prosbole* Handlirsch 1904, dont elle est jusqu'ici l'entité spécifique la plus généralement primitive.

La pluralité des caractères nervuraires (nature uniformément membraneuse de l'aile dépourvue de corium et d'annexes coriales et nodales, existence d'un archéodictyon primaire (se distingue mal sur l'empreinte), richesse des nervations principale et transversale, absence de la sous-costale antérieure (ScA), nervulation de la sous-costale et de la seconde anale, parallélisme de la seconde anale et du bord postérieur) soulignent l'archaïsme de *Protoprosbole* et rapprochent le fossile belge des deux prosbolides précédents.

Un des aspects les plus significatifs de la primitivité de cet homoptère réside dans l'indépendance totale de Sc, RI, M, étroitement séparés, ce qui le distingue de tous les autres prosboloïdes. *P. straeleni* s'inscrit dans une famille nouvelle, *Protoprosbolidæ*, directement ancestrale des *Prosbolidæ*.

La découverte inattendue d'un homoptère dans le Namurien de l'Hémisphère Nord démontre l'antiquité remarquable de cet ordre, désormais stratigraphiquement le plus ancien de ses analogues actuels, dont deux seuls sont connus au Carbonifère : *Homoptera*, dès le Namurien, *Blattaria*, dès le Westphalien A.

Si l'on excepte les collemboles du Dévonien (Écosse), l'entomofaune namurienne est la plus ancienne connue, celle qui fournit les premières traces incontestables de ptérygotes. Sa nature non primordiale a été démontrée par de précédentes découvertes. *Protoprosbole* en fournit une nouvelle preuve, et représente jusqu'ici l'élément entomologique namurien le plus spécialisé.

Le monde des insectes carbonifères est l'un des mieux représentés *in fossile*. Hormis *Archeglyphis*, on n'y avait cependant rencontré jusqu'ici aucun hémiptère, ce qui laissait logiquement penser à une carence du groupe dans les biotopes houillers de l'Hémisphère Nord, où se cantonnent encore tous les gîtes d'insectes signalés de cette époque.

Archeglyphis, par sa localisation dans le Houiller terminal et ses affinités avec des genres australiens ([1]), paraissait trahir les premières migrations qui, au Permien dans l'Hémisphère Nord, viennent associer au reliquat autochtone des lignées euraméricaines, des immigrants (notamment holométaboles) géographiquement cryptogènes, individualisés ailleurs pendant le Houiller et, pour d'aucuns, gondwaniens ([2]).

Dans ces hypothèses, les homoptères figuraient une lignée exotique ayant accompagné dans ces envahissements les holométaboles.

([1]) R. JEANNEL *in* GRASSÉ, *Traité de Zoologie*, Masson, Paris, 9, 1949, p. 81-82.

Il est peu probable que *Protoprosbole* ait figuré dans le Namurien septentrional un terme exotique ou un immigrant exceptionnel, dont la fossilisation aurait saisi la migration par un extraordinaire hasard.

Les prosboloïdes permiens de Russie appartiennent à un groupe septentrional autochtone, individualisé à l'aurore du Carbonifère, assez stable durant cette période, et corrélativement de faible représentation, ce qui expliquerait la singulière rareté de fossiles houillers. Tôt dans le Carbonifère, les homoptères ont pu s'installer et évoluer également dans les zones australe et septentrionale, peut-être avec une vélocité et une richesse diverses. Mais il subsiste l'hypothèse d'une évolution initiale des hémiptères dans un berceau carbonifère boréal, et d'une pénétration dans les contrées australes au début du Permien, mouvement faunistique inverse de celui qui semble devoir être admis pour les holométaboles.

Seule la découverte d'un Houiller insectifère austral permettra de décider du choix et de la valeur de ces hypothèses paléobiogéographiques.

GÉNÉTIQUE. — *Sur le déterminisme génétique de la stérilité dans les croisements entre différentes souches de* Culex autogenicus *Roubaud.* Note de M. **Sabbas Ghelelovitch**, présentée par M. Émile Roubaud.

La stérilité des pontes observée dans les intercroisements des souches de Culex autogène est déterminée héréditairement et transmise par le cytoplasme.

La stérilité des pontes est assez fréquemment observée dans les croisements entre différentes souches de Culex autogène [Marshall (1), E. Roubaud (2), Laven (3)].

Les œufs fécondés provenant des femelles dont les spermathèques contiennent des spermatozoïdes vivants, sont arrêtés dans leur développement. L'arrêt ne se produit, le plus souvent, que lorsque la larve est déjà constituée et prête à éclore.

Roubaud a constaté que le phénomène de la stérilité n'était pas lié à l'éloignement géographique des lieux d'origine des souches intercroisées. Il a observé les pontes stériles dans les élevages de moustiques provenant d'un même gîte naturel et il a expliqué le fait par l'hétérogénéité génétique de la population originelle.

Le phénomène de la stérilité des pontes présente deux particularités : 1° dans certains cas, la stérilité ne frappe que les œufs issus du croisement effectué dans un sens déterminé, en épargnant ceux issus du croisement

(1) *The British Mosquitoes*, London, 1938.

(2) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 257-259 et 220, 1945, p. 229-231.

(3) *Evolution*, 5, 1951, p. 370-375.

inverse; 2° la stérilité peut parfois n'affecter qu'une partie des œufs de la ponte. Dans ce dernier cas, la proportion des œufs léthaux est très irrégulière et ne correspond à aucun schéma mendélien simple [Roubaud et Ghelelovitch (4)].

Ces particularités, et en même temps, que le fait que la barrière créée par la stérilité peut, comme l'a montré E. Roubaud, jouer un grand rôle dans la réduction naturelle des peuplements de Culex autogènes, donnent à l'étude génétique du phénomène un intérêt évident.

Disposant de trois souches différentes de *Culex autogenicus* Roubaud, j'ai entrepris leur intercroisement.

Ces souches sont : 1° la souche P (Paris), provenant de moustiques capturés en juin 1950 à Colombes (Seine); 2° la souche H (Hambourg), qui m'a été aimablement envoyée par le Docteur H. Laven; elle est entretenue, depuis plus de 20 ans, au Tropeninstitut de Hambourg et tire son origine de moustiques capturés dans cette ville; 3° la souche T (Tunis), qui a été envoyée à M. le Professeur Roubaud par M. C. Vermeil de Tunis.

Les pontes de ces trois souches élevées à l'état pur, sont fertiles. Les larves bloquées dans l'œuf sont tout à fait exceptionnelles et le faible pourcentage d'œufs non éclos, ne contenant pas d'embryons formés, peut être fourni par les ovules ayant échappé à la fécondation.

Les statistiques qui portent sur les pontes des « souches pures » sont consignées dans le tableau ci-dessous :

		Œufs			
Souches.	Pontes examinées.	examinés.	éclos.	avec larves bloquées.	sans embryon.
P.......	15	673	599	4	70
H.......	12	451	439	3	9
T.......	19	901	819	4	78

Les croisements entre les souches H et T (♀T × ♂H et ♀H × ♂T) sont fertiles dans les deux sens; les deux croisements réciproques entre les souches H et P sont presque totalement stériles (trois éclosions seulement sur 927 œufs) et les croisements entre P et T, fertiles dans le sens ♀P × ♂T, sont totalement stériles dans le sens inverse : ♀T × ♂P (aucune éclosion sur 90 œufs pondus).

Toutes les pontes stériles obtenues dans ces croisements proviennent de femelles fécondées et la plus grande partie des œufs non éclos contiennent des larves formées qui ne sont pas sorties de l'œuf.

Les résultats des croisements réciproques entre les souches P et T ne peuvent pas être expliqués par un simple mécanisme chromosomique.

(4) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 341-343.

En effet, les zygotes femelles issus des croisements ♀P × ♂T et ♀T × ♂P, doivent avoir exactement la même constitution chromosomique, aussi bien en ce qui concerne les autosomes que les chromosomes sexuels (la femelle étant homogamétique chez le Culex). Pourtant, ceux issus du croisement ♀P × ♂T sont viables et ceux issus du croisement inverse ne le sont pas.

Une influence extrachromosomique est donc à supposer. Cette influence est durable et transmissible aux descendants. Les hybrides de la première génération se comportent, au point de vue de la stérilité des pontes dans leurs croisements avec les souches pures et les hybrides d'origine différente, de la même façon que leur parent maternel.

Le remplacement, au sein des cytoplasmes H et P, de tous les chromosomes par les chromosomes T, à l'aide de neuf rétrocroisements successifs avec ♂T, n'a pas modifié le comportement de ces souches hybrides qui ont gardé toutes les propriétés de leur cytoplasme maternel. On est donc amené à penser que le déterminisme génétique de la stérilité des pontes pourrait être un déterminisme cytoplasmique. L'hérédité chromosomique ne semble jouer aucun rôle dans le phénomène, car : 1° toutes les pontes issues des parents hybrides sont, ou entièrement fertiles, ou entièrement stériles, cependant, que la ségrégation chromosomique devrait aboutir, pour certaines combinaisons des génomes parentaux, à la production d'une proportion d'œufs fertiles dans les pontes stériles et, inversement, d'œufs stériles dans les pontes fertiles; 2° le remplacement de tous les chromosomes n'a pas changé le comportement des souches hybrides.

Ce nouvel exemple d'hérédité cytoplasmique chez un Culicide serait à ajouter à celui déjà connu et observé, pour tous les caractères morphologiques, dans les croisements interspécifiques des *Aëdes albopictus* et *Aëdes ægypti* [Toumanoff (5), Downs et Baker (6), Bonnet (7)].

PROTISTOLOGIE. — *Contribution à la connaissance des Péridiniens parasites des Radiolaires*. Note de M. **Raymond Hovasse** et Mlle **Eleanor-Margaret Brown**, présentée par M. Louis Fage.

Pendant longtemps, les idées sur la reproduction des Radiolaires sont restées confuses : ces êtres, pélagiques pour la plupart et, de ce fait, difficiles à suivre au laboratoire, présentent plusieurs modes de sporulation, que l'on s'est en vain efforcé d'expliquer. C'est seulement en 1920 qu'une hypothèse, due à Édouard Chatton, a permis d'envisager une solu-

(5) *Bull. Soc. Méd. Chir. Indochine*, 51, 1937, p. 964-970; *Rev. Fr. Extrême-Orient*, 17, 1938, p. 365-368; *Bull. Soc. Path. exot.*, 32, 1939, p. 505-509 et 43, 1950, p. 234-240.

(6) *Science*, 109, 1949, p. 200-201.

(7) *Proc. Hawaiian Entomol. Soc.*, 14, 1950, p. 35-38.

tion possible de ce problème compliqué. Les Radiolaires [1] sont parasités par des Péridiniens plasmodiaux, voisins des Syndinium, dont il a démontré antérieurement le parasitisme possible aux dépens des Copépodes pélagiques. La sporulation de ces organismes aurait été confondue avec celle de leurs hôtes Radiolaires. Dans les figures de Brandt (1890, 1895, 1905), de Borgert (1897, 1900, 1909), de Huth (1913), il reconnaît le type même de plasmodes qui, chez le Copépode *Paracalanus parvus*, caractérise le Péridinien parasite *Syndinium turbo*.

En 1923, Hovasse confirme partiellement ces vues, montrant que, chez *Collozoum inerme*, il existe effectivement, dans les capsules, des masses plasmodiales syndiniennes parfaitement distinctes du cytoplasma du Radiolaire. Elles se multiplient aux dépens de celui-ci et évoluent vers les formes connues depuis Brandt comme typiques de l' « anisosporogénèse ». Il reconnaît, en outre, l'existence, chez le même *Collozoum*, d'un autre Syndinien, qui constitue les « corps extracapsulaires », non encore interprétés et qui se distingue spécifiquement du premier [2].

Complétant ce travail, Chatton parvient, à la fin de 1923, à suivre sur le vif l'aboutissement de cette sporogénèse et peut décrire ainsi les diverses catégories de spores formées, chez *Collozoum inerme* et *Myxosphera cœrulea*. L'hypothèse, critiquée tout d'abord par Hartmann et Bělař, est finalement acceptée, mais sans avoir été plus spécialement démontrée (Patau, 1937). Chatton avait, de même, fait valoir en sa faveur, dès 1934, quelques arguments généraux, mais sans apport de faits nouveaux.

Nous avons repris l'étude de ces problèmes, soit à Naples (E. M. Brown, 1948), soit à Monaco (Hovasse, 1951) et un important matériel de Collodaires, Polycyttaires, Phéodaires a été ainsi recueilli. Nous avons surtout étudié *Thalassicolla nucleata* et *T. spumida*; divers *Collozoum* et *Spherozoum*; *Aulacantha scolymanta*. En outre, un important lot de Thalassicolles a été fixé pour nous par Trégouboff, à Villefranche et des Acanthaires côtiers récoltés par Hovasse à Sète, en 1934.

Nos recherches ont porté, en premier lieu, sur l'étude des Syndinides, dont nous avons voulu préciser le rôle infectieux, les caractères cytologiques et morphologiques. Chez les Thalassicolles au moins, leur sporulation a pu être observée et comparée à celle propre au Radiolaire.

Nous pouvons, dès maintenant, affirmer l'existence de ces parasites dans tous les groupes étudiés, c'est-à-dire dans les trois sous-ordres des Spumellaires, des Acanthaires et des Phéodaires.

Partout, l'évolution qui est propre au Radiolaire conduit à la formation d'isospores dont nous avons précisé les caractères chez *Thalassicolla* et

---

(1) *Arch. Zool. expér. et gén.*, 59, 1920, p. 1.

(2) *Bull. Soc. Zool.*, 48, 1923, p. 247 et 337.

Collozoum. Les anisospores (Brandt), ou gamètes (Huth, Enriques), dérivent de l'évolution des Syndinides, dont les types varient d'une espèce de Radiolaire à l'autre. La fréquence d'infection varie selon les espèces, les époques, ou même les localités envisagées.

Nous pouvons dire, reprenant à notre compte une idée déjà émise par Enriques, que si, dans l'évolution des Radiolaires, l'isosporogénèse est la règle, l'anisosporogénèse n'est qu'un accident, souvent exceptionnel.

Nous confirmons également que les corps extracapsulaires des Polycyttaires constituent réellement un stade de sporulation d'un Syndinien distinct du type habituel et qui, au moins chez *Spherozoum punctatum*, peut coexister avec lui. La nomenclature des espèces de ces parasites, ainsi que leur diagnose, feront l'objet d'un travail d'ensemble.

ÉTHOLOGIE. — *Polygynie temporaire, mais constante et naturelle chez* Apis mellifica *var.* punica *en Tunisie ; absence de combats mortels entre les reines.* Note de M. **Maurice Mathis**, présentée par M. Émile Roubaud.

Dans les conditions naturelles au moment de l'essaimage, les colonies d'abeilles puniques élèvent et entretiennent des dizaines de reines qui cohabitent pendant plusieurs jours dans la même ruche, sans se massacrer les unes les autres.

Dans une Note précédente (1) nous avons montré la possibilité de constituer des colonies entretenant plusieurs dizaines de reines. Ce phénomène de polygynie, que nous avons observé dans toutes nos colonies au cours de ces dix dernières années, est si général et si constant que nous croyons utile de publier une partie de nos résultats.

Depuis les travaux de François Huber, on considérait classiquement que, dès leur naissance, les reines vierges élevées par les abeilles, soit naturellement, soit artificiellement par la méthode de Schirach, se livraient des combats singuliers mortels jusqu'à la victoire de la plus robuste. Ces faits précis, si constants, ont déterminé chez les apiculteurs-éleveurs toute une série de procédés pour l'élevage des reines et leur isolement dès leur naissance. En Tunisie, sous l'influence d'un climat probablement plus favorable à cet insecte (type même du « *thermœcique de E. Roubaud* »), l'Abeille se comporte d'une manière totalement différente : la cohabitation pendant plusieurs jours est la règle ; les combats se réduisent à des prises de mandibules sans conséquence pour la vie des reines.

Cette polygynie avait pourtant été bien observée dès 1740, par Réaumur, qui utilisait des colonies très puissantes; ne relate-t-il pas l'histoire d'un essaim naturel de près de 43000 abeilles, mais elle avait été contestée et

(1) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1925.

considérée comme tout à fait exceptionnelle. Nous montrerons qu'il n'en est rien et que ce précurseur du XVIIIe siècle avait bien vu et bien décrit un phénomène naturel; par contre, ses continuateurs, appliquant la méthode artificielle de Schirach, se trouvaient dans des conditions anormales.

1. *Ruche vitrée, capacité* 32 l (10 *septembre* 1942). — Cette colonie, constituée par la mise en essaim nu d'une ruche populeuse, évolue normalement au cours du doux hiver tunisien, aidée par quelques distributions de miel autoclavé. Dès le 15 mars 1943, la reine (dont nous avons coupé une aile pour la reconnaître et éviter toute fuite intempestive) commence sa grande ponte de mâles. Le 19 avril, ébauches de cellules royales naturelles (calices de gland de Réaumur) ; le 26, elles sont achevées. Le 3 mai, nous percevons nettement, par auscultation de la paroi de la ruche, les chants intermittents si caractéristiques des reines-vierges retenues prisonnières dans leurs berceaux; l'intensité de ces chants augmente progressivement les jours suivants. Jet d'un premier essaim le 9 mai, conduit par des reines vierges (la reine régnante mutilée n'ayant pu prendre son vol). Le chant des reines se poursuit. Jet d'un second essaim le 11 mai. Jet d'un troisième essaim le 15 mai, composé d'une poignée d'abeilles mais de très nombreuses reines vierges. Toujours le chant des reines; il ne cessera que le 16 mai; sa durée totale aura été de 14 jours consécutifs. Le 22 mai, nous trouvons à l'entrée de la ruche plusieurs cadavres de reines et nous apercevons, à travers la paroi vitrée de la ruche, une reine en parfait état, particulièrement agile. L'activité de la colonie devient nulle; elle est réduite à trop peu d'abeilles pour pouvoir se reconstituer et sera totalement détruite par la fausse teigne quelques semaines plus tard. Toutes ses provisions de miel ont disparu.

2. *Colonie en ruche à feuillets*, 10 l (6 *avril* 1952). — Quelques milliers d'abeilles sont groupées sur un cadre de couvain portant des cellules royales à tous les stades de développement (méthode d'essaimage naturel de Favignana). A partir du 10 avril, chant des reines qui se poursuivront jusqu'au 20 avril. La colonie trop faible ne jette pas d'essaim, mais elle continue à élever et à protéger ses reines. Le 24 avril, à l'extérieur six cadavres de reines; à l'intérieur de la ruche, nous en capturons quatre vivantes, en parfait état et cohabitant sans s'être massacrées mutuellement; le 26 nous trouvons encore à l'extérieur quatre cadavres de reines, l'estomac de l'une d'elles est rempli de pollen.

Entre ces deux expériences, que nous avons choisies à deux dates extrêmes (1942-1952), nous avons observé avec une constance remarquable ce comportement des reines vierges, qu'il s'agisse d'essaimage naturel ou d'essaimage artificiel provoqué par l'orphelinage de Schirach.

Dissection des spermathèques. — Pour nous assurer de l'état de virginité de toutes ces reines, nous avons examiné entre lame et lamelle, sous le microscope, le contenu des spermathèques dilacérées d'un certain nombre d'entre elles. Par exemple :

Essaim naturel du 18 avril 1952 : deux reines récoltées.

Deux essaims naturels du 19 avril : le premier 14 reines; le second 6 reines

Ruche de l'expérience II : 19 reines.

Enfin, 17 reines prélevées dans différents essaims ou trouvées mourantes à l'entrée des colonies ayant essaimé.

Ces 56 reines (mais nos statistiques portent sur un plus grand nombre) ont toutes leur spermathèque vide.

Il s'ensuit donc que les combats que se livrent les reines vierges commencent bien, chez l'Abeille de Tunisie, dans la ruche natale, mais qu'ils ne deviennent « mortels » qu'après la constitution de l'essaim ou la réorganisation de la colonie qui a essaimé. La phase sélective qui doit aboutir à la colonie monogyne a lieu, avant toute fécondation, au sein même du « *noyau thermique* » (2) que cherchent à créer les abeilles dès leur sortie de la ruche natale, ou dans cette ruche, quand elle ne pourra plus jeter de nouveaux essaims.

BIOLOGIE. — *Différenciation d'isohémagglutinines humaines anti-*B *d'après leur vitesse de sédimentation.* Note de M. **René Wurmser**, M[mes] **Sabine Filitti-Wurmser** et **Geneviève Aubel-Lesure**, présentée par M. Robert Courrier.

L'étude des isohémagglutinines humaines responsables de l'agglutination des hématies des individus du groupe B a abouti à la conclusion que ces isohémagglutinines diffèrent entre elles par leur chaleur de combinaison avec l'agglutinogène B, donc par leur structure (1). Suivant le génotype des individus qui les ont formées, on distingue les isohémagglutinines $\beta(A_1O)$, $\beta(A_2O)$, $\beta(A_1A_1)$, $\beta(A_3)$ et $\beta(OO)$. En quoi consistent les différences de structure? Il y a des raisons de penser qu'elles n'ont pas leur siège, tout au moins uniquement, dans le groupe qui réagit spécifiquement.

On s'attend en effet à ce que ce groupe ait une structure imposée par la constitution de l'agglutinogène B. Mais on ne peut en être sûr. Si l'on admet les idées de Pauling, ce qui compte essentiellement dans l'union des anticorps et des antigènes est la complémentarité de forme. Une même configuration superficielle capable de s'adapter exactement à l'agglutinogène peut être obtenue avec des parties de chaînes d'aminoacides dissemblables. Un moyen de s'assurer que les isohémagglutinines diffèrent autrement que par ce groupe nous a paru la détermination des vitesses de sédimentation.

Nous avons opéré suivant la méthode analytique de Tiselius, Pedersen et Svedberg, avec une cellule divisée par une cloison perforée recouverte de papier filtre.

La concentration de l'isoagglutinine β avant la centrifugation, et sa concentration dans chaque compartiment après la centrifugation, étaient mesurées par le nombre maximum d'hématies agglutinées à 4° C, par millimètre cube.

(2) Fondement du groupement apiaire ou *thermœcie*, au sens de E. Roubaud.

(1) S. Filitti-Wurmser, Y. Jacquot-Armand et R. Wurmser, *J. Chimie Phys.*, **47**, 1950, p. 413; *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2484.

La centrifugation était effectuée à la vitesse de 50740 t/m et durait 50 m, avec une période d'accélération toujours la même ([2]).

Trois séries de mesures ont été faites. L'une sur les sérums A_1O et OO non dilués, l'autre sur les mêmes sérums dilués avec des volumes croissants de tampon ([1]).

La troisième série porte sur des sérums OO privés d'agglutinine α par absorption préalable. Pour cela on a agité à 4° C les sérums OO avec des hématies A_1.

Le tableau donne les constantes de vitesse de sédimentation à 20° C obtenues pour 4 sérums A_1O et 4 sérums OO, ceux de ces derniers privés d'agglutinine α étant marqués par un astérisque. Δn est la différence entre l'indice de réfraction des sérums dilués ou non dilués et celui du tampon ($n = 1{,}3355$).

Les résultats ont été classés dans l'ordre des valeurs décroissantes de Δn, c'est-à-dire des concentrations de protéine totale de plus en plus faibles.

Δn.	β(OO).	β(A_1O).	Δn.	β(OO).	β(A_1O).
0,0140	2,5	–	0,0060	–	8,5
0,0131	–	4,5	0,0057	3,6	–
0,0126	2,1	–	0,0051	4,7*	8,7
0,0117	2,2	4,9	0,0050	4,8*	–
0,0116	–	4,7	0,0040	–	10,2
0,0065	3,3	8,1	0,0030	5,1	12,2

Nous n'avons pas trouvé des différences de densité ni de viscosité significatives entre les sérums OO et A_1O de même indice. Les vitesses de sédimentation des isohémagglutinines β(OO) et β(A_1O) sont donc nettement différentes.

Les valeurs des constantes de sédimentation extrapolées à la concentration zéro sont respectivement $7{,}5.10^{-13}$ et 16.10^{-13}, ce qui correspond à des poids moléculaires probables de 170 000 pour β(OO) et 550 000 pour β(A_1O). Cette dernière valeur est de l'ordre de grandeur indiqué pour les isohémagglutinines en général par Pedersen ([3]).

L'ensemble des résultats confirme que les isohémagglutinines β(OO) et β(A_1O) se distinguent entre elles par des particularités de stucture qui ne sont pas limitées aux groupes spécifiques réagissant avec l'agglutinogène.

([2]) Nous avons utilisé l'appareil Spinco de la Station d'Ultracentrifugation du C. N. R. S. Les mesures ont été effectuées avec l'aide de M. Barruet.

([3]) *Ultracentrifugal studies on serum and serum fractions*, Upsala, 1945.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Influence de la castration précoce et de l'irradiation par les rayons X sur la différenciation des caractères sexuels secondaires chez le Xiphophore.* Note de M. **Jean Vivien**, présentée par M. Maurice Caullery.

Plusieurs auteurs ont souligné la concordance existant entre le développement du tissu interstitiel testiculaire et la différenciation des caractères sexuels secondaires, permanents ou saisonniers, chez diverses espèces de poissons. La discordance observée, chez quelques espèces et notamment chez l'épinoche, entre le déroulement de la spermatogenèse et l'apparition des caractères sexuels permettait de supposer, sans en fournir la preuve formelle, que le contrôle du développement de ces caractères était exercé par le tissu interstitiel testiculaire et probablement par des éléments hormonogènes homologues du tissu diastématique décrit par Bouin et Ancel chez les Mammifères. Toutefois, quelques auteurs ont nié l'existence d'un tel contrôle; chez les Cyprinodontes, particulièrement chez le Xiphophore, Champy (1923) (1), Van Oordt (1925) (2), ont souligné la concordance existant entre le déclenchement de la spermatogénèse pubertaire et le début de la différenciation des caractères sexuels secondaires. Champy, sans attribuer au tissu germinal le contrôle de cette différenciation, conclut de ses observations : « La seule démonstration donnée par les coïncidences d'évolution est que le *tissu interstitiel ne joue aucun rôle dans le développement des caractères sexuels secondaires* ».

Les observations faites sur le Xiphophore (J. Vivien et Th. Mohsen, 1951) (3) appellent une première remarque : s'il est exact que la première différenciation gonopodiale externe coïncide avec le début de la spermatogénèse dans le testicule, il existe pourtant des caractères sexuels squelettiques à différenciation plus précoce (régression des 12, 13 et 14e hæmapophyses chez les ♀, allongement des actines, allongement et changement d'orientation des 13, 14 et 15e hæmapophyses et isolement du ligastyle chez les ♂) qui n'ont pas été observés par beaucoup d'auteurs et dont la différenciation précède nettement les premières manifestations de la vitellogenèse ou de la spermatogenèse; ce début réel de la différenciation pubertaire coïncide, ainsi que nous l'avons observé sur des lignées entières de Xiphophores, avec un développement significatif d'éléments éosinophiles dans l'interstitiel des gonades.

La castration pratiquée avec succès sur un grand nombre de poissons des deux sexes (110 ♀ et 53 ♂) avant toute différenciation des carac-

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 88, 1923, p. 414-417.
(2) *Brit. J. Expr. Biol.*, 3, 1925, p. 43-59.
(3) *C. R. Soc. Biol.*, 144, 1951, p. 1364-1368.

tères suspensoriaux du gonopode, permet de constater que les animaux conservent indéfiniment un type neutre et qu'aucun caractère sexuel ne se différencie lorsqu'ils atteignent l'âge normal de la différenciation contrôlé sur des témoins de même souche ou sur les castrats partiels élevés dans le même milieu.

L'irradiation par les rayons X, appliquée à la dose de 6 à 8 000 R, suivant une technique déjà décrite ([4]), permet d'obtenir des poissons stériles dont la différenciation, légèrement retardée par rapport à celle des témoins, est parfaitement normale dans les deux sexes. Ches les ♂, le testicule est réduit au tissu interstitiel, formant des îlots éosinophiles entre les canalicules déférents dont l'épithélium actif entoure une lumière dilatée souvent remplie de sécrétion ([5]).

L'injection d'hormones synthétiques, sexuelles (folliculine ou testostérone), d'extraits bruts de gonades normales ou stériles, faite à des castrats, permet d'obtenir, quel que soit le sexe, une différenciation des caractères sexuels dont l'aspect plus ou moins typique est lié à la dose de substance injectée.

Conclusions. — L'absence de différenciation des caractères sexuels secondaires chez les castrats, la différenciation légèrement retardée mais normale obtenue chez les poissons stérilisés par irradiation mais présentant une formation interstitielle active, les différenciations obtenues chez les castrats à l'aide des extraits bruts de gonades normales ou stériles, montrent que le contrôle du développement des caractères sexuels secondaires est assuré, chez le Xiphophore, par le tissu interstitiel des gonades.

Le maintien prolongé d'une stérilité totale des testicules chez les poissons irradiés et sacrifiés huit mois après l'irradiation permet de penser que l'hypothèse d'Essenberg, suivant laquelle la restitution des cellules germinales détruites peut s'effectuer, chez les Cyprinodontes, à partir de cellules somatiques de l'épithélium péritonéal, semble devoir également être révisée.

BACTÉRIOLOGIE. — *Rôle des bactéries nitrifiantes dans l'altération des pierres calcaires des monuments.* Note de M. **Jacques Kauffmann**, présentée par M. Raoul Combes.

Le calcaire des pierres est attaqué par les bactéries nitrifiantes qui l'utilisent comme source carbonée, et surtout par les acides nitreux et nitriques formés par ces bactéries à partir de l'ammoniac atmosphérique. Les nitrites et nitrates de calcium formés sont entraînés par l'eau de pluie.

([4]) J. Vivien, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1166.

([5]) Des résultats analogues ont été obtenus par mon élève E. Follenius sur *Lebistes reticulatus* après irradiation des gonades.

Le problème de la détérioration des pierres des monuments historiques a déjà fait l'objet de nombreux travaux. D'après J. Bourcart, J. Noetzlin et J. Pochon [1] le mécanisme de l'altération serait le suivant : les composés soufrés réduits, venant du sol, montent avec l'eau de capillarité dans les murs et, au niveau des parements, sont oxydés en sulfates par les *Thiobacillus* (Pochon). Le sulfate de calcium produit un gonflement en cristallisant en gypse, ce qui amène la détérioration de la pierre (Bourcart, Noetzlin). Cette hypothèse physicobiologique peut expliquer certaines lésions basses (lésions en rapport avec l'eau de capillarité venant du sol), mais elle n'explique pas les lésions hautes (lésions en rapport uniquement avec l'eau de pluie) ainsi que les protubérances noires, riches en sulfates, adhérant à une pierre saine. Il faudrait donc admettre des hypothèses différentes pour expliquer chaque type de lésion. D'autre part, l'examen des lésions (hautes et basses) montre une pierre, réduite en une poudre légère, ne donnant pas l'apparence d'une pierre saine « disloquée ». Pour expliquer le mécanisme de ces détériorations, j'ai pensé à un autre phénomène biologique, celui de la nitrification, ce qui m'a amené à rechercher la présence de bactéries nitrifiantes dans les parties altérées des pierres.

Les prélèvements de pierres ont été faits sur les édifices suivants : Notre-Dame et église Saint-Séverin de Paris, cathédrales de Vienne et Romans (vallée du Rhône). Sur Notre-Dame de Paris, les prélévements ont été faits uniquement à partir de lésions hautes (au sommet de la tour Sud). Pour chacun des autres édifices, les prélèvements ont été effectués sur des lésions hautes et basses.

La présence de germes nitrificateurs a été recherchée par la méthode chimique [2] avec ensemencement de grains de pierre. L'activité nitrificatrice s'est révélée très grande dans 14 échantillons sur 17 prélèvements de pierres altérées effectués, ces échantillons provenant de régions diverses et de types de lésions différents. L'activité nitrificatrice a été nulle dans les échantillons prélevés à partir de la pierre relativement saine et des protubérances noires.

Les dosages de sulfates et de carbonates dans quelques échantillons « types » ont donné les résultats indiqués dans le tableau suivant.

La formation de sulfate de calcium n'est donc pas indispensable à la formation des lésions. Certains échantillons de pierres altérées se sont montrés, par contre, très riches en nitrate (0,5 %). J'ai été ainsi conduit à l'hypothèse suivante pour expliquer le mécanisme de l'altération.

---

(1) *Ann. Inst. Tech. Bat. et T. P.*, 1949, p. 108.

(2) J. Kauffmann et Mlle G. Boquel, *Ann. Inst. Pasteur*, 81, 1951, p. 667.

Échantillons.	SO_4Ca (%).	CO_3Ca (%).
Cathédrale de Romans, pierre très altérée (lésion haute)	traces	39
Pierre saine provenant de la carrière ayant servi à la construction de la cathédrale de Romans	traces	40
Église Saint-Séverin, pierre très altérée, poudreuse (lésion haute)	2	82
Église Saint-Séverin, pierre relativement saine	1,7	84

La richesse en éléments minéraux de l'eau de capillarité à l'endroit d'évaporation est fonction de la richesse en ces éléments des différents milieux traversés par cette eau. Les bactéries nitrifiantes prolifèrent aux endroits aérés, près des surfaces d'évaporation, riches en eau et en éléments minéraux. A ces endroits le calcaire de la pierre est attaqué par les bactéries nitrifiantes qui l'utilisent comme source carbonée, et surtout par les acides nitreux et nitrique formés par ces mêmes bactéries à partir de l'ammoniac atmosphérique. Les nitrites et nitrates de calcium formés sont entraînés par l'eau de pluie. Il en résulte une transformation de la pierre superficielle en une sorte de poudre caractéristique de l'altération.

Cas des lésions du type « protubérances noires » adhérant à une pierre saine (lésions hautes). — Lorsque l'eau de pluie ne draine pas un volume de pierre suffisant pour enrichir le « milieu de culture » en éléments indispensables à la croissance des bactéries, la pierre n'est pas attaquée par ces dernières et les éléments apportés par l'eau de pluie, peu ou pas nutritifs pour les bactéries, s'amoncellent à la surface d'évaporation en formant des protubérances. C'est ainsi que les traces d'acide sulfurique contenues dans l'eau de pluie, réagissent sur le calcaire de la pierre et donnent des dépôts de sulfate de calcium. Aussi, ce type de lésion ne se trouve-t-il que sous une faible épaisseur de pierre.

Cas des lésions mortes. — Le « milieu de culture », d'abord riche, peut s'appauvrir au cours des temps et ne plus permettre la croissance des bactéries nitrifiantes. On est alors en présence d'une lésion exempte de germes nitrificateurs : c'est une lésion morte.

MICROBIOLOGIE. — *Pouvoir pathogène de la souche de bacille tuberculeux homogène (Arloing et Courmont) pour le hamster.* Note de MM. **Paul Hauduroy** et **Willy Rosset**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

En 1898, S. Arloing, puis S. Arloing et Paul Courmont, réussirent à cultiver, de façon homogène, un bacille tuberculeux, d'origine humaine

(souche SAPC), isolé par inoculation au Cobaye d'expectorations humaines. Cette souche a servi, depuis lors, à de nombreuses études et, en particulier, à des essais de séro-diagnostic, à des titrages *in vitro* de pouvoir antibiotique de substances diverses.

S. Arloing et Paul Courmont avaient constaté que la souche SAPC avait un pouvoir pathogène normal pour le Cobaye lors de son isolement. Depuis longtemps, cette virulence a disparu, sans que jamais aucune explication n'en ait été donnée.

Un échantillon de la souche SAPC nous avait été remis par Paul Courmont et nous avons constaté, en effet, qu'inoculée au Cobaye, elle est sans action sur lui à forte dose, même après 8 mois d'observation.

Par contre, cette souche est capable de tuer le hamster doré (*Mesocricetus auratus*). Nous avons, en effet, inoculé deux hamsters par voie intrapéritonéale avec 0,5 cm^3 d'une émulsion contenant environ 20 mg de bacilles par centimètre cube.

Les hamsters sont morts, l'un après deux mois, l'autre après six mois, présentant tous deux à l'autopsie des lésions macroscopiques tuberculeuses et d'innombrables bacilles acido-alcoolo-résistants dans tous les organes. Nous avons donc, ici encore, un nouvel exemple [1] d'un bacille tuberculeux ayant perdu sa virulence pour le Cobaye et capable cependant de tuer *Mesocricetus auratus* qui se révèle ainsi un animal de choix pour certaines études expérimentales poursuivies avec les Mycobactéries.

IMMUNOLOGIE. — *Relations entre le poids moléculaire des antigènes et les propriétés des anticorps correspondants.* Note (*) de M. **Jean Loiseleur**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'expérimentation avec des antigènes de poids moléculaires croissants permet d'assister à l'évolution continue des propriétés des anticorps correspondants.

L'extension du pouvoir antigène à toute la gamme des molécules qui s'échelonnent depuis les protéines jusqu'aux molécules organiques et minérales, permet de comparer les propriétés des anticorps correspondants. L'expérience montre que, d'une manière générale, la plupart des caractéristiques de l'anticorps suivent une évolution proportionnelle à l'élévation du poids moléculaire de l'antigène.

1. Pour la préparation de l'animal, la condition essentielle est d'assurer, dans l'organisme, un contact suffisant avec une quantité suffisante d'anti-

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 445.

(*) Séance du 26 mai 1952.

gène. Pour les antigènes protéidiques, la sérum-globuline de Cheval par exemple, 7 injections d'une faible quantité, de l'ordre de quelques centigrammes, réparties sur une durée de 15 jours, permettent l'apparition de l'anticorps. Dès que l'on s'adresse à un antigène organique de faible poids moléculaire, l'acétate de sodium par exemple, il faut multiplier les injections préparantes (28 en 15 jours) et augmenter le poids d'antigène injecté (environ 5 g). Enfin, pour un antigène constitué par une molécule minérale telle que $MgCl_2$, la préparation de l'animal doit être prolongée pendant plusieurs semaines (3 à 6 semaines) avec la mise en œuvre d'un poids considérable d'antigène (de 8 à 12 g). Dans ces trois cas, la méthode de préparation a réalisé une sorte d'inondation continue de l'organisme, la multiplicité des injections palliant à la diffusibilité de l'antigène, à mesure que son poids moléculaire diminue.

D'autre part, la méthode de viscosité, appliquée à la recherche des anticorps correspondants, permet de comparer l'intensité de la réaction antigène/anticorps. Le tableau montre que la réaction est d'autant plus marquée que le poids moléculaire de l'antigène est plus élevé :

Antigène.	Augmentation de la viscosité dans la zone d'équivalence (sur le sérum entier) (%).
Venin de Vipère	+16
Sérum-globuline de Cheval	+ 7
Xylose	+ 4
Acétate de sodium	+ 2,8
$NiCl_2$	+ 2
$LiCl_2$	+ 0,5

Inversement, après la dernière injection préparante, la vitesse d'apparition de l'anticorps, c'est-à-dire la possibilité de le déceler après l'élimination de l'antigène en excès, est d'autant plus grande que l'antigène est plus petit : 48 h pour l'éthanol, 6 à 10 jours pour les antigènes protéidiques.

En ce qui concerne la floculation, l'intervention du facteur individuel de l'animal complique l'interprétation, puisque, pour un même antigène protéidique, la toxine diphtérique par exemple, certains sérums seulement sont doués du pouvoir floculant. A cette restriction près, le pouvoir floculant se manifeste d'autant plus fréquemment que le poids moléculaire de l'antigène est plus élevé : presque constant et général pour les antigènes protéidiques, il se manifeste encore pour certains antigènes constitués par des molécules organiques et rarement pour les antigènes minéraux. L'allure et l'intensité de la floculation varient en même temps, devenant de plus en plus grenue et discrète à mesure que le poids moléculaire de l'antigène diminue.

2. Deux facteurs restent inchangés, quelle que soit la nature de l'antigène. D'une part, les injections de rappel entraînent toujours un relèvement du taux de l'anticorps. D'autre part, dans tous les cas, l'injection de rappel est suivie immédiatement d'une phase négative dans laquelle la combinaison de l'antigène en excès avec l'anticorps circulant s'oppose à la manifestation des propriétés de l'anticorps.

Quant à l'interprétation de ces faits, on peut soit attribuer à toutes les molécules un pouvoir antigénique direct, hypothèse qui est appuyée par la rapidité de la formation de l'anticorps, soit considérer avec Gell, Harrington et Rivers (¹) ces molécules comme des pro-antigènes qui ne deviennent antigéniques qu'après absorption et combinaison avec des protéines de l'organisme. Il semble plus simple de considérer la formation, sur l'une des globulines, d'une fonction-anticorps dont la complication augmente avec le poids moléculaire et la structure de l'antigène.

THÉRAPEUTIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Activité curative de l'isonicotinhydrazide* (INH) *dans la tuberculose expérimentale de la Souris.* Note (*) de MM. **Constantin Levaditi, Aron Vaisman** et Mme **Henriette Chaigneau-Erhard**, présentée par M. Gaston Ramon.

Nous avons insisté récemment (¹) sur les effets antibacillaires de l'isonicotinhydrazide (INH) dans la tuberculose expérimentale de la Souris, effets que nous avons estimés comme particulièrement remarquables. Nous apportons, dans la présente Note, des résultats nouvellement acquis.

1. Voies d'administration du médicament et dosage (*cf.* tableau). — A. Souris témoins. — *Mortalité* (entre 14 et 22 jours) : 100 %. *Infection térébrante et constamment mortelle.* A signaler l'affinité remarquable de la souche de BK H 37 Rv pour le rein, où elle provoque l'apparition de foyers bacillaires périglomérulaires, ainsi que des abcès corticaux ou papillaires richement parasités.

B. INH par voie buccale. — Dose quotidienne de 0,5 mg (en deux fractions de 0,25 mg). *Mortalité* : 0 %. Cet essai montre que l'INH, administré par voie bucale à la dose quotidienne de 0,5 mg, exerce un effet antituberculeux des plus marqués, à en juger d'après l'examen du poumon.

C. INH par voie sous-cutanée. — Même dose quotidienne. *Mortalité* : 0 %.

(¹) *The British J. of Experim. Pathology*, 27, 1946, p. 267.

(*) Séance du 4 juin 1952.

(¹) *Société française de Microbiologie*, séance du 1er mai 1952; *Ann. Inst. Pasteur* (sous presse). Pour la bibliographie, consulter cet article.

L'ensemble de ces résultats prouve que l'INH, administré par voie sous-cutanée à la dose quotidienne de 0,5 mg, offre une activité thérapeutique sensiblement égale à celle qu'il présente après absorption *per os*. De plus, il montre que les effets antibacillaires sont parfaits du point de vue rénal.

D. INH À UNE DOSE SUPÉRIEURE, PAR LA MÊME VOIE SOUS-CUTANÉE. — 1 mg par jour, en deux fractions égales. 1° *Mortalité* : 0 % ; 2° *Altérations microscopiques* : entre 0 et +—— = 100 % ; 0 = 70 %.

Ces données prouvent qu'à la dose journalière de 1 mg, l'INH offre une activité antituberculeuse de tout premier plan. Il stérilise le rein de façon radicale dans 100 % des cas.

Lésions et taux bacillaire pulmonaires et rénaux.

Dérivés utilisés.		Souris mortes (M) ou sacrifiées (S).	Dose par souris.	Poumon normal.	Poumons (*). Altérations microscopiques (%).				Poumons (*). Taux bacillaire (%).				Reins (*). Taux bacillaire (%).		
					0.	0 à +——.	+ à ∞.	∞.	0.	0 à +——.	+ à ∞.	∞.	0.	0 à ++.	+++ à ++++
INH (551)	*Per os.*	S. 39e jour	0,5 mg	5/5 : 100	70	100	0	0	70	100	0	0	–	–	–
INH (551)	Sous-cutané.	S. 39e jour	0,5 mg	(**) 5/5 : 80 4/5 : 10 3/5 : 10	70	90	+ 10	0	10	90	+ 10	0	80	100	0
INH (551)	Sous-cutané.	S. 39e jour	1 mg	5/5 : 100	70	100	0	0	50	100	0	0	100	0	0
Streptomycine.	Sous-cutanée.	M. 5 % S. 95 %	1000 U	5/5 : 0 4/5 à 3/5 : 75 2/5 : 25	0	5	++ à +++++. 95	0	5	0 à +—. 20	+ à +++. 80	0	30	55	45
Témoin		M. 100 %	–	0/5 : 100	0	0	+++ à ∞. 100	∞. 45	0	0	+++ à ∞. 100	70	0	+. 15	++ à ∞. 85

(*) 0, absence de lésions et de bacilles; +——, traces; +, intensité faible; ∞, intensité maxima.

(**) Rapport de la surface pulmonaire intègre à l'ensemble de cette surface, représenté par le chiffre 5.

2. COMPARAISON AVEC LA DIHYDROSTREPTOMYCINE. — On a comparé l'activité antibacillaire de l'INH à celle de la dihydrostreptomycine, en utilisant cet antibiotique à la dose quotidienne de 1 000 U, laquelle, d'après nos essais antérieurs, est située entre la dose réellement efficiente de 2 000 U et celle à la limite de l'efficacité, soit 500 U. *Mortalité* : 5 %.

La dihydrostreptomycine, administrée par voie sous-cutanée à la dose quotidienne de 1000 U, exerce une influence curative manifestement infé-

rieure à celle de l'INH (0,5 mg), ainsi qu'en témoignent l'intensité des lésions du poumon et du rein, ainsi que la richesse de ces organes en BK.

Des dissemblances essentielles entre les deux agents thérapeutiques se font jour lorsque l'on compare les caractères histopathologiques pulmonaires chez les souris traitées par l'INH, d'une part, par la streptomycine, de l'autre. Nous avons décrit déjà ([2]) les particularités des altérations « type streptomycinique », leur structure fine et leur richesse en cellules granulo-adipeuses contenant des bacilles acido-résistants en voie d'involution (aspect moniliforme, transformation en granules, hypochromasie). Il s'agit évidemment là de réactions de défense, où l'intervention d'éléments phagocytaires (endothéliums alvéolaires mono- ou plurinucléés) joue un rôle capital. Or, rien de tout cela chez les souris en voie de stérilisation bacillaire par suite de l'utilisation de l'INH. Tout se passe ici comme si l'INH produisait un choc direct sur les BK, s'opposant ainsi à leur pullulation, sans que soit nécessaire l'intervention des réactions tissulaires défensives qui accompagne la streptomycinothérapie.

CONCLUSIONS. — *La voie bucale se prête, au même titre que celle du tissu sous-cutané, au processus antituberculeux déclenché par l'*INH. *La dose quotidienne de* 0,5 mg *par souris de* 20 g *apparaît intensivement efficiente, du point de vue curatif, quoique son action soit quelque peu inférieure à celle de* 1 mg. *Une dissemblance frappante apparaît entre les mécanismes qui président à l'activité inhibitrice de la streptomycine et à celle de l'*INH.

La séance est levée à 15 h 55 m.

L. B.

([2]) C. LEVADITI et A. VAISMAN, *Revue de la Tuberculose*, 13, 1949, p. 232.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE MAI 1952

(*suite et fin.*)

Œuvres de Henri Poincaré, publiées sous les auspices de l'Académie des sciences, par la SECTION DE GÉOMÉTRIE. T. IV, publié avec la collaboration de GEORGES VALIRON. T. VII, publié avec la collaboration de JACQUES LÉVY. Paris, Gauthier-Villars, 1950 et 1952; 2 vol. 28,5 cm.

Survey of compounds which have been tested for carcinogenic activity, by JONATHAN HARTWELL. Second edition. Bethesda, Md., National Cancer Institute, 1951; 1 vol. 24 cm.

The Handicrafts of France as recorded in the descriptions des Arts et Métiers 1761-1788, by ARTHUR H. COLE, GEORGE B. WATTS. Cambridge, Mass., Harvard University printing office, 1952; 1 fasc. 27,5 cm.

International Union of geodesy and geophysics. Association of terrestral magnetism and Electricity. *Preliminary transactions of the Brussels meeting August* 21-*September* 1, 1951; 1 fasc. 25 cm.

A guide to filter paper and cellulose powder chromatography, by J. N. BALSTON, B. E. TALBOT. Edited by Tudor S. G. Jones. London, H. Reeve Angel; Maidstone, W. and R. Balston, 1952; 1 vol. 23,5 cm.

Séminaire d'économie du Centre national de la Recherche scientifique. *Cahiers du Séminaire d'économétrie*, publiés sous la direction de RENÉ ROY. Paris, Éditions M. Th. Genin, Librairie de Médicis, 1951; 1 fasc. 24,5 cm.

Bibliothèque d'éducation par la Science. *L'imaginaire et le réel en Mathématiques et en Physique*, par ÉMILE BOREL. Paris, Editions Albin-Michel, 1952; 1 vol. 19 cm.

Mémoire sur l'intégration graphique des équations aux dérivées partielles, par J. MASSAU. Édition du centenaire par les soins du Comité national de Mécanique. Mons, Éditions G. Delporte, s. d.; 1 vol. 25,5 cm (présenté par M. J. Pérès).

Esquisses et notes de travail inédites de Claude Bernard recueillies et commentées par LÉON BINET. Paris, Masson, 1952; 1 vol. 25,5 cm.

Compléments de mathématiques à l'usage des ingénieurs de l'électrotechnique et des télécommunications, par ANDRÉ ANGOT. Préface de LOUIS DE BROGLIE. Deuxième édition. Paris, Éditions de la *Revue d'Optique*, 1952; 1 vol. 24 cm (présenté par M. L. de Broglie).

Moteurs complexes et mototurbine. Application à la propulsion des avions, par MAURICE ROY et R. LE BONT. 1re Partie. 2e Partie : *Tableaux*. 3e Partie : *Diagrammes*. Paris, Office national d'études et de recherches aéronautiques, 1952, 3 fasc. 27 cm.

Johan Wickmanson und die Brüder Silverstopfle. Einige Stockholmer Persönlichkeiten im Musikleben des Gustavianischen Zeitalters, von C.-G. STELLAN MÖRNER. Stockholm, Ivar Hæggströms Boktryckeri AB, 1952 ; 1 vol. 24 cm.

Acta physiologica Scandinavica. Vol. XXVII. Supplementum 97. *Active transport of ions through frog skin with special reference to the action of certain diuretics. A study of relation between electrical properties, the flux of labelled ions, and respiration*, by HÅKAN LINDERHOLM. Uppsala, Appelberg, Boktryckeri AB, 1952; 1 vol. 23 cm.

Connaissance des temps ou des mouvements célestes à l'usage des astronomes et des navigateurs pour l'an 1953, publié par le BUREAU DES LONGITUDES. Paris, Gauthier-Villars, 1952; 1 vol. 24,5 cm.

Que sais-je? Les probabilités de la vie, par ÉMILE BOREL. Paris, Presses universitaires de France, 1951; Éditions japonaises Léon Prou; 1 vol. 17,5 cm (en langue japonaise).



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 JUIN 1952.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE CHEVALIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Ole Peter Arvesen**, Secrétaire perpétuel de l'Académie Royale norvégienne des Sciences, et **Jean Timmermans**, Membre de l'Académie Royale de Belgique, qui assistent à la séance.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Les suites canoniques.* Note (*) de M. **Arnaud Denjoy**.

Cette Note, complétant celles des 19 et 26 mai, achève l'analyse du troisième fascicule, prêt à paraître, du traité « L'Énumération transfinie ». La détermination alternée des suites canoniques des nombres de la classe II et des suites ultracanoniques des nombres de la classe III permet de mener le premier problème à son terme.

Solution du problème des suites canoniques (1). — Le problème est ramené à celui de déterminer la suite *ultracanonique*, de type τ_Ω, tendant vers un nombre de deuxième catégorie U de la classe III (seuls les $U < \Upsilon$ doivent nous servir). On transpose en *ultraéléments* tout ce qui intervient dans la recherche des suites canoniques des nombres de la classe II (563); $\overset{*}{\Omega}$ est le premier nombre de la classe IV; une suite $(\overset{*}{S})$ ou $\overset{*}{\varphi}(\overset{*}{\gamma})$ est du type $\tau(\overset{*}{\Omega})[1 \leqq (\overset{*}{\gamma}, \overset{*}{\varphi}) < \overset{*}{\Omega}]$. L'*ultranodale* d'une suite de type $\tau(\overset{*}{\Omega})$ est la suite commune à toutes ses itérées de rangs $\delta < \Omega$ [c'est par définition l'itérée d'ordre Ω pour les ultrasuites (566)]. L'ultranodale de $\overset{*}{S}(\overset{*}{U})$ est notée $\overset{*}{S}(\overset{*}{U}+1)$. On définit les ultranodales de

(*) Séance du 4 juin 1952.

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2033 et 2129. Les chiffres entre parenthèses renvoient aux pages du Traité.

tous rangs inférieurs à $\mathring{\Omega}$. L'ultranodale de rang $\mathring{\Omega}[\mathring{S}(\mathring{U}+\mathring{\Omega})$ pour $\mathring{S}(\mathring{U})]$ est la suite des éléments initiaux des nodales de rangs inférieurs à $\mathring{\Omega}$.

$\mathring{S}(1)$ est la suite $\mathring{\gamma}(1 \leqq \mathring{\gamma} < \mathring{\Omega})$. Son ultranodale de rang $\mathring{\Omega}$, soit $\mathring{S}(\mathring{\Omega})$, est $\Omega^{\mathring{\Upsilon}}$.

Les suites ultraprincipales possèdent trois caractères $(\mathring{a})$ [tout élément $\mathring{\varphi}(\mathring{\gamma})$ supérieur à son rang $\mathring{\gamma}$, de seconde catégorie sans être ultranœud de la suite, a pour suite ultracanonique $\mathring{\varphi}(\mathring{\gamma}_\nu)$ (565)], $(\mathring{b})$ (568) (les ultranodales, sauf celles de première catégorie, sont ultraprincipales) et $(\mathring{c})$ (569) (donnant les suites ultracanoniques des éléments isolés de la première ultranodale).

Par analogie avec le postulat VI, l'ultrafondamentale $\mathring{S}(\mathring{\Omega} \times_1 \mathring{W} + 1)$ étant connue, son ultranodale d'ordre $\mathring{\Omega}$, $\mathring{S}(\mathring{\Omega} \times \mathring{W} + \mathring{\Omega})$, est ultraprincipale (570).

Voyons déjà où nous avons conduit la solution du problème Φ; $\mathring{S}(\mathring{\Omega})$ est la suite $\Omega^{\mathring{\Upsilon}}$. On forme ses itérées $\Omega_{1+\delta}(\mathring{\gamma})$ $(1 \leqq \delta < \Omega)$ par la règle : $\Omega_{\delta+1}(\mathring{\gamma}) = \Omega_\delta(\Omega^{\mathring{\Upsilon}})$, et la régularité de la succession $\Omega_\delta(\mathring{\gamma})$. La suite [de type $\tau(\mathring{\Omega})$] commune à toutes ces itérées est la première ultranodale $\mathring{S}(\mathring{\Omega}+1)$ de $\mathring{S}(\mathring{\Omega})$. Son nombre initial $\mathring{\varepsilon}$ est la limite de la suite ultracanonique $\Omega_\nu = \Omega_\nu(1)$ $(1 \leqq \nu < \Omega)$. Nous avons résolu le problème Φ jusqu'à $\alpha(\Phi) = i(\mathring{\varepsilon} + 1)$, nombre impensablement grand. Et ce n'est qu'un début (572).

Les nombres essentiels des classes I *et* III (576). — A λ décrivant le segment $S(\Omega, O)$ correspond le nombre *essentiel*, de première espèce ou de seconde catégorie, $\mathring{\lambda} < \Upsilon$. Pour $\lambda = 1$, $\mathring{\lambda} = 1$. Si λ s'accroît d'une unité, il en est de même de $\mathring{\lambda}$. Si λ tend vers un nombre de seconde espèce θ, $\mathring{\lambda}$ tend vers un nombre de seconde catégorie $\mathring{\theta}$, la suite canonique de θ se transposant en suite ultracanonique pour $\mathring{\theta}$.

Ainsi, nous avons les couples : (n, n) $(1 \leqq n < \omega)$; (ω, Ω); $(\omega \times p + n, \Omega \times p + n)$, $(1 \leqq p < \omega)$; $[P(\omega), P(\Omega)]$, $P(x)$ étant un polynome; (ω_n, Ω_n) (superposition à ω, Ω de $n-1$ exposants successifs égaux à ces nombres); $(\varepsilon, \mathring{\varepsilon})$, etc. (577).

Quand on ajoute la suite $S(U)$ aux suites antérieures $S(U')$ supposées connues, en utilisant les caractères (a), (b), (c) des $S(U')$ et seulement le caractère (a) de $S(U)$, $\alpha(\Phi)$ a une certaine valeur $\alpha(U)$. Si $U = \mathring{\lambda}$, soit $A(\lambda) = \alpha(U)$ (579).

Si $U = \mathring{\lambda}$ (aussi λ) est de première espèce, nous supposons que $S(U)$ possède les propriétés R et K [est connue ou réduite la suite canonique de tout nombre étranger à $S(U)$ ou isolé dans $S(U)$]. Alors, $A(\lambda) = i(U+1)$.

Si $U = \mathring{\lambda}$ est de seconde catégorie (et λ de seconde espèce), soit λ_n la suite

canonique de $\lambda(1 \leq n < \omega)$. La suite ultracanonique U^{ν} de U coïncide avec $\overset{*}{\lambda}_n$ pour $1 \leq \nu = n < \omega$. Ensuite, elle transpose cette progression $\overset{*}{\lambda}_n$ dans la classe III pour $\nu \geq \omega$. Supposons connues ou réduites les suites canoniques de tous les nombres qui ne sont pas isolés dans une suite $S(U^{\theta})$, θ étant de seconde espèce. Avant l'admission de S(U) au rang des suites principales, $\alpha(\Phi)$ reste $i(U^{\omega}) = \lim_{n<\omega} A(\lambda_n)$, sans aucun progrès par la considération des suites principales $S(U^{\nu})$ pour $\nu \geq \omega$. Mais, S(U) étant introduite, $A(\lambda) = i(U+1)$, incomparablement plus élevé que $i(U^{\omega})$ (cet ω n'est pas un exposant, c'est un indice de rang).

Quand U décrit en croissant le segment S(Υ, O) et que l'on utilise les suites principales, jusques et y compris S(U), la suite $A(\lambda)$ des valeurs distinctes prises successivement par $\alpha(\Phi)$ progresse seulement pour les valeurs essentielles $\overset{*}{\lambda}$ de U et *la suite croissante* $A(\lambda)$ *n'est pas régulière*. Si λ est de seconde espèce, $A(\lambda) > \lim_{\lambda'<\lambda} A(\lambda')$, en général du moins (583).

La suite irrégulière $A(\lambda)$ *ne paraît pas avoir de nœud*, et c'est pourquoi le problème Φ peut sembler résolu (580). Toutefois, pour justifier cette opinion, il est nécessaire de poser quelques nouveaux principes (580). La difficulté de choisir la suite initiale $S(U^1)$ de toute succession canonique $\Sigma(U)$ se trouve levée (583). Elle ne se posait que pour les valeurs essentielles non isolées de U.

Pour les nombres de seconde espèce de la classe II, on constate que toute la difficulté de trouver une suite canonique se concentre dans la détermination de ses deux premiers termes. Pour les nombres de deuxième catégorie de la classe III, les suites principales de rang moindre étant connues, nous savons obtenir le début de la suite ultracanonique jusqu'au terme de rang ω inclus. Comme toute la partie ultérieure s'ensuit (postulat X), par l'alternance et l'aide mutuelle des deux progrès le problème des suites canoniques semble résolu.

PHOTOGRAMMÉTRIE. — *Discrimination et correction de l'influence des déformations locales latérales des faisceaux perspectifs dans le cheminement photogrammétrique aérien.* Note de M. **Georges Poivilliers**.

Les déviations locales latérales des rayons perspectifs entraînent des erreurs d'éloignement des points de connexion des couples dans le cheminement photogrammétrique aérien. Ces déviations peuvent être décelées et leur influence éliminée.

Dans une Note récente [1] j'ai indiqué l'existence de déviations locales anormales de rayons perspectifs dues en particulier à la réfraction atmosphé-

---

(1) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 2245.

rique. J'y ai montré quelles réactions la composante transversale de ces déviations avait sur l'établissement de l'image plastique et comment, par une méthode appropriée, il était possible de diagnostiquer ces déformations transversales et d'éliminer leur influence.

La composante latérale modifie la parallaxe stéréoscopique et par suite l'éloignement z des points restitués. Dans un couple isolé, l'erreur dz qui en résulte ne peut être décelée que sur les points du canevas de préparation et ceci à condition que le nombre de ces points soit surabondant.

Nous allons montrer que dans un cheminement photogrammétrique aérien il est possible de déceler ceux des points de connexion pour lesquels existent de telles déviations.

Rappelons que : α', β', γ' et α'', β'', γ'' étant les défauts de calage angulaire des deux faisceaux perspectifs d'un couple autour des directions parallèles aux x, y et z de la restitution, δ'_z et δ''_z des erreurs sur la position des points de vue respectifs, Δb l'erreur sur la composante de base suivant l'axe des x, la composante by étant nulle, les erreurs d'_z et d''_z sur les éloignements des points situés respectivement dans les plans $x = 0$ et $x = b$ ont pour expression :

$$d'_z = \frac{z}{b}\Delta b + \delta''_z + \frac{b^2 + z^2}{z}\alpha'' - \frac{z^2}{b}\alpha' + y\beta'' - \frac{yz}{b}(\gamma'' - \gamma'),$$

$$d''_z = \frac{z}{b}\Delta b + \delta'_z + \frac{z^2}{b}\alpha'' - \frac{b^2 + z^2}{b}\alpha' + y\beta' - \frac{yz}{b}(\gamma'' - \gamma').$$

Dans un couple $(k - 1)$ les points de connexion avec le couple k se trouvent dans le plan $x = b$ et dans le couple k ces mêmes points se trouvent dans le plan $x = 0$. La différence Δz_k constatée sur l'éloignement d'un point dans son passage d'un couple à l'autre a donc pour expression

$$\Delta z_k = z_k - z_{k-1} = \frac{z}{b}(\Delta b_k - \Delta b_{k-1}) + \delta''_z - \delta'_z + b(\alpha'' + \alpha') + y(\beta'' - \beta')$$

si l'on a conservé la même valeur b pour la base dans les deux couples, si les erreurs de calage sont systématiques *et si aucun des rayons perspectifs correspondants n'est dévié latéralement.*

La quantité

$$e = \delta''_z - \delta'_z + b(\alpha'' - \alpha')$$

peut être déterminée en effectuant la somme de $b\Delta z/z$ pour tous les points N d'ordonnée $y = 0$ utilisés comme points de connexion.

$$\sum_2^n \frac{b}{z}\Delta z = (\Delta b_n - \Delta b_1) + e\sum_2^n \frac{b}{z}$$

ou la même somme pour tous les points A et A' dont les rapports de coor-

données y/z sont opposés

$$\sum_2^n \left(\frac{b}{z}\Delta z_A + \frac{b}{z}\Delta z_{A'}\right) = 2(\Delta b_n - \Delta b_1) + e\sum_2^n \left(\frac{b}{z}A - \frac{b}{z}A'\right).$$

L'erreur systématique de calage $\beta = \beta'' - \beta'$ peut être ensuite déterminée par la relation

$$\sum_2^n \left(\frac{b}{z}\Delta z_A - \frac{b}{z}\Delta z_{A'}\right) = e\sum_2^n \left(\frac{b}{z}A - \frac{b}{z}A'\right) + (n-1)\frac{y}{z}b\beta.$$

Les erreurs accidentelles de calage et les composantes latérales des déviations des rayons perspectifs qui modifient les Δz faussent peu les valeurs théoriques de e et de $b\beta$ dues aux seules erreurs systématiques de formation de l'image plastique si, dans l'établissement de celle-ci, on a pris soin de discriminer les déviations transversales.

Dans la connexion de deux couples voisins, les Δz doivent alors vérifier la relation

$$\frac{b}{z}\Delta z = (\Delta b_k - \Delta b_{k-1}) + \frac{b}{z}e + \frac{y}{z}b\beta$$

et pour les points $N(y = 0)$, $A(y/z = +t)$, $A'(y/z = -t)$ les relations

$$\left(\frac{b}{z}\Delta_{zA} - \frac{b}{z}\Delta_{zN}\right) = e\left(\frac{b}{z}{}_A - \frac{b}{z}{}_N\right) + tb\beta,$$

$$\left(\frac{b}{z}\Delta_{zN} - \frac{b}{z}\Delta_{zA'}\right) = e\left(\frac{b}{z}{}_N - \frac{b}{z}{}_{A'}\right) + tb\beta$$

doivent être vérifiées dans les limites de précision, d'une part de formation de l'image plastique et d'autre part de mesure des éloignements z. Une erreur sur l'un des trois Δz est ainsi aisément décelable, elle indique une déviation latérale anormale de l'un des rayons perspectifs du point correspondant.

On peut opérer graphiquement en portant en abscisses les quantités $(b/z\,A - b/z\,N)$ et $(b/z\,N' - b/z\,A')$ et en ordonnées les quantités correspondantes fonction de $b\Delta z/z$; les points doivent être alignés sur une droite de pente e dont l'ordonnée à l'origine a pour valeur $tb\beta$.

Dans le cas d'un terrain peu accidenté l'erreur systématique e n'intervient plus et l'on doit avoir

$$\Delta z_A - \Delta z_N = \Delta z_N - \Delta z_{A'} = y\beta;$$

l'opération de contrôle est simplifiée.

Il est ainsi possible d'éliminer une cause importante des cassures constatées dans les cheminements.

M. **Pierre-Paul Grassé**, faisant hommage à l'Académie du Tome Ier du *Traité de Zoologie*, publié sous sa direction, s'exprime en ces termes :

Cet Ouvrage se rapporte à la phylogenèse du Règne animal (Lucien Cuénot), aux Généralités sur les Protozoaires (Pierre-P. Grassé) et aux Flagellés (Jules Pavillard, André Hollande, Georges Deflandre et Pierre-P. Grassé). L'étude des Protozoaires s'étalera sur trois volumes du Traité; c'est le plus gros effort de synthèse accompli depuis l'œuvre de Bütschli, parue dans le « Bronn's Tierreich » (1882-1889). Il ne s'agit pas d'une compilation, mais d'un ouvrage critique hautement original, qui montre, à l'évidence, les progrès considérables réalisés depuis un peu plus d'un demi-siècle par la protistologie : cytologie, cycles de reproduction, physiologie.

M. **Pierre Lejay** fait hommage à l'Académie du premier numéro du *Bulletin d'information* de l'Union géodésique et géophysique internationale, dont il préside le Comité National français.

M. **Roger Heim** dépose sur le Bureau de l'Académie un Ouvrage de M. Georges Becker : *La vie privée des Champignons*, dont il a écrit la *Préface*.

M. **Frédéric Riesz** adresse à l'Académie un Ouvrage qu'il a publié en collaboration avec M. Béla Szökefalvi-Nagy, intitulé : *Leçons d'Analyse fonctionnelle*, publié par les soins de l'Académie des Sciences de Hongrie.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Charles Maurain** : *La constitution physique de la Terre*, par Jean Coulomb.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Observatoire de Paris, Section d'Astrophysique, à Meudon : *Cartes synoptiques de la chromosphère solaire et Catalogue des filaments de la couche supérieure*, par Lucien d'Azambuja et R. Servajean; Vol. I, fasc. IX, années 1940 à 1944.

2° Heraclides Cesar de Souza-Araujo. *Historia da Lepra no Brasil*. Vol. I : *Periodos colonial e monarquico* (1500-1889); Vol. II : *Periodo republicano* (1889-1946). *Album das organizacões antileprosas*.

3° Heraclides Cesar de Souza-Araujo. *Atlas de la Lèpre*, par Daniel Cornelius Danielssen et Carl Wilhelm Boeck.

4° Kyushu University, Fukuoka. *Reports of Research Institute for Applied Mechanics*. Vol. I, nos 1, 2.

ARITHMÉTIQUE. — *Sur la distribution moyenne des nombres premiers.* Note (*) de M. **Georges Fournier**, présentée par M. René Garnier.

L'expression $P_\omega = \omega \operatorname{Log} \omega$ liant un nombre premier P_ω à son numéro d'ordre ω et résultant d'un théorème de Hadamard et de La Vallée Poussin, ne représente la distribution moyenne des nombres premiers que d'une manière asymptotique, vers les très grands nombres.

Il nous a paru intéressant de chercher une équation modifiée qui soit également valable dans le domaine des premiers nombres premiers. Nous avons essayé une équation de la forme

$$P_\omega = a(\omega + b)\log(\omega + b),$$

où a et b sont deux constantes et ω le numéro d'ordre du nombre premier P_ω *si 2 est considéré comme premier nombre premier*. Bien qu'il réponde à leur définition générale, le nombre 1, le plus souvent, n'est pas compté parmi les nombres premiers. S'il l'était, le numéro d'ordre de P_ω deviendrait $\omega + 1$. En prenant la moyenne, c'est-à-dire en faisant $b = 0,5$ dans l'équation ci-dessus, nous avons vérifié sur les 1 000 premiers nombres premiers :

1° que la moyenne arithmétique de a est 2,64210;

2° que les écarts autour de cette moyenne se répartissent statistiquement suivant la courbe de la figure 1, assimilable à une courbe de Gauss;

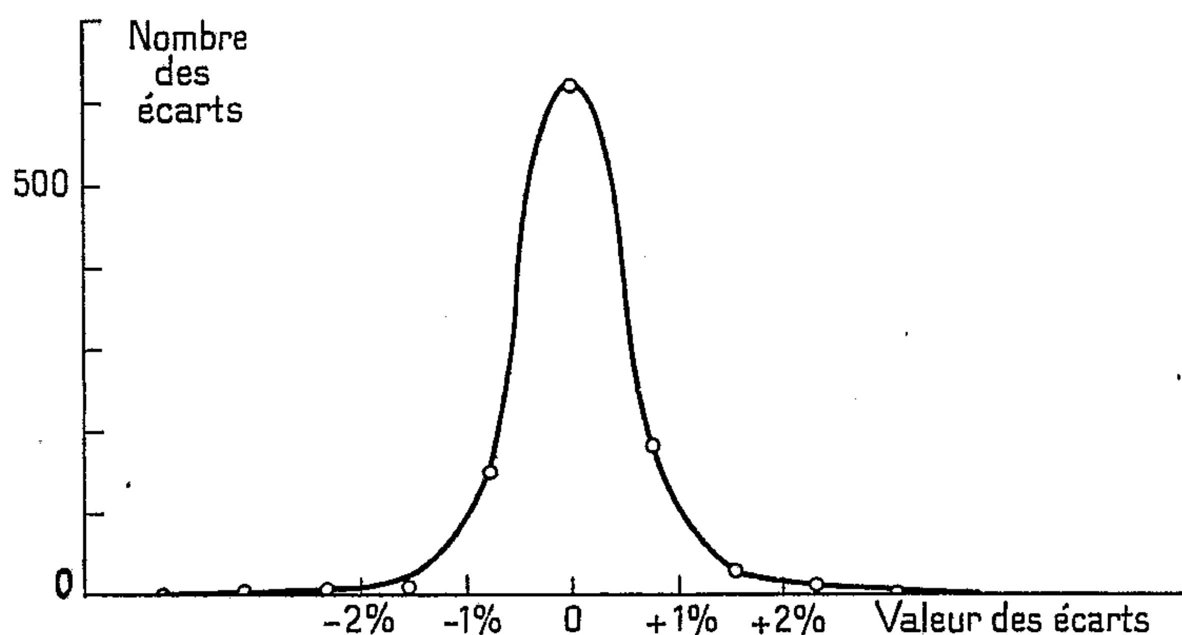


Fig. 1.

3° que les écarts les plus grands (en %) se trouvent au début;

4° que l'équation

$$P_\omega = 2,64210(\omega + 0,5)\log(\omega + 0,5)$$

représente d'une façon remarquable la distribution moyenne des 1000 pre-

(*) Séance du 4 juin 1952.

miers nombres premiers, comme le montrent, à titre d'exemples, la figure 2 relative aux 25 premiers nombres premiers, et la figure 3 s'étendant du 600ᵉ au 620ᵉ, à la même échelle.

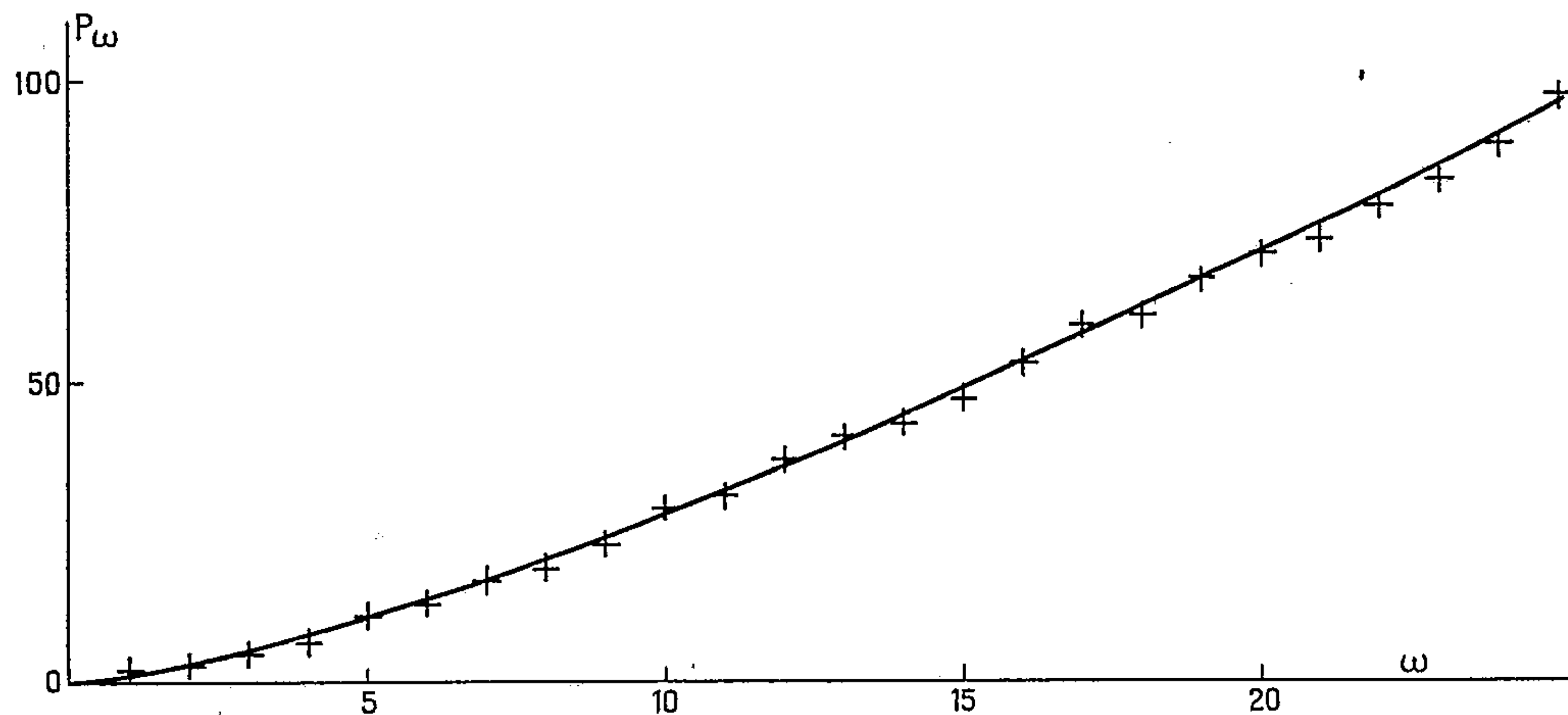


Fig. 2.

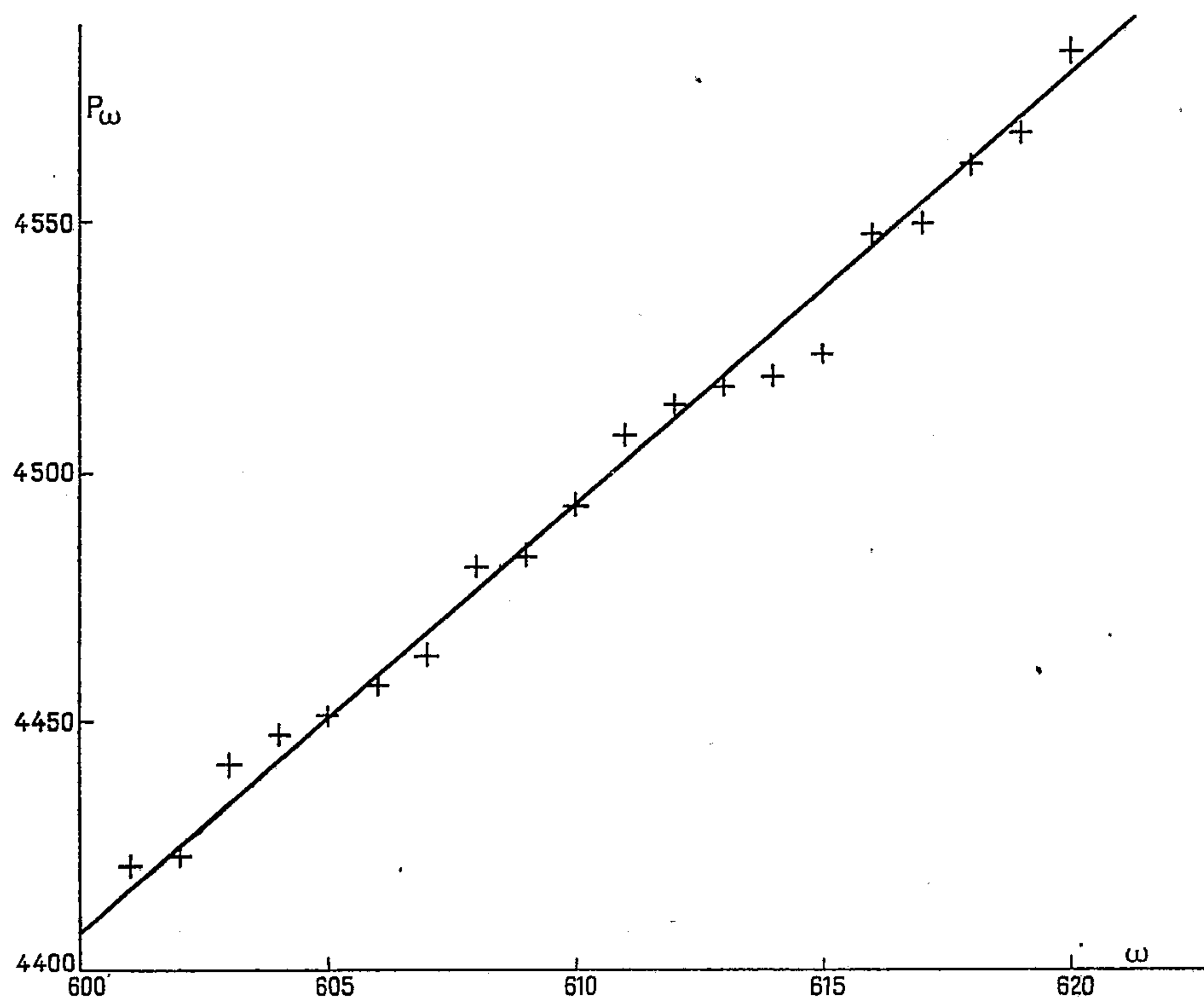


Fig. 3.

Du côté des grands nombres, pour $\omega = 664\,999$, $P_\omega = 10\,006\,721$ (¹). Notre

(¹) HARDY et WRIGHT, *The Theory of Numbers*.

équation empirique donne, pour cette valeur, un écart voisin de 2 %, alors que la relation asymptotique rappelée au début donne encore un écart de près de 11 %.

ALGÈBRE. — *Sur l'algèbre d'un demi-groupe fini simple.*
Note de M[lle] **Marianne Teissier**, présentée par M. Jacques Hadamard.

L'algèbre $\mathfrak{A}$ d'un demi-groupe fini simple S, non réduit à un groupe, sur un corps de caractéristique nulle, a toujours un radical $\mathcal{R}$ non nul qui vérifie $\mathfrak{A}\mathcal{R}\mathfrak{A}=0$. Si S n'a qu'un idéal à gauche, ses représentations irréductibles sont les représentations irréductibles de l'un des groupes, tous isomorphes entre eux, dont S est la réunion.

Un demi-groupe fini S, sans zéro, simple (c'est-à-dire ne contenant pas d'autre idéal bilatère que lui-même) a la structure suivante [1] :

$$S=\sum_{i=1}^{s} G_i=\sum_{k=1}^{t} D_k=\sum_{i=1}^{s}\sum_{k=1}^{t} C_{ik} \qquad G_i=\sum_{k=1}^{t} C_{ik} \qquad D_k=\sum_{i=1}^{s} C_{ik}.$$

Σ désigne ici une réunion d'ensembles disjoints. Les G_i (resp. D_k) sont des idéaux à gauche (resp. à droite) minimaux dans S. Les G_{ik} sont des groupes tous isomorphes entre eux; soit e_{ik} l'élément-unité de C_{ik}. On peut associer dans cet isomorphisme aux éléments e_{11}, a_{11}, b_{11}, ..., de C_{11} les éléments e_{ik}, a_{ik}, b_{ik} ... de C_{ik}. La loi de multiplication, respectivement dans D_1 et dans chacun des G_i, est la suivante :

$$a_{i1}\, b_{j1}=a_{j1}\, b_{j1} \qquad (i, j=1,2, \ldots, s),$$
$$a_{ik}\, b_{il}=a_{ik}\, b_{ik} \qquad (i,j=1,2, \ldots, s;\ k,\ l=1,2, \ldots, t).$$

Mais dans D_k, $k\neq 1$; en général $a_{ik}\, b_{jk}\neq a_{jk}\, b_{jk}$, et à plus forte raison $a_{ik}\, b_{jl}\neq a_{jk}\, b_{jk}$. Mais on a toujours :

$$C_{ik}\, e_{jl}=C_{jk} \qquad e_{jl}\, C_{ik}=C_{il} \qquad (i, j=1,2, \ldots, s;\ k,\ l=1,2, \ldots, t).$$

Construisons l'algèbre $\mathfrak{A}$ ayant pour générateurs les éléments de S, les coefficients étant les éléments d'un corps K de caractéristique nulle.

Étude d'une sous-algèbre. — Soit $\mathfrak{A}_1$ la sous-algèbre engendrée par les éléments de G_1. Un élément de $\mathfrak{A}_1$ s'écrit

$$x=\varepsilon_{11}e_{11}+\alpha_{11}a_{11}+\beta_{11}b_{11}+\ldots+\varepsilon_{12}e_{12}+\alpha_{12}a_{12}+\beta_{12}b_{12}+\ldots+\varepsilon_{1t}e_{1t}+\alpha_{1t}a_{1t}+\beta_{1t}b_{1t}+\ldots$$

ou

$$x=\sum_{k=1}^{t}\varepsilon_{1k}e_{1k}+\sum_{k=1}^{t}\alpha_{1k}a_{1k}+\sum_{k=1}^{t}\beta_{1k}b_{1k}+\ldots \qquad (\varepsilon_{1k},\ \alpha_{1k},\ \beta_{1k}\ldots\in k).$$

(1) Suschkewitsch, *Math. Annalen*, 99, 1928, p. 30-50.

Prenons un élément quelconque de G_1, soit $h_{1l} \in C_{1l}$. On a $h_{1l}a_{1k} = h_{1l}a_{1l}$ pour tout k, donc $h_{1l}\sum_{k=1}^{t}\alpha_{1k}a_{1k} = h_{1l}a_{1k}\sum_{k=1}^{t}\alpha_{1k}$. Donc si $\sum_{k=1}^{t}\alpha_{1k} = 0$, $h_{1l}\sum_{k=1}^{t}\alpha_{1k}a_{1k} = 0$; par conséquent $y\sum_{k=1}^{t}\alpha_{1k}a_{1k} = 0$, quel que soit $y \in \mathfrak{A}_1$. De même tout élément de la forme

$$r_1 = \sum_{k=1}^{t}\varepsilon_{1k}e_{1k} + \sum_{k=1}^{t}\alpha_{1k}a_{1k} + \sum_{k=1}^{t}\beta_{1k}b_{1k}\ldots \qquad \text{avec} \quad \sum_{k=1}^{t}\varepsilon_{1k} = \sum_{k=1}^{t}\alpha_{1k} = \sum_{k=1}^{t}\beta_{1k}\ldots = 0$$

est annulé à gauche par tout élément de $\mathfrak{A}_1$. Soit $\mathfrak{R}_1$ l'ensemble de tous les éléments ainsi définis; tout élément $r_1x(r_1 \in \mathfrak{R}_1,\ x \in \mathfrak{A}_1)$ appartient à $\mathfrak{R}_1$, car c'est une combinaison linéaire d'éléments de la forme r_1h_{1l} qui peuvent s'écrire

$$r_1h_{1l} = \sum_{k=1}^{t}\varepsilon_{1k}(eh)_{1k} + \sum_{k=1}^{t}\alpha_{1k}(ah)_{1k} + \sum_{k=1}^{t}\beta_{1k}(bh)_{1k} \qquad \text{avec} \quad \sum_{k=1}^{t}\varepsilon_{1k} = \sum_{k=1}^{t}\alpha_{1k} = \sum_{k=1}^{t}\beta_{1k}\ldots = 0.$$

$\mathfrak{R}_1$ est donc un idéal à droite de $\mathfrak{A}_1$; étant annulé à gauche par $\mathfrak{A}_1$, c'est un idéal bilatère nilpotent de $\mathfrak{A}_1$. $\mathfrak{C}_1$ étant l'algèbre du groupe C_{11}, montrons que $\mathfrak{A}_1 = \mathfrak{R}_1 + \mathfrak{C}_1$, autrement dit que nous pouvons écrire tout élément x de A_1 sous la forme :

$$x = \varepsilon' e_{11} + \alpha' a_{11} + \beta' b_{11} + \ldots + \Sigma\varepsilon''_{1k}e_{1k} + \Sigma\alpha''_{1k}a_{1k}\,\Sigma\beta''_{1k}b_{1k},$$

avec

$$\Sigma\varepsilon''_{1k} = \Sigma\alpha''_{1k} = \Sigma\beta''_{1k} = 0.$$

Comme d'autre part $x = \Sigma\varepsilon_{1k}e_{1k} + \Sigma\alpha_{1k}a_{1k} + \Sigma\beta_{1k}b_{1k}\ldots$, il suffit de poser $\varepsilon''_{1k} = \varepsilon_{1k}$ pour $k \neq 1$; $\varepsilon''_{11} = \sum_{k=2}^{t}\varepsilon_{1k}$; $\varepsilon' = -\sum_{k=1}^{t}\varepsilon_{1k}$, et de même pour les α, β, etc. On a bien la décomposition annoncée. $\mathfrak{C}_1$ *étant semi-simple, puisque c'est l'algèbre d'un groupe fini sur un corps de caractéristique nulle, l'idéal bilatère nilpotent* $\mathfrak{R}_1$ *est le radical de* $\mathfrak{A}_1$ (2). *Toutes les représentations irréductibles de* G_1 *sont donc celles du groupe abstrait* C, *isomorphe aux* C_{1k}.

---

(2) Van der Waerden, *Modern Algebra*, II, 1949, § 127 et 123.

ALGÈBRE. — *Théorèmes de décomposition dans certains treillis et demi-groupes réticulés sans condition de chaîne.* Note de Mme **Marie-Louise Dubreil-Jacotin**, présentée par M. Henri Villat.

Après le travail de M. Ward et R. P. Dilworth [1] sur les treillis à chaîne ascendante. L. Lesieur [2] a étudié les treillis vérifiant la condition de chaîne descendante. Nous nous proposons de caractériser un type de treillis généralisant les treillis de Dedekind, ne satisfaisant à aucune condition de chaîne et dont tout élément est représentable comme intersection d'un nombre fini d'éléments primaires.

Nous nous plaçons d'abord dans un treillis quelconque et obtenons un théorème de représentation à l'aide d'éléments $\cap$-irréductibles. Nous appliquons ensuite ces résultats au cas des treillis susceptibles d'être munis d'une multiplication admettant comme élément-unité l'élément-universel e du treillis (treillis du type M).

Définition. — *Un élément $x \neq e$ d'un treillis $\mathcal{T}$ est dit totalement $\cap$-irréductible (t-$\cap$-irréductible) si et seulement si la section finissante de x est totalement ordonnée* (un tel élément est évidemment $\cap$-irréductible).

$\mathcal{F}$ étant l'équivalence définie dans un demi-treillis pour l'union par $a \equiv b(\mathcal{F}) \rightleftharpoons (a \cup x = e \rightleftharpoons b \cup x = e)$, on démontre sans peine les deux propriétés suivantes. Dans tout treillis $\mathcal{T}$:

1° deux éléments t-$\cap$-irréductibles comparables sont congrus mod $\mathcal{F}$;

2° dans $\mathcal{T}/\mathcal{F}$, la classe d'un élément t-$\cap$-irréductible est maximale.

L'équivalence $\mathcal{F}$ n'est pas, en général, régulière pour l'intersection; nous nous bornerons, dans la suite (sans le répéter), à considérer des treillis dans lesquels cette propriété ait lieu [3].

Définition. — Nous dirons qu'un treillis est du type D (et nous le désignerons par $\mathcal{D}$) si, et seulement si deux éléments t-$\cap$-irréductibles de $\mathcal{D}$ qui ne sont pas premiers entre eux sont comparables. Il en résulte alors que deux éléments t-$\cap$-irréductibles non comparables ne sont jamais congrus mod $\mathcal{F}$.

On peut donc établir les deux propriétés suivantes, dans un treillis $\mathcal{D}$ satisfaisant à la

Condition I. — Si $x \in \mathcal{D}$ n'est pas t-$\cap$-irréductible, il existe y_1 et $y_2 \in \mathcal{D}$ t-$\cap$-irréductibles et non comparables tels que $x \leqq y_1 \cap y_2$; on a :

---

(1) *Trans. Amer. Math. Soc.*, 45, 1939, p. 335-355.

(2) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2250.

(3) *Il en est ainsi, en particulier, pour les treillis du type* M. *Voir* par exemple M.-L. Dubreil-Jacotin, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 287-289.

1° Tout élément congru mod $\mathcal{F}$ à un élément t-$\cap$-irréductible est t-$\cap$-irréductible;

2° tout élément d'une classe maximale de $\mathcal{D}/\mathcal{F}$ est t-$\cap$-irréductible.

Définition. — Nous appellerons *treillis de Dedekind généralisé* un treillis $\mathcal{D}$ tel que tout élément de $\mathcal{D}$ (distinct de e) soit, d'au moins une manière, intersection finie d'éléments t-$\cap$-irréductibles, deux représentations sans élément superflu d'un même élément, si elles existent, ayant le même nombre de composantes, celles-ci convenablement numérotées, étant congrues deux à deux mod $\mathcal{F}$.

On peut alors établir les résultats suivants.

THÉORÈME I. — *Pour qu'un treillis $\mathcal{D}$ soit un treillis de Dedekind généralisé, il faut et il suffit qu'il satisfasse à la condition* I *et aux deux conditions* :

II. $\mathcal{D}/\mathcal{F}$ est un $\cap$-demi-treillis de Dedekind ([4]).

III. Si $x \in \mathcal{D}$ n'est pas t-$\cap$-irréductible et si $X = M_1 \cap \ldots \cap M_\rho (X \in \mathcal{D}/\mathcal{F}$, $x \in X$, M_i éléments maximaux de $\mathcal{D}/\mathcal{F})$, il exsiste $m_1 \in M_1$ et s tels que, $x = m_1 \cap s$ avec $S \not\leq M_1$, $s \in S \in \mathcal{D}/\mathcal{F}$.

THÉORÈME II. — *Dans un treillis de Dedekind généralisé du type* M, *la représentation de tout élément en intersection d'éléments t-$\cap$-irréductibles est unique.*

Ceci résulte du fait que le produit d'éléments premiers entre eux est égal à leur intersection et de la propriété (valable dans un treillis multiplicatif entier) $ab \leq c$, $a \cup c = e$ entraînent $b \leq c$.

THÉORÈME III. — Si l'on suppose que, dans un treillis de Dedekind généralisé du type M, $\mathcal{D}_M$, il n'existe aucun élément incomparablement plus grand ([5]) qu'un autre, *tout élément de $\mathcal{D}_M$ est d'une manière et d'une seule intersection finie d'éléments primaires.*

Il suffit de montrer que tout élément m t-$\cap$-irréductible est primaire. Soit en effet $xy \leq m$, $x \not\leq m$. Comme $y \cup m = e$, $xy \leq m$ entraînerait $x \leq m$, on a $y \cup m = \Theta \neq e$. Mais $m \leq \Theta$, donc $\Theta \equiv m(\mathcal{F})$; comme toute classe mod $\mathcal{F}$ est multiplicativement fermée, et toute classe maximale une chaîne, Θ^N, quel que soit l'entier N, appartient à la chaîne de m, et puisque $\mathcal{D}_M$ est supposé archimédien ([5]), il existe N tel que $\Theta^N \leq m$, d'où, $y^N \leq \Theta^N \leq m$.

([4]) Un $\cap$-demi-treillis de Dedekind est un $\cap$-demi-treillis dans lequel tout élément est d'une manière et d'une seule intersection finie d'éléments maximaux. Pour les conditions entraînant qu'un $\cap$-demi-treillis est de Dedekind, voir par exemple le théorème 10 (chap. V, § 2, 2e partie) des *Leçons sur la Théorie des Treillis*, par M.-L. Dubreil-Jacotin, L. Lesieur et R. Croisot, à paraître dans la *Collection des Cahiers scientifiques*.

([5]) *Voir* par exemple G. BIRKHOFF, *Lattice Theory*, p. 225. Il s'agit là d'un groupe ordonné, mais cette notion, comme celle d'archimédien, joue un rôle important aussi dans les demi-groupes ordonnés (*voir* par exemple, *loc. cit.* 4, ch. II, § 7, 2e partie).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une généralisation de l'équation fonctionnelle de Schrœder-Kœnigs.* Note de M. **Nicolas Pastidès**, présentée par M. Paul Montel.

1. *Définitions.* — L'équation fonctionnelle de Schrœder (¹) s'écrit

$$F[f(x)] = s F(x),$$

où $f(x)$ est une fonction donnée de la variable complexe x et $F(x)$ la fonction inconnue. Dans le cas où $s = f'(0)$, on a l'équation de Kœnigs. Une extension au cas des fonctions de plusieurs variables est fournie par l'équation

$$F[f_1(x_1, x_2, \ldots, x_n), f_2(x_1, x_2, \ldots, x_n), \ldots, f_n(x_1, x_2, \ldots, x_n)] = s F(x_1, x_2, \ldots, x_n),$$

où $f_1, f_2, \ldots, f_n$ est un système de fonctions données et $F(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ la fonction à déterminer. Nous supposons que les fonctions $f_i(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ sont analytiques, s'annulent à l'origine et admettent un système de fonctions inverses. Nous avons montré que, dans ce cas, nous pouvons, sans diminuer la généralité, supposer les f_i de la forme

$$f_i(x_1, x_2, \ldots, x_n) = a_1^i x_1 + a_2^i x_2 + \ldots a_i^i x_i + \sum_{\nu_1+\nu_2+\ldots+\nu_n > 1} a^i_{\nu_1\nu_2\ldots\nu_n} x_1^{\nu_1} x_2^{\nu_2} \ldots x_n^{\nu_n}.$$

Nous posons

$$f_i^1(x_1, x_2, \ldots, x_n) = f_i(x_1, x_2, \ldots, x_n),$$
$$f_i^n(x_1, x_2, \ldots, x_n) = f_i^{n-1}(f_1, f_2, \ldots, f_n) \qquad (n = 2, 3, \ldots).$$

Nous avons le théorème suivant :

2. Théorème. — *Si, pour une valeur de* i $(i = 1, 2, \ldots, n)$, *la suite* $f_i^p(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ $(p = 1, 2, \ldots)$ *forme une famille normale dans un certain domaine* D *qui admet l'origine comme point intérieur, l'équation*

$$(1)\quad F[f_1(x_1, x_2, \ldots, x_n), f_2(x_1, x_2, \ldots, x_n), \ldots, f_n(x_1, x_2, \ldots, x_n)] = a_i^i F(x_1, x_2, \ldots, x_n)$$

admet au voisinage de l'origine une solution analytique.

En effet supposons d'abord $|a_i^i| \geqq 1$ (posons $a_i^i = s_i$). Comme la suite $\{f_i^p\}$ est normale dans D et que tous ses éléments s'annulent à l'origine, elle est bornée dans tout domaine $\bar{\Delta} \subset D$. Il en est de même de la suite $\{\varphi_{i,p}(x_1, x_2, \ldots, x_n)\}$ $(p = 1, 2, \ldots)$, où

$$\varphi_{1,p} = \frac{1}{p}\left[\frac{f_i^1}{s} + \frac{f_i^2}{s^2} + \ldots + \frac{f_i^p}{s^p}\right],$$

donc cette suite aussi est normale dans $\bar{\Delta}$. Soit

$$\varphi_{i,p_1}, \quad \varphi_{i,p_2}, \quad \ldots, \quad \varphi_{i,p_q}, \quad \ldots$$

une suite partielle de $\{\varphi_{i,p}\}$, qui dans $\bar{\Delta}$ converge uniformément vers une fonc-

(¹) *Math. Ann.*, 1871, p. 298; Kœnigs, *Ann. Sc. Éc. Norm. Sup.*, 1884.

tion $F_i(x_1, x_2, \ldots, x_n)$. Nous allons prouver que cette fonction est une solution de (1).

D'abord F_i n'est pas constante dans Δ, car le coefficient de x_i dans $\varphi_{i,n}(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ est toujours égal à 1.

Ensuite, au voisinage de l'origine,

$$F_i[f_1, f_2, \ldots, f_n] = \lim_{q \to \infty} \varphi_{i,p_q}(f_i, f_2, \ldots, f_n).$$

Mais

$$\varphi_{i,p_q}(f_1, f_2, \ldots, f_n) = s\varphi_{i,p_q} - \frac{1}{p_q}\left[f_i - \frac{f_i^{p_q+1}}{s^{p_q}}\right].$$

Donc, quand $q \to \infty$

$$F_i[f_1, f_2, \ldots, f_n) = sF_i(x_1, x_2, \ldots, x_n).$$

3. *Remarques.* — 1° Le cas où $|a_i^i| < 1$ se ramène au précédent en inversant le système $y_i = f_i(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ $(i = 1, 2, \ldots, n)$.

2° Désignons par f et F respectivement les substitutions

$$F = [x_i, F_i(x_1, x_2, \ldots, x_n)] \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$
$$f = [x_i, f_i(x_1, x_2, \ldots, x_n)] \qquad (i = 1, 2, \ldots, n);$$

par S, la substitution

$$S = [x_i, a_i^i x_i],$$

alors l'ensemble des équations (1) relatives à $i = 1, 2, \ldots, n$ s'écrit symboliquement

$$fF = FS.$$

Or la solution donnée par le théorème ci-dessus est inversive, et si nous posons $F^{-1} = \Phi$, le théorème qui précède nous donne aussi la solution du système

$$\Phi f = S\Phi. \quad (^2).$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un théorème fondamental de la théorie des jeux.* Note (*) de M. **Hellmuth Kneser**, présentée par M. Joseph Pérès.

Généralisation du théorème fondamental de von Neumann dans la théorie des jeux (1).

Théorème (N'). — *Soient :*

---

(2) Nous avons étudié ce système dans le cas particulier où, pour chaque i, $(\arg a_i^i)/\pi$ est commensurable et $|a_i^i| = 1$ dans un mémoire qui est sous presse dans « *Compositio Mathematica* ».

(*) Séance du 4 juin 1952.

(1) *Math. Ann.*, 100, 1928, p. 295-320; J. von Neumann and O. Morgenstern, *Theory of Games and Economic Behavior*, 1944.

1° K *et* L *deux espaces convexes (par exemple deux parties convexes d'espaces vectoriels) sur le corps des nombres réels ;*

2° $f(x, y)$ *une fonction linéaire en* x *et en* y *pour* $x \in$ K *et* $y \in$ L ;

3° K *compact* ([2]) *pour une topologie dans laquelle toute fonction* $f(x, y)$ *pour* $y \in$ L *fixe est semi-continue supérieurement.*

Alors on a

$$\sup_{x \in K} \inf_{y \in L} f(x, y) = \inf_{y \in L} \max_{x \in K} f(x, y).$$

C'est une généralisation assez large du théorème fondamental de J. von Neumann dans la théorie des jeux ([1]). D'autres généralisations ont été données par MM. J. Ville ([3]), A. Wald ([4]), S. Karlin et autres ([5]).

On démontre le théorème (N') au moyen de trois lemmes.

Lemme I. — *Soient* f *et* g *deux fonctions linéaires et semi-continues supérieurement dans l'espace convexe et compact* K, *et soit* $\min(f(x), g(x)) < 0$ *pour tout* $x \in$ K. *Alors on peut trouver* $\rho \geqq 0$ *et* $\sigma \geqq 0$, *de sorte que* $\rho + \sigma = 1$ *et* $\rho f(x) + \sigma g(x) < 0$ *pour tout* $x \in$ K.

Pour le démontrer soit M (resp. N) la partie de K dans laquelle $f(x) \geqq 0$ (resp. $g(x) \geqq 0$). Dans M (resp. N) on a $g(x) < 0$ (resp. $f(x) < 0$). Les parties M et N sont compactes, sans point commun. Si M ou N est vide on prend $\rho = 1 - \sigma = 1$ ou $= 0$. Autrement, posant

$$\max_{x \in M} \frac{f(x)}{-g(x)} = \frac{f(p)}{-g(p)} = \alpha \geqq 0, \qquad \max_{x \in N} \frac{g(x)}{-f(x)} = \frac{g(q)}{-f(q)} = \beta \geqq 0$$

et calculant $g(x) < 0$ au point où le segment pq rencontre l'hyperplan $f(x) = 0$, on trouve $\alpha\beta < 1$. Soit $\gamma > \alpha$, $\delta > \beta$, $\gamma\delta = 1$; alors on peut prendre

$$\rho = \frac{1}{1+\gamma} = \frac{\delta}{\delta + 1}, \qquad \sigma = \frac{\gamma}{1+\gamma} = \frac{1}{\delta + 1}.$$

Lemme $2(n)$. — *Soient* $f_1(x), \ldots, f_n(x)$ *des fonctions linéaires et semi-continues supérieurement dans l'espace convexe et compact* K, *et soit* $\min_{\nu=1,\ldots,n} f_\nu(x) < 0$ *pour tout* $x \in$ K. *Alors on peut trouver* $\rho_\nu \geqq 0$ $(\nu = 1, \ldots, n)$, *de sorte que* $\Sigma\rho_\nu = 1$ *et* $h(x) = \Sigma\rho_\nu f_\nu(x) < 0$ *pour tout* $x \in$ K.

Le lemme $2(1)$ est une tautologie. Supposons donc $n > 1$ et le lemme $2(n-1)$ établi. On peut appliquer $2(n-1)$ à la partie $f_n(x) \geqq 0$ de K (si elle n'est pas vide, cas auquel on prendra $h = f_n$) et aux fonctions $f_1, \ldots, f_{n-1}$. Soit $g = \sigma_1 f_1 + \ldots + \sigma_{n-1} f_{n-1}$ la fonction obtenue. En appliquant le lemme 1

([2]) Par « compact » nous n'entendons pas que K soit séparé, mais seulement que le théorème de Borel soit valable.

([3]) E. Borel et coll., *Traité du Calcul des Probabilités et de ses Applications*, 2, 1938, n° 5.

([4]) *Ann. Math.*, 46, 1945, p. 281-286.

([5]) *Ann. Math. Studies*, n° 24, 1950.

à K et aux fonctions g et f_n, on trouve $h = \rho g + \sigma f_n$, c'est-à-dire $\rho_\nu = \rho\sigma_\nu$ $(\nu = 1, \ldots, n-1)$, $\rho_n = \sigma$.

LEMME 3. — *Sous les hypothèses du théorème* (N′) *on a* (ξ) *ou* (η) :

(ξ) *Il y a un* $x \in K$ *tel que* $f(x, y) \geqq 0$ *pour tout* $y \in L$;

(η) *Il y a un* $y \in L$ *tel que* $f(x, y) < 0$ *pour tout* $x \in K$.

Supposons (ξ) faux; cela veut dire : à tout $x \in K$ on peut associer un $y = p(x) \in L$ tel que $f(x, p(x)) < 0$. Soit $\mathfrak{O}_y$ l'ensemble des $x \in K$ qui donnent $f(x, y) < 0$; c'est un ouvert dans K. Comme $x \in \mathfrak{O}_{p(x)}$, $K = \bigcup_{x \in K} \mathfrak{O}_{p(x)}$ on trouve des points $y_\nu = p(x_\nu)$ en nombre fini $(\nu = 1, \ldots, n)$, tels que $K = \bigcup_{\nu = 1, \ldots, n} \mathfrak{O}_{y_\nu}$, c'est-à-dire $\min_\nu f(x, y_\nu) < 0$ pour tout $x \in K$. Du lemme 2 il s'ensuit $f(x, y) < 0$ pour tout $x \in K$ si l'on prend $y = \Sigma \rho_\nu y_\nu$. Donc ($\eta$) est valable si ($\xi$) ne l'est pas. C. Q. F. D.

Maintenant, pour démontrer le théorème (N′) on applique le lemme 3 à la fonction $f(x, y) - c$ qui est, elle aussi, semi-continue supérieurement en x et linéaire en x et y. Si (ξ) est valable on a un $x_0 \in K$ tel que la fonction $\varphi(x) = \inf_{y \in L} f(x, y)$ vérifie $\varphi(x_0) \geqq c$; donc

$$(\xi') \qquad A = \sup_{x \in K} \varphi(x) = \sup_{x \in K} \inf_{y \in L} f(x, y) \geqq c.$$

Si (η) est valable on a $y_0 \in L$ tel que la fonction $\psi(y) = \max_{x \in K} f(x, y)$ vérifie $\psi(y_0) < c$; donc

$$(\eta') \qquad B = \inf_{y \in L} \psi(y) = \inf_{y \in L} \max_{x \in K} f(x, y) < c.$$

Prenant $c = B$ on rend impossible (η'), de sorte que (ξ') est exacte, c'est-à-dire $A \geqq B$. La démonstration de l'inégalité $A \leqq B$ étant élémentaire, le théorème (N′) est établi.

Remarquons encore qu'on peut remplacer sup par max dans l'énoncé du théorème.

GÉOMÉTRIE. — *Extension de la notion d'orthopôle.*

Note de M. ALPHONSE MARMION, présentée par M. Paul Montel.

On sait que l'orthopôle d'une droite Δ relativement à un triangle ou tétraèdre jouit des trois propriétés suivantes (nous les énonçons pour le tétraèdre) :

1° point d'égale puissance par rapport aux sphères podaires de tous les points de la droite;

2° intersection des plans podaires des trois points de Δ dont les projections sont coplanaires et du point isogonal du point à l'infini de Δ (plan podaire perpendiculaire à Δ);

3° équicentre commun des tétraèdres podaires des points de Δ (point ayant mêmes coordonnées barycentriques dans ces tétraèdres).

La deuxième propriété se déduit de la première, les plans podaires étant des sphères podaires particulières qui doivent par suite passer par le centre de la sphère orthogonale à ces sphères podaires. La troisième se déduit de la deuxième et du fait que les sommets des tétraèdres podaires forment des divisions semblables sur leurs droites-supports ([1]).

L'extension de la première propriété à l'espace euclidien à n dimensions E_n que nous avons établie dans une Note antérieure ([2]) entraîne donc celle des deux autres et par suite l'extension de la notion d'orthopôle au simplex de E_n. Dans la présente Note nous allons montrer que cette notion avec les trois propriétés qui lui sont attachées s'étend aux projections sur quatre droites de l'espace ordinaire (au lieu de quatre plans) et plus généralement aux projections sur $(n+1)$ k-plans ([3]) de E_n (au lieu de $n+1$ plans). Dans les deux cas, les sommets des tétraèdres ou simplex podaires décrivent des divisions semblables sur leurs droites-supports et il suffit d'établir la première propriété. Le raisonnement de la Note rappelée est valable pour le cas de quatre droites D_i de l'espace ordinaire à condition d'y introduire les modifications suivantes : remplacer les quadriques Q_0 tangentes aux quatre plans par des quadriques Q_0 vues des quatre droites D_i sous des dièdres droits, c'est-à-dire apolaires aux couples de plans isotropes lieux des points de distance nulle à ces droites D_i, et la sphère orthoptique mixte de Q, Q, Q_0 par celle de Q, Q_0, Q_0.

Le trièdre trirectangle dont le sommet est la projection d'un point P sur la droite D_i est alors formé d'un dièdre droit d'arête D_i dont les deux faces sont tangentes à Q_0 et du plan projetant P, tangent à Q dégénérée en deux points dont l'un est P.

Dans l'extension à $(n+1)$ k-plans K_i de l'espace E_n il faut remplacer les quadriques Q_0 tangentes à $n+1$ plans par des quadriques Q_0 apolaires aux lieux des points de distance nulle aux K_i. Si l'un de ces K_i est pris pour k-plan d'un n-èdre rectangle de coordonnées, les équations de ses plans étant $x_1=0$, $x_2=0$, $\ldots$, $x_k=0$, le lieu des points de distance nulle à ce k-plan aura pour équation

$$\Omega \equiv x_1^2+x_2^2+\ldots+x_k^2=0.$$

Entre les coefficients de l'équation tangentielle homogène $\Sigma a_{ij}u_iu_j=0$ $(i, j=1, 2, \ldots, n+1)$ d'une quadrique Q_0 apolaire à Ω on aura la relation

---

([1]) J. NEUBERG, *Ann. Soc. Scientif. de Bruxelles*, 1921-1922, p. 198-202.

([2]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2040.

([3]) Nous adoptons la terminologie de Jordan dans son *Essai sur la géométrie à n dimensions* (*Bull. Soc. Math.*, 3, 1875, p. 103-174). Un k-plan est le lieu des points dont les coordonnées satisfont à k équations linéaires.

linéaire :

(1) $$a_{11} + a_{22} + \ldots + a_{kk} = 0$$

et les plans générateurs de K_i, dont seules les k premières coordonnées sont différentes de zéro, satisfaisant à $\Sigma a_{ij} u_i u_j = 0$, où $i, j = 1, 2, \ldots, k$, avec la relation (1) seront tels qu'il y aura des k-èdres rectangles formés avec ces plans générateurs et tangents à Q_0. La projection P_i sur K_i d'un point P appartenant à un couple de points PP′ d'une quadrique Q dégénérée homofocale à Q_0 sera le sommet d'un n-èdre rectangle formé d'un des k-èdres précédents dont les plans sont tangents à Q_0 et d'un $(n-k)$-èdre formé avec des plans perpendiculaires deux à deux du $(n-k)$-plan perpendiculaire à K_i mené par P, plans qui sont tangents à Q. La sphère podaire du couple de points PP′ par rapport aux $(n+1)$ k-plans K_i sera donc la sphère orthoptique mixte lieu des sommets des n-èdres rectangles dont k plans sont tangents à Q_0 et $n-k$ à Q dégénérée en deux points. Le reste du raisonnement de la Note citée est valable.

Propriétés diverses. — Les propriétés ci-après ont lieu pour les projections sur $(n+1)$ k-plans K_i de E_n :

1° la surface lieu des points à projections coplanaires est d'ordre n, l'enveloppe des plans podaires est de classe $n+1$ et admet le plan de l'infini pour plan tangent multiple d'ordre n;

2° deux points P, P′ qui ont même sphère podaire sont tels que les produits scalaires de leurs vecteurs-distances à chacun des $(n+1)$ k-plans sont égaux, leur valeur commune étant la puissance changée de signe de chacun des points relativement à la sphère podaire; ils sont conjugués par rapport au L^{n-1} ponctuel de quadriques passant par les centres des 2^n sphères tangentes aux K_i;

3° si la sphère podaire du couple PP′ est orthogonale à une sphère donnée S, ce couple est conjugué par rapport aux $n+1$ quadriques q_i dont chacune est le lieu des points dont le carré de la distance à K_i égale la puissance par rapport à S; comme conséquence, le lieu des points dont les sphères podaires sont orthogonales à une sphère donnée S est une surface d'ordre $n+1$, jacobienne des $n+1$ quadriques q_i;

4° les points d'une droite Δ se répartissent en groupes de $n+1$ dont les sphères podaires passent par deux mêmes points; n points du groupe étant donnés, le $(n+1)^{\text{ième}}$ est l'intersection de Δ avec le plan déterminé par les n seconds points des couples copodaires (ayant même sphère podaire).

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Convergence des séries aléatoires et loi normale.* Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Paul Montel.

Soit $X_1, X_2, \ldots, X_n, \ldots$, une suite de variables aléatoires réelles, indépendantes les unes des autres, dépendant d'une même loi $\mathcal{L}$. Nous désignerons

par $F(x)$ la fonction de répartition de $|X|$, et poserons

$$H(x)=\int_0^x y^2\,dF(y).$$

Quoique la donnée de $H(x)$ ne suffise pas à définir la loi $\mathcal{L}$, complétée par l'hypothèse, que nous ferons pour simplifier, que, si $E(|X|)<\infty$, on a $E(X)=0$, elle suffira pour la suite. On sait que, dans ces conditions, si de plus

$$H(\infty)=E(X^2)<\infty,$$

la condition nécessaire et suffisante pour la convergence presque sûre de la série

$$\Sigma a_n X_n \tag{1}$$

est la convergence de la série Σa_n^2 (¹). Si au contraire $E(X^2)$ est infini, cette condition reste nécessaire, mais n'est plus suffisante. Ainsi, si

$$F(x)=1-\frac{1}{x^\alpha}\qquad (x>1,\ 0<\alpha<2),$$

la condition nécessaire et suffisante est la convergence de la série $\Sigma|a_n|^\alpha$. Si donc $\alpha<1$, même la convergence de $\Sigma|a_n|$ n'entraîne pas la convergence presque sûre de la série (1).

Ces remarques très simples entraînent une conséquence curieuse relative au cas où la loi $\mathcal{L}$ appartient au domaine d'attraction de la loi normale. On sait que ce domaine est caractérisé par la condition

$$\int_x^\infty \frac{dH(y)}{y^2}=o\left[\frac{H(x)}{x^2}\right]\qquad (x\to\infty), \tag{2}$$

ce qui, pour les fonctions $H(x)$ régulièrement croissantes, équivaut à $H(x)=o(x^\varepsilon)$ pour tout ε positif. Si $E(X^2)<\infty$, et si les a_n sont positifs et décroissants, la divergence de Σa_n^2 entraîne à la fois la divergence presque sûre de la série (1) et le caractère asymptotiquement normal des sommes

$$S_n=a_1X_1+a_2X_2+\ldots+a_nX_n.$$

Si au contraire $E(X^2)=\infty$, il peut arriver qu'il n'y ait que convergence intermittente de la loi dont dépend S_n/N (N étant une fonction de n convenablement déterminée) vers la loi normale réduite. Nous exclurons cette circonstance en supposant à la fois que $H(x)$ croisse régulièrement et indéfiniment, et que les coefficients a_n soient positifs et décroissent régulièrement (²).

(¹) Pour tous les théorèmes considérés ici comme connus, *Voir* notre livre : *Théorie de l'Addition des variables aléatoires;* notamment le chapitre V.

(²) Une condition de régularité suffisante pour $H(x)$ est que, quel que soit $k>1$, $x_2>kx_1$, entraîne $\log[H(x_2)/H(x_1)]=o[\log(x_2/x_1)]$ (pour x_1 infini). Une condition analogue pour $\lambda(n)=1/na_n^2$ est aussi suffisante.

Dans ces conditions, et compte tenu de la condition (2) que nous supposons toujours vérifiée : *la divergence presque sûre de la série* (1) *est la condition nécessaire et suffisante pour que la variable aléatoire* S_n *soit asymptotiquement normale* ([3]). Il résulte alors de la remarque faite au début de cette Note que : *la réalisation simultanée de ces deux circonstances est compatible avec la convergence de la série* Σa_n^2.

Supposons par exemple

$$\lim_{x \to \infty} H(x) \log^{-\alpha} x = c \qquad (\alpha > 0,\ 0 < c < \infty),$$

$$a_n^2 = \frac{1}{n \log^{\beta+1} n} \qquad (\beta > 0).$$

La série Σa_n^2 est convergente. Malgré cela, si $\alpha \geq \beta > 0$, la somme S_n est asymptotiquement normale ([4]). Si au contraire $\alpha < \beta$, la série (1) est presque sûrement convergente, et il résulte du théorème de Cramér que sa somme n'est pas une variable normale.

Plus généralement, à toute fonction $H(x)$ indéfiniment et régulièrement croissante qui vérifie la condition (2) correspond une coupure dans l'ensemble des suites $\{\lambda(n)\}$ [en posant $na_n^2 = 1/\lambda(n)$]. La somme S_n est asymptotiquement normale, ou non, suivant que la suite $\{\lambda(n)\}$ appartient à la classe inférieure ou à la classe supérieure. Les suites pour lesquelles la série Σa_n^2 est divergente appartiennent en tout cas à la classe inférieure. Les suites $\{n^\beta\}(\beta > 0)$ appartiennent en tout cas à la classe supérieure. La coupure varie entre les deux bornes résultant de ces remarques, s'élevant quand la croissance de $H(x)$ devient plus rapide, de manière que toute suite $\{\lambda(n)\}$ croissante et telle que $\log \lambda(n) = o(\log n)$ finisse par appartenir à la classe inférieure.

ASTRONOMIE. — *Étude de la raie* 6548 Å *du doublet* [N II] *dans la nébuleuse d'Orion*. Note de M. **Georges Courtès**, présentée par M. André Danjon.

Le montage utilisant des étalons interférentiels de Pérot et Fabry sur le télescope de 1,20 m de l'Observatoire de Haute-Provence ([1]), a permis de mesurer le rapport d'intensité de la raie 6548 Å du doublet de [N II] à la raie Hα de l'hydrogène.

([3]) Il en est ainsi même si $E(x^2) < \infty$, en excluant seulement le cas où la loi $\mathcal{L}$ est précisément la loi normale (réduite ou non).

([4]) Ce résultat se déduit aisément des théorèmes du livre cité Note ([1]), notamment du théorème 34.1, p. 105.

([1]) G. Courtès, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 506.

Ce doublet est difficile à étudier au spectrographe car ses composantes 6548 et 6584 sont relativement faibles et très rapprochées de Hα. La raie 6548, la plus proche et la plus faible, est généralement noyée dans l'irradiation photographique ou dans les résidus d'aberration de l'image de Hα. Un travail récent ([2]) a été fait au spectrographe par Marvin Lee White qui a mesuré le rapport 6584/Hα en plusieurs points de la nébuleuse d'Orion; en raison des difficultés précitées, cet auteur n'a pas donné de mesure du rapport 6548/Hα.

Notre interféromètre est réglé de telle façon que le système des anneaux de Hα soit approximativement en discordance avec celui de 6548 et en coïncidence avec celui de 6584. Dans ces conditions le système des anneaux de 6548 est nettement détaché du système commun aux raies Hα et 6584. On a ainsi mesuré le rapport 6548/Hα + 6584 en dix points de la nébuleuse. Le tableau indique aussi le rapport 6548/Hα calculé d'après la moyenne des résultats de Marvin Lee White.

$\Delta\delta$	$\Delta\alpha$	Région White.	$\frac{6548}{H\alpha + 6584}$.	$\frac{6548}{H\alpha}$.
+2′	+1′	2	0,042	0,054
+7	+4	1	0,064	0,072
−4	−6	–	0,038	0,047
−5	−7	–	0,055	0,068
−1	−5,5	–	0,038	0,047
−3	−7	–	0,044	0,054
−4,5	−8	–	0,046	0,057
+6	0	–	0,055	0,068
0	−4	–	0,032	0,040
0	−6	–	0,049	0,061

Les coordonnées dans la nébuleuse sont celles de Lick Observatory ([3]). Un prochain travail permettra de mesurer par la même méthode le rapport 6584/Hα. L'intensité globale du doublet est de l'ordre de 0,3 de l'intensité de Hα dans la nébuleuse d'Orion. Une évaluation correcte de l'émission Hα dans la Voie lactée ne peut être faite qu'après la mesure de l'intensité du doublet. Cette étude est abordable de la même manière ([1]) Deux clichés, insuffisamment posés, semblent montrer les anneaux de 6548 dans les nébuleuses America et NGC 1944.

([2]) *Astroph. J.*, **115**, 1952, p. 71.

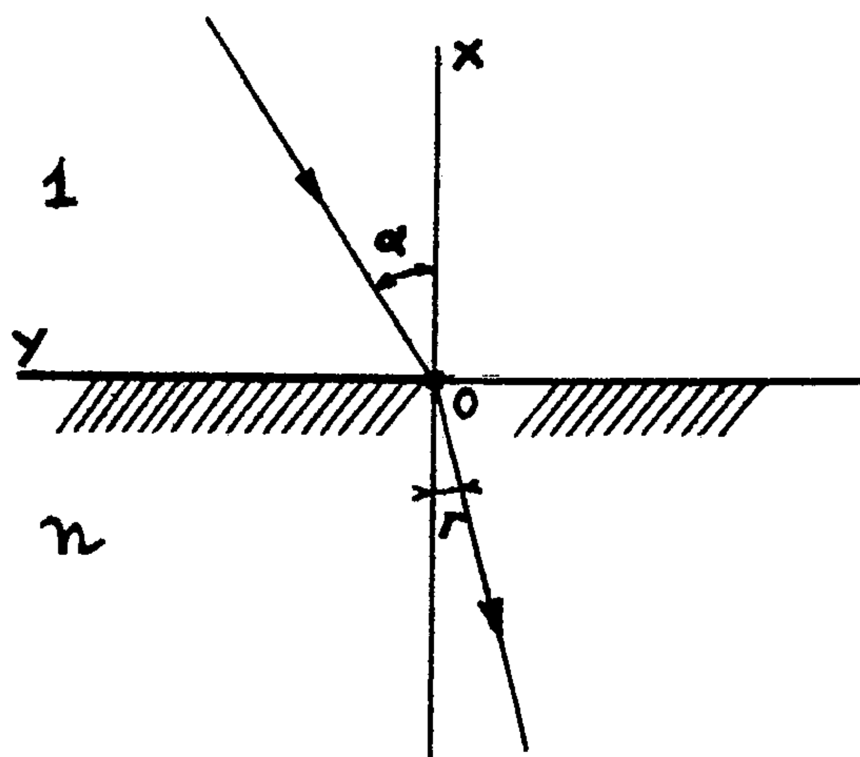
([3]) *Publ. Lick. Obs.*, **13**, 1918, p. 96.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la notion de vitesse de groupe.*
Note (*) de M. **Paul Poincelot**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une Note précédente ([1]) j'ai montré qu'un train d'ondes sinusoïdal se propage avec la vitesse de groupe dans un milieu dont l'indice satisfait à la loi

$$n=\sqrt{1-\frac{a^2}{\omega^2}},$$

ce qui est le cas de l'ionosphère, des guides électriques et des ondes matérielles considérées en mécanique ondulatoire. J'ajoute que, si l'on considère deux milieux différents (*figure*) d'indices 1 et n, séparés par un plan, un signal sinusoïdal provenant du milieu d'indice 1 se réfracte avec l'indice qui correspond au régime permanent.



En effet, si l'onde arrive en O au temps zéro, on trouve facilement que la valeur du signal dans le milieu d'indice n est exprimée par l'intégrale de Fourier,

$$f(t)=\frac{1}{2\pi i}\int_{(C_1)}\frac{e^{i\omega\left[t-\frac{x\cos\alpha+y\sin\alpha}{u}\right]}}{\omega-\Omega}\,d\omega,$$

avec les conventions de la Note citée.

Il vient

$$f(t)=\frac{1}{2\pi i}\int_{(C_1)}\frac{e^{i\omega\left\{t-\frac{1}{c}\left[x\cos\alpha\sqrt{1-\frac{a^2}{\omega^2\cos^2\alpha}}+y\sin\alpha\right]\right\}}}{\omega-\Omega}\,d\omega.$$

(*) Séance du 17 mars 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 599.

En suivant la même méthode, on sépare le régime permanent

$$F(t) = e^{i\Omega\left\{t - \frac{1}{c}\left[x\cos\alpha\sqrt{1-\frac{a^2}{\Omega^2\cos^2\alpha}}+y\sin\alpha\right]\right\}}$$

qui se propage avec la vitesse de groupe et se réfracte immédiatement avec l'indice du régime permanent, des signaux précurseurs qui s'éteignent rapidement, présentent un caractère très différent, et par suite sont éliminés par les appareils récepteurs.

On peut étendre probablement ce résultat au cas où l'indice du second milieu varie avec la distance, à la condition que cette variation reste suffisamment petite. En particulier, ces considérations justifient les méthodes appliquées à l'étude de l'ionosphère, où la vitesse de groupe est d'importance fondamentale ([2]).

THERMOMÉTRIE. — *Interprétation de la densité d'énergie du corps noir, et proposition d'une échelle de température.* Note de M. **Yves Rocard**, présentée par M. Jean Cabannes.

La densité d'énergie du rayonnement noir en ergs par centimètre cube à la température T est comme il est bien connu

$$u = aT^4 \qquad \text{avec} \quad a = (7{,}555 \pm 0{,}01)\,10^{-15} \quad \text{c. g. s.}$$

On peut remarquer que cette quantité s'écrit encore

$$(1) \quad U = \frac{3}{2}kT(\beta T)^3 \qquad \text{avec} \quad k = (1{,}3803 \pm 0{,}0005)\,10^{-16} \qquad \text{et} \qquad \beta = 3{,}317 \pm 0{,}0016,$$

k étant la constante R/N de Boltzmann. Sous cette forme, il est permis de dire que le volume de rayonnement, qui a l'énergie moyenne de translation $(3/2)kT$ d'une molécule à la température T, est celui d'un cube dont le côté est $1/(3{,}317\,T)$, T étant mesuré en degrés Kelvin. Quand la température augmente, le nombre de ces cubes dans 1 cm^3 augmente comme T^3, l'énergie de chaque cube comme T, et l'énergie totale comme T^4, d'où une représentation suggestive du rayonnement. On remarquera en outre que la loi de Wien $\lambda_m T = 0{,}290$ donne :

$$\lambda_m = \frac{0{,}29}{T} = \frac{1}{3{,}448\,T},$$

autrement dit, le côté du cube dont il est question est très sensiblement la longueur d'onde des photons qui donnent lieu au maximum d'énergie dans le rayonnement noir, d'où une nouvelle image de ces cubes, image exacte à 1/20 près (3,448 au lieu de 3,317).

([2]) *Voir*, par exemple : R. Jouaust, *l'Ionosphère*, et P. Lejay, *l'Onde électrique*, n°s 253, 256 et 257.

Mais nous voudrions surtout remarquer que l'on peut trouver en (1) la base d'une unité c. g. s. de température conforme à l'échelle thermodynamique Kelvin, mais fixant la proportion de ses degrés. Il suffirait de faire $\beta = 1$ en changeant la mesure de T : autrement dit, en appelant degrés RN ces degrés définis par le rayonnement noir, on aurait la définition suivante :

Le nombre de degrés RN *qui mesure une température donnée est l'inverse du côté mesuré en centimètres du cube contenant à cette température une énergie du rayonnement noir égale à l'énergie moyenne d'une molécule à cette température.*

D'après la valeur de β qui précède, on voit que ce degré RN vaut $1/3°,317$ K.

D'autre part, vu les lois physiques (Stefan, Boltzmann) mises en jeu, le côté de ce cube a une longueur intrinsèque dès que la température est fixée. Il est donc possible de prendre à nouveau le côté du cube en question comme unité de longueur, en le mesurant à une température de 1° RN, soit $1/3°,317$ K, auquel cas nous redéfinissons simplement le centimètre.

En degrés RN, la glace fond à 906°,07 et l'eau bout à 1237°,77 dans les conditions usuelles. Il se trouve que 1000° RN mesurent une température « ambiante » assez acceptable de 28°,31 C, ce qui peut être une commodité. La grosse critique que l'on peut faire à l'emploi de cette unité logique est que la valeur théorique de β qui la détermine en fonction de nos unités actuelles, à savoir

$$\beta = \left(\frac{16}{45}\pi^5\right)\frac{k}{ch},$$

dépend de constantes physiques, qui limitent à 1/2000 près actuellement la précision de la valeur numérique obtenue. Néanmoins nous avons cru pouvoir attirer l'attention sur la possibilité d'une telle définition de l'échelle des températures. En fait, le degré RN serait surtout intéressant en astrophysique où l'on compare sans cesse l'énergie rayonnante à l'énergie thermique des particules.

MAGNÉTISME. — *Propriétés paramagnétiques de quelques hexaborures des terres rares.* Note de MM. **René Benoit** et **Pierre Blum**, présentée par M. Gaston Dupouy.

Klemm, Schüth et Stackelberg [1] ont étudié les susceptibilités de quelques hexaborures entre 0 et 400° C. Nous avons prolongé et précisé cette étude sur les composés remarquablement cristallisés, que M. Andrieux a bien voulu nous confier, et qu'il a préparés par électrolyse ignée [2].

Notre travail a porté sur CeB_6, NdB_6, GdB_6, YbB_6, YB_6, LaB_6. Les deux

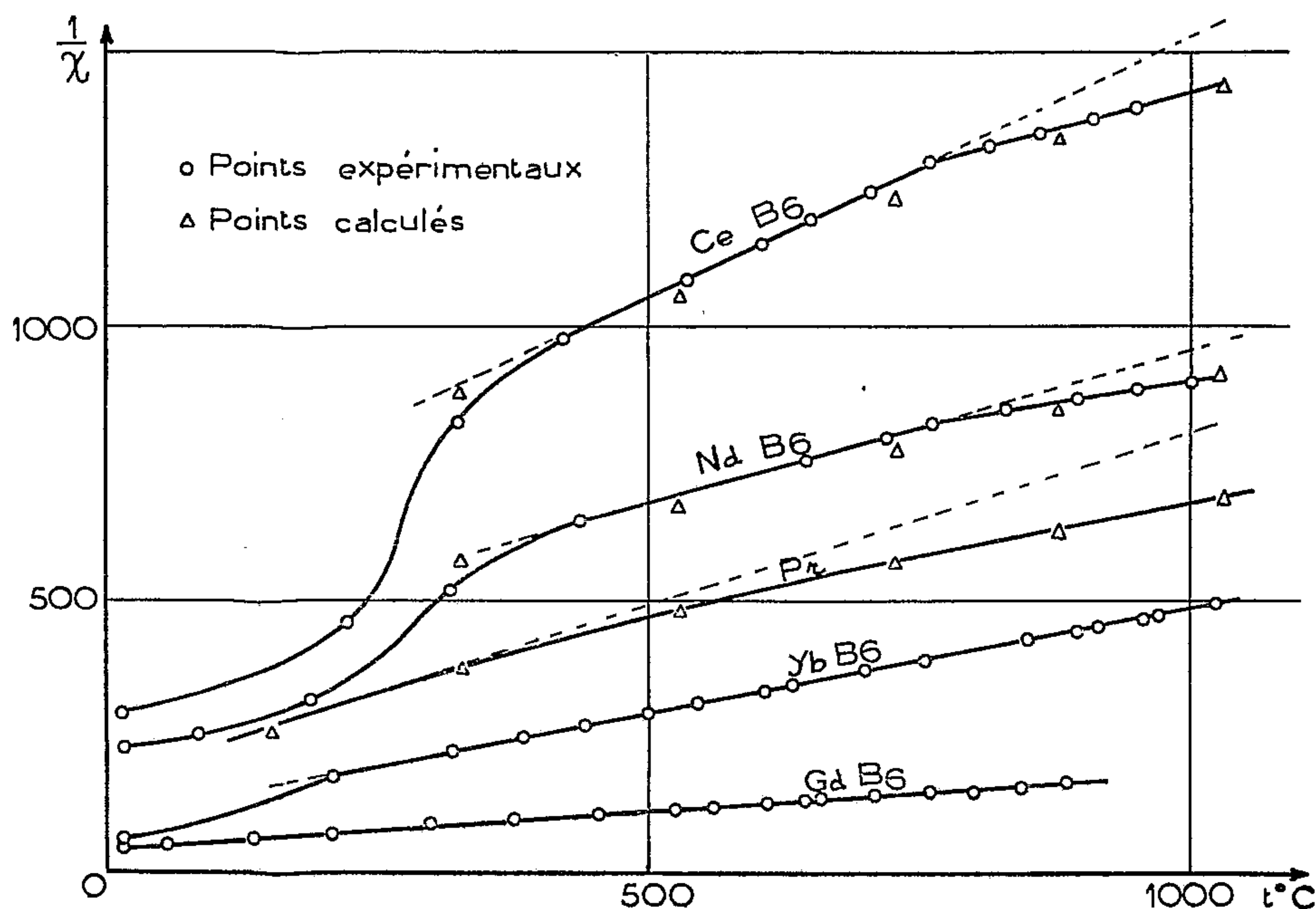
(1) *Z. Phys. Chem.*, B **19**, 1932, p. 321-327.

(2) Andrieux, *Thèse*, Masson, Paris, 1929; *Ann. Chim.*, **12**, 1929, p. 423.

derniers ont des moments nuls. Pour les quatre autres borures, on obtient entre 350 et 760° C une droite de Curie-Weiss correspondant aux moments effectifs suivants, exprimés en magnétons de Bohr.

	μ (exp).	μ (théor.).	θ_p (°K).
CeB_6	2,91	2,56	−344
NdB_6	3,82	3,68	−455
GdB_6	7,63	7,94	− 49
YbB_6	4,58	4,40	− 2

Entre 0 et 350° C, les courbes s'écartent de la droite par suite de la présence d'inclusions ferromagnétiques, probablement de quantités très faibles de borures de fer. Les points de Curie θ_p de CeB_6 et NdB_6 sont très éloignés du zéro absolu et indiquent des interactions négatives anormalement fortes pour des terres rares. A partir de 760° C, les courbes ($1/\chi$, T) relatives à Nd et Ce



descendent au-dessous de la droite de Curie-Weiss. Il en est de même pour le praséodyme métallique, selon une étude récemment publiée par Mlle La Blanchetais [3]. Ce phénomène est probablement dû à l'occupation progressive des niveaux supérieurs du multiplet. En prenant les deux premiers termes du développement limité de la formule générale donnée par Van Vleck [4], la

---

(3) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1253.

(4) *Electric and Magnetic Susceptibilities*, Oxford, 1932; *voir* aussi *Congrès de Magnétisme*, Strasbourg, 3, 1939, p. 103.

susceptibilité χ_M s'écrit

$$\chi_M = \chi_0 + \frac{B}{T} \exp\left\{ \frac{-W_{J+1} + W_J}{kT} \right\} + N\alpha,$$

où $\chi_0 = A/T$ représente la susceptibilité relative au niveau fondamental.

La théorie prévoit pour le premier sous-groupe ($J = L - S$) une concavité dirigée vers OT, conformément à nos observations, pour Gd (état S) une droite, et pour le deuxième sous-groupe ($J = L + S$) une très faible convexité vers OT.

La correction dépend beaucoup de la valeur de la constante d'écran σ qui est très mal connue. Nous avons déterminé empiriquement les valeurs de σ_0 en prenant pour χ_0 les valeurs données par la droite expérimentale extrapolée, et en déterminant la correction pour qu'à 1300° K, les valeurs calculées coïncident avec les valeurs mesurées. Nous avons ainsi obtenu les résultats suivants :

Ce : $\sigma = 31$; Pr : $\sigma = 33{,}5$; Nd : $\sigma = 31$.

Ces valeurs de σ sont très voisines de la valeur $\sigma = 33$ qui, d'après Van Vleck, semble le mieux convenir pour représenter les propriétés magnétiques du samarium et de l'europium. Ce bon accord légitime l'interprétation proposée.

GdB_6 a bien donné la droite prévisible, ainsi que YbB_6 pour lequel on n'obtient aucune déviation appréciable à 1300° K : W_J est alors assez grand pour que $N\alpha$ et *a fortiori* $B/T \exp\{(-W_{J+1} + W_J)/kT\}$ soient négligeables par rapport à χ_0.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur une forme matricielle et tensorielle des relations fondamentales de la théorie magnéto-ionique.* Note (*) de M. **Henri Arzeliès**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'idée fondamentale et les formules essentielles de la théorie magnéto-ionique sont connues depuis que les physiciens s'occupent de polarisation rotatoire magnétique, c'est-à-dire depuis bientôt un siècle. Le renouveau des publications sur cette théorie, à l'occasion des études ionosphériques, sans apporter d'idée vraiment nouvelle, a permis de systématiser certains calculs [1].

Les formules proposées par la plupart des auteurs gravitent autour de la notion d'indice. Je voudrais donner ici des relations plus complètes qui caractérisent simultanément toutes les particularités des ondes possibles (vitesse, extinction, polarisation).

(*) Séance du 9 juin 1952.

[1] Par l'introduction des calculs matriciel et tensoriel (Banerjea, *Proc. Roy. Soc.*, A **190**, 1946, p. 68-81).

Dans un milieu absorbant quelconque, et pour des axes rectangulaires $Oxyz$ orientés de façon quelconque, une onde électromagnétique plane permanente est caractérisée par les six amplitudes complexes E_x, E_y, E_z, H_x, H_y, H_z de ses champs électrique et magnétique.

La partie variable commune s'écrit sous forme complexe, $\exp j(\omega t - P) - \Pi$ avec

$$P = \frac{2\pi}{\lambda}(ax + by + cz) \qquad \text{(plan d'onde)},$$

$$\Pi = \frac{2\pi}{\lambda}(\alpha x + \beta y + \gamma z) \qquad \text{(plan d'absorption)}.$$

En appliquant au cas actuel une méthode que j'ai développée antérieurement ([2]), on montre que, pour de telles ondes, les relations de Maxwell sont équivalentes au système linéaire suivant (calculs sans difficultés, mais d'écriture assez longue) :

$$-(b-j\beta)H_z + (c-j\gamma)H_y = \frac{K_0\nu}{c_0}[(p_{xx}-jq_{xx})E_x + (p_{xy}-jq_{xy})E_y + (p_{xz}-jq_{xz})E_z],$$

$$-(c-j\gamma)H_x + (a-j\alpha)H_z = \frac{K_0\nu}{c_0}[(p_{yx}-jq_{yx})E_x + (p_{yy}-jq_{yy})E_y + (p_{yz}-jq_{yz})E_z],$$

$$-(a-j\alpha)H_y + (b-j\beta)H_x = \frac{K_0\nu}{c_0}[(p_{zx}-jq_{zx})E_x + (p_{zy}-jq_{zy})E_y + (p_{zz}-jq_{zz})E_z],$$

$$-(b-j\beta)E_z + (c-j\gamma)E_y = -\frac{\mu_0\nu}{c_0}H_x,$$

$$-(c-j\gamma)E_x + (a-j\alpha)E_z = -\frac{\mu_0\nu}{c_0}H_y,$$

$$-(a-j\alpha)E_y + (b-j\beta)E_x = -\frac{\mu_0\nu}{c_0}H_z.$$

Dans les conditions les plus générales (direction de propagation, direction d'extinction et champ magnétique faisant des angles quelconques avec les axes), le milieu est caractérisé en chaque point par neuf coefficients complexes $p - jq$. Ces coefficients s'expriment eux-mêmes en fonction des paramètres du milieu (ε et m, charge et masse des ions; g, terme de rappel nul pour les gaz dans les conditions normales; f, terme de frottement; ω, pulsation de l'onde; $\mathcal{H}$, champ magnétique constant) par

$$p_{xx} - jq_{xx} = 1 + \frac{4\pi N\varepsilon^2}{K_0\Delta}[(g - m\omega^2 + jf\omega)^2 - \varepsilon^2\omega^2\mathcal{H}_x^2],$$

$$p_{xy} - jq_{xy} = \frac{4\pi N\varepsilon^2}{K_0\Delta}\left[j\varepsilon\omega\mathcal{H}_z(g - m\omega^2 + jf\omega) - \varepsilon^2\omega^2\mathcal{H}_x\mathcal{H}_y\right],$$

$$p_{xz} - jq_{xz} = -\frac{4\pi N\varepsilon^2}{K_0\Delta}\left[j\varepsilon\omega\mathcal{H}_y(g - m\omega^2 + jf\omega) + \varepsilon^2\omega^2\mathcal{H}_x\mathcal{H}_z\right],$$

([2]) *Ann. Phys.*, 1946, p. 5; 1947, p. 133.

Les six autres coefficients se déduisent par permutation des deux indices. La lettre Δ désigne la quantité

$$\Delta = (g - m\omega^2 + jf\omega)\left[(g - m\omega^2 + jf\omega)^2 - \varepsilon^2\omega^2\mathcal{H}^2\right]$$

invariante vis-à-vis des changements de coordonnées.

Dans le système linéaire, v est la vitesse de phase; K_0, μ_0, c_0, caractérisent les unités.

Ce système peut se condenser *en écriture matricielle* :

$$\mathbf{D}\{H\} = \frac{K_0 v}{c_0}\mathbf{P}\{E\}, \qquad \mathbf{D}\{E\} = -\frac{K_0 v}{c_0}\mathbf{1}\{H\},$$

en introduisant les matrices complexes suivantes

$$\mathbf{D} = \begin{vmatrix} 0 & c - j\gamma & -(b - j\beta) \\ -(c - j\gamma) & 0 & a - j\alpha \\ b - j\beta & -(a - j\alpha) & 0 \end{vmatrix}$$

[matrices des directions (antisymétrique)],

$$\mathbf{P} = \begin{vmatrix} p_{xx} - jq_{xx} & p_{xy} - jq_{xy} & p_{xz} - jq_{xz} \\ p_{yx} - jq_{yx} & p_{yy} - jq_{yy} & p_{yz} - jq_{yz} \\ p_{zx} - jq_{zx} & p_{zy} - jq_{zy} & p_{zz} - jq_{zz} \end{vmatrix} \quad \text{(matrice des coefficients)},$$

$$\{E\} = \begin{Bmatrix} E_x \\ E_y \\ E_z \end{Bmatrix}, \qquad \{H\} = \begin{Bmatrix} H_x \\ H_y \\ H_z \end{Bmatrix} \quad \text{(matrices des champs)},$$

$\mathbf{1}$ est la matrice unité d'ordre 3. On peut d'ailleurs prévoir une généralisation du type Arkadiew en remplaçant cette matrice unité par une deuxième matrice des coefficients jouant un rôle analogue à $\mathbf{P}$.

Par élimination des champs, les relations précédentes donnent la relation qui lie la vitesse de phase aux coefficients a, ..., α, ... Le cadre de la présente Note ne me permet pas de développer cette question; la relation obtenue comprend, comme cas particuliers, les formules proposées antérieurement, par exemple celle d'Appleton-Hartree.

Les relations proposées, outre qu'elles affectent toutes les caractéristiques des ondes, ont l'avantage d'être équivalentes aux équations de Maxwell du premier ordre; elles contiennent donc les solutions que l'on peut laisser échapper en utilisant seulement les équations du second ordre.

Remarque. — Le système linéaire peut également se mettre sous forme tensorielle. En effet, le premier membre est le produit vectoriel du vecteur des directions par l'un des vecteurs champ. Le deuxième membre doit donc être un vecteur; les p_{ij} sont les composantes d'un tenseur.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres infrarouges et structures du géraniol, du nérol et de leurs diphényluréthannes.* Note (*) de MM. **Yves-René Naves** et **Pierre Ardizio**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le géraniol et le nérol, purifiés par l'intermédiaire de leurs diphényluréthannes, présentent des différences physiques caractéristiques, principales dans l'absorption infrarouge.

Le géraniol et le nérol, diméthyl-2.6 octadiène-2.6 *ol*-8 stéréoisomères ([1]) et leurs mélanges sont différenciés olfactivement avec netteté. Par contre, les distinctions entre ces produits par voie physique, notamment par la voie spectrale, sont demeurées dans l'ensemble incertaines, lorsqu'elles n'ont pas été jugées impraticables. On peut attribuer cet état de fait à la difficulté éprouvée par la plupart des auteurs dans la préparation de nérol suffisamment pur. Alors qu'il est relativement aisé d'isoler le géraniol, notamment par sa combinaison avec le chlorure de calcium, il demeurait difficile d'obtenir le nérol pur par l'hydrolyse de son phényluréthanne, car la technique usuelle, élaborée par v. Soden et Treff ([2]), qui comporte la production intermédiaire de phtalate acide de néryle, engendre de ce fait du linalol et de l'α-terpinéol. Il est possible de surmonter aujourd'hui cet inconvénient par l'emploi de la chromatographie, innové par Barnard et ses associés ([3]).

Nous avons préparé de cette manière les deux alcools, en partant de leurs diphényluréthannes, et le géraniol obtenu ne diffère pas du produit issu de la combinaison chlorocalcique. Leurs caractères sont les suivants, ceux du nérol figurant entre parenthèses :

d_4^{20} 0,8793 (0,8756); n_D^{20} 1,47773 (1,47462); R. M. D. 49,56 (49,53); viscosités à 20° 8,21 (7,05) centipoises.

Leurs courbes d'absorption ultraviolettes des solutions dans l'alcool à 95 % sont presque identiques, le géraniol étant un peu plus absorbant de 2500 à 2700 Å ([4]). Par contre, les spectres d'absorption infrarouges sont nettement différents, notamment dans la région comprise entre 8,5 et 9,7 μ; celui du nérol présente un maximum d'absorption fort caractéristique, de nombre d'ondes 1 145 cm^{-1}, qui permet l'analyse aisée des mélanges renfermant plus d'un tiers de chacun des constituants avec une précision, qui, dans les condi-

(*) Séance du 9 juin 1952.

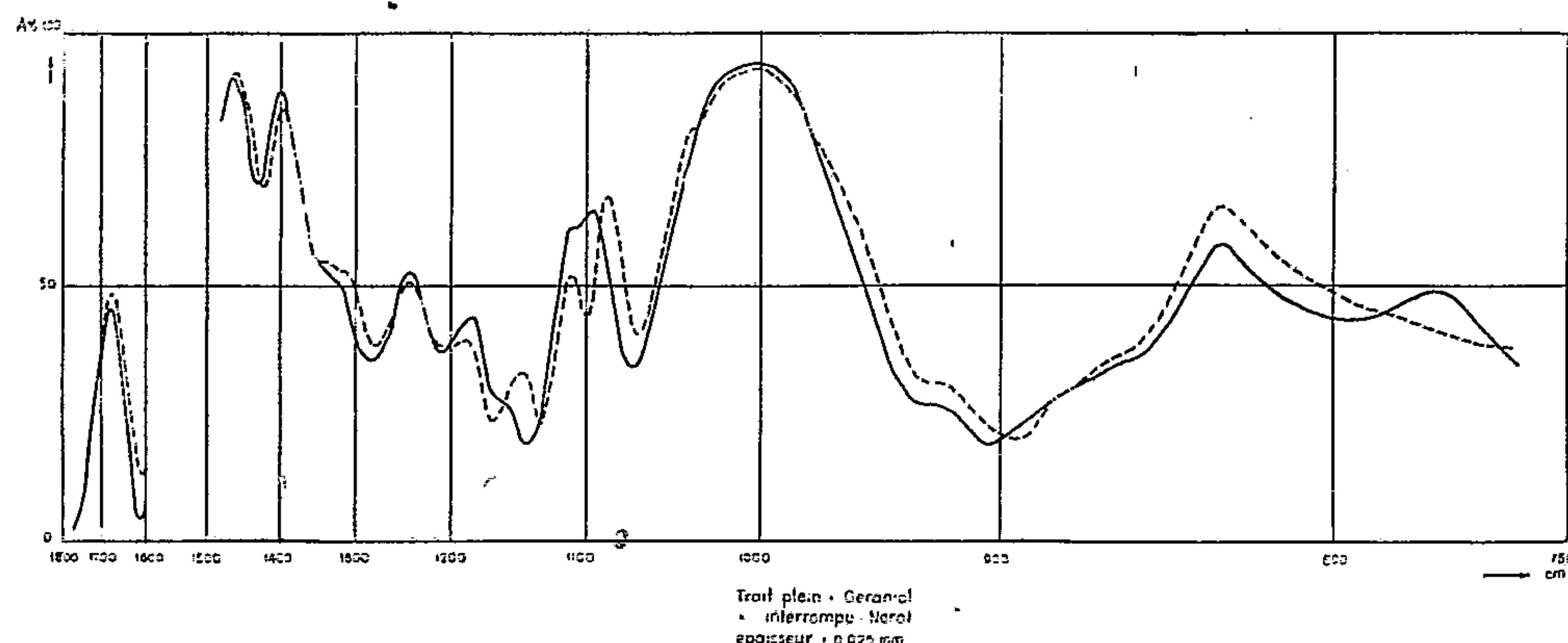
([1]) La structure diméthyl-2.6 octadiène-1.6 ol-8 semble exclue : Naves, *Bull. Soc. Chim.*, 18, 1951, p. 506.

([2]) *Ber. d. chem. Ges.*, 39, 1906, p. 908.

([3]) Barnard, Bateman, Harding, Koch, Sheppard et Sutherland, *J. Chem. Soc.*, 1950, p. 918.

([4]) *Comparez :* Naves et Ardizio, *Helv. Chim. Acta*, 31, 1948, p. 1242.

tions correctes de l'emploi d'un spectromètre Perkin-Elmer modèle 12c, peut atteindre 5 % en valeur absolue. Aux deux fortes bandes du géraniol, de nombres d'ondes 1112 et 1096 cm^{-1}, correspondent deux bandes inégalement intenses 1113 et 1087 cm^{-1} du nérol et, comme le montrent les courbes ci-contre, leurs enregistrements sont caractéristiques.



Les spectres infrarouges des diphénylurethannes des deux alcools étudiés par la méthode des poudres, sont différents. Le dérivé du géraniol est caractérisé par des maxima de nombres d'ondes 986, 910 et 835 cm^{-1} et celui du nérol par des bandes 1340 et 756 cm^{-1}.

Une préparation de farnésol (triméthyl-2.6.10 dodécatriène-2.6.10 *ol*-12) donnant un diphényluréthanne F 59°,5-60°,5, développe un spectre infrarouge très voisin de celui du nérol et renferme une bande 1152 cm^{-1} au lieu de la bande 1145 cm^{-1}; le spectre du diphényluréthanne ressemble très fortement à celui du dérivé du nérol : on peut donc attribuer à cette préparation la structure « nérique ».

A des degrés divers, nos observations d'ordre physique infirment celles de nos prédécesseurs, elles-mêmes discordantes ([5]).

On qualifie le plus souvent le géraniol de *trans* ([6]), mais il convient évidemment, en ce faisant, de se garder d'une assimilation trop étroite de cet alcool et du nérol avec des couples stéréoisomères par un chaînon —CH=CH—. Rappelons en outre que Bateman et Jeffrey, étudiant le chlorhydrate de géranylamine par la diffraction de rayons X, ont constaté que la distance de liaison 4,5 est réduite à 1,44 Å et que les liaisons 2,3; 4,5 et 6,7 se trouvent dans

---

([5]) V. Soden et Treff, *loc. cit.;* O'Donoghue, Drum et Ryan, *Sc. Proc. Roy. Dublin Soc.*, **19**, 116; Bonino et Cella, *Mem. Accad. Ital. Sc.*, **3**, 1932, p. 5; Hayashi, *Sc. Pap. Inst. Phys. Chem. Res.*, Tokyo, **27**, 1935, 99; Dupont, Desreux et Dulou, *Bull. Soc. Chim.* **4**, 1937, p. 2017; Barnard et Coll,. *loc. cit.*

([6]) Barnard et Coll., *loc. cit.*, p. 925, Note.

le même plan ([7]). Ce genre de structure, dans lequel la liaison 4,5 prend des caractères partiels de liaison insaturée, rapprocherait le géraniol et le nérol desociménols (diméthyl-2.6 octatriène-2.4.6 *ol*-8), qui possèdent une configuration *trans* ([8]) à l'image de laquelle le nérol serait moins contraint que le géraniol. Une telle particularité expliquerait d'une part la transformation relativement aisée du nérol en linalol et en α-terpinéol et, d'autre part, la production du nérol à partir du géraniol dans les conditions exploitées par Ponndorf ([9]).

SPECTROSCOPIE. — *Contribution à la mesure de l'intensité des raies d'absorption infrarouge d'un gaz*. Note (*) de Mme **Josette Vincent-Geisse**, présentée par M. Jean Cabannes.

On propose une méthode de mesure de l'intensité des raies, applicable lorsque la largeur de fente du spectrographe est grande par rapport à celle des raies. La largeur réelle de la fente dans le spectre, qu'il est nécessaire de connaître, se mesure expérimentalement par un nouveau procédé. Des mesures ont été faites sur les raies de la bande fondamentale de CO.

1. Les mesures directes d'intensité de raies d'absorption infrarouge sont rares et n'ont été faites jusqu'ici que dans le cas de raies espacées et avec un spectrographe suffisamment dispersif ([1]). Si la fente est petite, on élimine en grande partie l'erreur introduite, au moyen de quelques corrections et d'une extrapolation à absorption nulle. Cette méthode était malheureusement inapplicable dans nos mesures d'intensité sur les raies de la bande fondamentale de CO, dans des conditions de dispersion assez mauvaises, permettant juste la séparation des raies et avec des fentes à peine inférieures à la distance de deux raies consécutives.

2. Désignons par E_t et E_0 des quantités proportionnelles respectivement aux énergies reçues par le récepteur en présence ou en l'absence du corps absorbant, à la fréquence ν. E_{tM} et E_{0M} désignent ces mêmes grandeurs au point ν_M d'absorption maximum d'une raie. Les fentes sont supposées égales et de largeur spectrale a. Nous définissons l'intensité α d'une raie par l'expression

---

([7]) Bateman et Jeffrey, *Nature* (London), 152, 1943, p. 1146; Jeffrey, *Proc. Roy. Soc.*, A 183, 1945, p. 388.

([8]) Hoppfield, Hall et Goldblatt, *J. Am. Chem. Soc.*, 66, 1944, p. 115.

([9]) Ponndorf, *Z. angew. Chem.*, 39, 1926, p. 138; Bedoukian, *Perfumery synthetics and isolates*, p. 342, New-York, 1951.

(*) Séance du 9 juin 1952.

([1]) D. G. Bourgin, *Phys. Rev.*, 29, 1927, p. 794; J. L. Dunham, *Phys. Rev.*, 34, 1929, p. 438; C. F. Meyer, A. A. Levin, *Phys. Rev.*, 34, 1929, p. 44; D. M. Dennison, *Phys. Rev.*, 31, 1928, p. 503; H. Becker, *Z. Physik.*, 59, 1930, p. 583.

habituelle $\alpha = \int_0^\infty k_\nu \, d\nu$, où k_ν est le coefficient d'absorption pour la fréquence ν. Comme nous avons une fente grande par rapport à la largeur de raie, la forme réelle de la raie importe peu en première approximation et, pour simplifier, nous la prendrons triangulaire par exemple. Dans ces conditions, si a_0 désigne la largeur efficace de raie, supposée petite par rapport à a (pour $\nu = \nu_M \pm a_0/2$, $I_t/I_0 = (1/2)[1 + (I_t/I_0)_M]$) et l la longueur de la cuve absorbante, on a

$$\alpha = -\frac{a_0}{l} \operatorname{Log}\left[1 - \frac{a}{a_0}\left(1 - \frac{E_t}{E_0}\right)_M\right]. \qquad (1)$$

Cette formule étant d'un emploi peu pratique, puisque a_0 est inconnu, il est commode de développer le logarithme en série pour de petites valeurs de $[1 - (E_t/E_0)]_M$. En posant $\alpha/p = I$ (p, pression du gaz absorbant), on obtient

$$\frac{a}{pl}\left(1 - \frac{E_t}{E_0}\right)_M = I - \frac{1}{2} I^2 \frac{pl}{a_0} + \frac{1}{6} I^3 \frac{p^2 l^2}{a_0^2} - \ldots. \qquad (2)$$

Pour $[1 - (E_t/E_0)]_M$ petit on a donc

$$I \neq \frac{a}{pl}\left(1 - \frac{E_t}{E_0}\right)_M. \qquad (3)$$

Cette expression limite est voisine de celle que l'on peut déduire d'un travail d'Amat (²) dans le cas d'une bande. On l'obtient également en prenant une forme de raie quelconque.

3. Pour une pression déterminée et plusieurs largeurs de cuve, nous construisons pour chaque raie la courbe $x = pl$, $y = (a/pl)[1 - (E_t/E_0)]_M$.

D'après (2), le point de rencontre de la courbe avec Oy donne la valeur de I et la pente de la tangente à l'origine nous permet de déterminer une valeur approchée de a_0. Si nous désirons les intensités absolues, il nous faut connaître a avec une bonne précision, de l'ordre du 1/100e (ce qui serait inutile si les intensités relatives seules nous intéressaient). Comme la formule donnant la largeur de fente dans le spectre n'est pas rigoureuse et néglige de plus les phénomènes de diffraction, les aberrations et les défauts de réglage, nous avons mesuré expérimentalement a d'après la disparition des raies dans le spectre (³). Ce procédé nous a permis de voir que le calcul de a ne donnait qu'un ordre de grandeur grossièrement approché, même en tenant compte de la diffraction.

4. Nos mesures ont été faites avec les seules hypothèses suivantes :

a. Les raies sont bien séparées, ce qui exige une pression et une température pas trop élevées.

b. La fente doit être au moins égale à la largeur spectrale occupée par la

---

(²) G. AMAT, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1752.
(³) J. VINCENT-GEISSE, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1179.

raie; or cet intervalle dépend de Δ, demi-largeur de raie, de l'intensité de la raie et de l'épaisseur de la couche absorbante.

Pour de petites valeurs de α et de l

$$a_0 = 2\Delta\left(1 + \frac{\delta}{4}\right) \quad \text{où} \quad \delta = \frac{\alpha l}{\pi\Delta}. \tag{4}$$

Plus les raies sont intenses, et plus la condition devient difficile à satisfaire puisque, d'autre part, la largeur de fente doit rester inférieure à la distance de deux raies consécutives.

Nous avons mesuré, de cette manière, l'intensité absolue des raies de rotation de la bande fondamentale de l'oxyde de carbone avec un spectrographe Perkin-Elmer 12C à prisme de fluorine. Nous avons obtenu une valeur de l'intensité totale de la bande en bon accord avec celle de Penner et Weber (4). Notre valeur de a_0, calculée par la formule (2), est, par contre, très supérieure à celle de 2Δ qu'ils obtiennent par un tout autre procédé. Cette divergence est normale, d'une part, effet, a_0 est toujours supérieur à 2Δ d'après (4); d'autre part, la largeur de raie est plus grande pour une raie triangulaire que pour une raie de Lorentz. Des mesures en cours nous permettront de préciser ces résultats.

SPECTROSCOPIE. — *Combustion de l'aluminium dans l'air.* Note de M. **René de Salins**, transmise par M. Gustave Ribaud.

Nous avons étudié la combustion de la poudre d'aluminium dans l'air à l'aide d'un appareil à flamme stationnaire constitué essentiellement par un pulvérisateur actionné par un petit compresseur auxiliaire et ayant les caractéristiques suivantes : réservoir vertical de 2 l, entraînement de la poudre par courant d'air comprimé, dans une chambre de turbulence horizontale d'où le mélange sort par une buse de 2 mm de diamètre, allumage à la sortie par une flamme de gaz de ville; débit de poudre 80 g/m, débit d'air comprimé 10 l/m, longueur de la flamme 60 cm, diamètre de la flamme 30 cm.

Notre étude a porté sur le spectre de la flamme entre 10 000 et 2300 Å. La poudre utilisée était de la poudre industrielle à 95 %, fabriquée par l'usine de poudre d'aluminium de Chambéry et passant au tamis 100. Nous avons trouvé comme J. Cueilleron et H. Scartazzini (1) un fond continu sur lequel se détachent les bandes de Lecoq de Boisbaudran attribuées aux oxydes d'aluminium, le doublet du sodium, les doublets de l'aluminium 3961-3944 et 3092-3082. Le continuum commence faiblement vers 2500 Å, devient assez

(4) *J. Chem. Phys.*, 19, 1951, p. 807.

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 489.

intense vers 4000 Å pour croître encore vers le proche infrarouge où l'on trouve le doublet du potassium. On trouve aussi quelques raies d'impuretés de Fe, Ca, K, Mn entre 6500 et 3000 Å.

L'enregistrement du rayonnement de la flamme, au moyen d'une cellule photoélectrique à multiplication d'électrons 931 A et d'un oscillographe bicourbe Ribet-Desjardins, a permis de constater que la combustion n'est pas stationnaire, mais se décompose en une succession de combustions à allure explosive d'une durée de l'ordre du 1/100 de seconde. Ce fait expliquerait pourquoi il est nécessaire d'avoir une source d'inflammation auxiliaire : en effet la vitesse de sortie du mélange combustible n'étant que de quelques mètres par seconde, et la vitesse de propagation de la flamme étant bien supérieure, chaque fois que le mélange atteint la source d'inflammation auxiliaire la combustion à allure explosive remonte jusqu'à la buse de sortie et s'arrête, pour reprendre dès que le mélange à atteint à nouveau la flamme auxiliaire. Des expériences réalisées à l'aide de charges de poudre d'aluminium de 1 kg, dispersées et enflammées par une petite charge d'explosif, ont donné à l'enregistrement des résultats identiques, la combustion de la charge d'aluminium durant de l'ordre de 1/100 de seconde, ce qui correspond dans les conditions de l'expérience à une vitesse de propagation de la flamme d'environ 150 m/s, valeur confirmée par les appareils enregistreurs de pression.

Nous avons pris des spectrogrammes de la combustion de poudre d'aluminium dans ces conditions et nous les avons comparés à ceux de la flamme stationnaire. Pour un même éclairement, le spectre continu est sensiblement le même. Mais les raies déjà signalées dans la flamme stationnaire deviennent plus intenses dans la flamme à allure explosive, et il apparaît un certain nombre d'autres raies du spectre d'étincelle jusque dans l'ultraviolet lointain. Dans le tableau ci-dessous sont reportées les raies de l'aluminium identifiées dans le spectre de la flamme à allure explosive :

Raie de :	Longueur d'onde (Å).	Intensité.	Raie de :	Longueur d'onde (Å).	Intensité.
Al...........	3961	forte	Al...........	2660	faible
	3944	»		2652	»
Al (présumé).	3610	faible	Fe (impureté).	2632	moyenne
	3599	moyenne	Al...........	2575	faible
	3589	forte		2568	»
Al...........	3092	»	Al...........	2373	»
	3082	»		2372	»
Al...........	2816	»		2367	»

La répartition spectrale de la flamme stationnaire dans les régions du spectre continu non perturbées par les raies et bandes entre 4000 et 6000 Å, et en particulier dans le proche ultraviolet, correspond sensiblement à celle du corps noir

pour la température de 2900° C. Si l'on estime, avec H. G. Wolfhard et W. G. Parker ([2]), que le facteur d'émission est presque égal à l'unité dans l'ultraviolet, cette température est la température vraie de la flamme et le continuum est émis par de fines gouttelettes de condensation de Al_2O_3. Ceci peut expliquer pourquoi dans la flamme à allure explosive, dont la température est certainement supérieure puisque l'excitation des raies est plus grande, le continuum n'est pas plus intense : il serait toujours émis par les gouttelettes de condensation des parties froides de la flamme.

SPECTROPHOTOMÉTRIE. — *Absorption de l'ozone dans la région des bandes de Huggins. Influence de la température.* Note (*) de M. **Ernest Vigroux**, présentée par M. Jean Cabannes.

J'ai publié les résultats de ces expériences ([1]) en donnant les valeurs numériques des coefficients d'absorption, la base étant les coefficients à 18° de Ny-Tsi-Zé et Choong Shin Piaw. Il paraît très utile de fournir pour chaque longueur d'onde les rapports k_t/k_{18}, k_t et k_{18} désignant les coefficients à la température t et à 18°.

1° Pour une longueur d'onde quelconque et une température t, on peut obtenir la valeur de ce rapport en déterminant séparément k_t et k_{18}. k_{18} étant déjà connu, on obtient k_t de la même manière : sur de nombreux spectres, répartis sur différents clichés, on mesures les densités optiques d, ainsi que les épaisseurs réduites d'ozone e et l'on adopte comme moyenne $k_t = \Sigma d/\Sigma e$.

2° On calcule sur chaque cliché les rapports d/d_{18} des densités optiques de la même couche d'ozone à t° et à 18° et l'on prend la moyenne arithmétique des nombres ainsi obtenus sur de nombreux clichés.

J'ai fait ces deux séries de déterminations pour toutes les radiations figurant dans le tableau, aux températures inférieures à 18°, ainsi que pour les maxima et minima principaux à 85°. La concordance des résultats est remarquable et constitue un excellent contrôle.

Les astérisques, ajoutés à droite de certaines longueurs d'onde, précisent qu'il s'agit de maxima et de minima principaux. Dans la deuxième colonne, on a rappelé les coefficients d'absorption à 18° et dans les autres, à droite, les moyennes des rapports k_t/k_{18} en fonction de t.

([2]) *Nature*, 162, n° 414, 1948.

(*) Séance du 4 juin 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2170.

	k_{18}.	— 92°.	— 75°.	— 59°.	— 44°.	— 30°.	50°.	85°.	120°.
3401*....	0,028	0,89	0,86	0,86	0,86	0,89	1,14	1,43	2,00
3398...	0,017	–	–	–	–	–	–	–	–
3395.....	0,022	–	–	–	–	–	1,29	1,78	2,60
3391*..	0,014	–	–	–	–	–	1,74	2,43	3,80
3372*....	0,051	0,94	0,91	0,87	0,88	0,89	1,12	1,33	1,80
3369...	0,030	0,62	0,67	0,71	0,78	0,78	1,26	1,58	2,40
3365.....	0,038	0,71	0,82	0,76	0,80	0,81	1,23	1,55	2,22
3357*..	0,020	–	–	–	–	–	1,68	2,36	3,57
3338*....	0,077	0,99	0,91	0,87	0,86	0,88	1,16	1,36	1,80
3334...	0,044	0,54	0,61	0,62	0,67	0,70	–	–	–
3332.....	0,050	0,59	0,60	0,61	0,64	0,70	–	–	–
3328*..	0,035	0,46	0,54	0,60	0,65	0,73	1,38	1,83	2,97
3312*....	0,108	0,90	0,88	0,86	0,86	0,90	1,13	1,34	1,70
3309...	0,078	0,73	0,76	0,76	0,77	0,81	1,17	1,44	2,07
3303.....	0,094	0,84	0,86	0,83	0,85	0,87	1,17	1,40	1,85
3299*..	0,056	0,50	0,57	0,57	0,61	0,69	1,32	1,72	2,64
3295.....	0,066	0,51	0,56	0,57	9,61	0,68	–	–	–
3292...	0,061	0,43	0,48	0,51	0,57	0,66	–	–	–
3279*....	0,162	0,96	0,94	0,91	0,91	0,93	1,09	1,26	1,53
3275...	0,106	0,72	0,74	0,74	0,76	0,81	1,21	1,50	2,10
3272.....	0,121	0,79	0,79	0,78	0,80	0,83	1,19	1,46	1,90
3269*..	0,092	0,49	0,55	0,58	0,62	0,70	1,37	1,72	2,37
3255.....	0,185	0,82	0,82	0,81	0,83	0,87	1,12	1,29	1,62
3253...	0,171	0,76	0,79	0,79	0,81	0,85	1,12	1,30	1,70
3248*....	0,224	0,97	0,92	0,90	0,91	0,92	1,10	1,27	1,52
3245...	0,152	0,69	0,72	0,72	0,74	0,79	1,17	1,42	1,99
3242.....	0,162	0,71	0,73	0,73	0,74	0,79	1,19	1,44	1,96
3239*..	0,140	0,50	0,56	0,60	0,65	0,72	1,23	1,57	2,17
3226.....	0,293	0,91	0,90	0,88	0,89	0,91	1,09	1,20	1,49
3223...	0,253	0,82	0,82	0,82	0,83	0,87	1,12	1,26	1,68
3220*....	0,300	0,95	0,93	0,90	0,88	0,91	1,09	1,24	1,51
3216*..	0,216	0,68	0,72	0,73	0,75	0,80	1,21	1,41	1,93
3210.....	0,238	0,69	0,70	0,71	0,74	0,79	1,12	–	–
3209...	0,227	0,60	0,65	0,68	0,73	0,79	1,22	–	–
3200*....	0,390	0,91	0,87	0,86	0,87	0,90	1,08	1,22	1,49
3199...	0,244	0,82	0,83	0,82	0,84	0,86	1,16	1,23	1,64
3194.....	0,385	0,87	0,87	0,85	0,86	0,88	1,09	1,19	1,54
3190*..	0,310	0,67	0,71	0,73	0,76	0,81	1,20	1,40	1,81
3176*....	0,500	0,89	0,87	0,86	0,87	0,90	1,10	1,22	1,42
3173...	0,450	0,81	0,81	0,81	0,83	0,87	1,18	1,28	1,57
3170.....	0,490	0,83	0,82	0,82	0,84	0,87	1,13	1,22	1,49
3167*..	0,450	0,75	0,76	0,76	0,79	0,84	1,19	1,31	1,60
3154*....	0,630	0,89	0,86	0,85	0,87	0,90	1,13	1,21	1,55
3151*..	0,566	0,80	0,79	0,79	0,82	0,86	1,18	1,31	1,69
3148.....	0,610	0,78	0,78	0,79	0,81	0,85	–	–	–
3146...	0,583	0,76	0,76	0,78	0,80	0,85	–	–	–
3135*....	0,796	0,88	0,85	0,84	0,87	0,89	1,15	1,23	–
3130*..	0,750	0,82	0,80	0,81	0,83	0,87	1,21	1,30	–

FLUORESCENCE. — *De l'obtention d'écrans fluorescents avec des solutions colloïdales d'hydrocarbures polycycliques dans l'eau.* Note de MM. **Friedrich Ludwig** et **Pierre Le Noac'h**, présentée par M. Léon Binet.

Lorsque la nécessité se présente d'utiliser, à certaines fins, des écrans fluorescents, il est indispensable de parvenir à la disposition homogène de particules aussi ténues que possible en une couche présentant le minimum d'épaisseur accessible dans le cas considéré.

On a proposé, il y a quelque temps, des écrans basés sur le principe suivant (¹) : une lame de verre rectangulaire est traitée par une solution de baume de Canada dans le xylol à 25 % ; sur le film extrêmement mince qui demeure sur la lame sortie de la solution, on étale du sulfure de zinc très finement broyé, l'excédent étant éliminé par agitation. Les cristaux adhérant au film ont une taille moyenne de 8 μ. Dans le cas considéré, il n'est, évidemment, pas possible de prétendre à l'obtention d'une couche fluorescente remarquablement homogène. Dans la méthode qui nous préoccupe, le matériel fluorescent est constitué par l'anthracène, dont le rendement en fluorescence par rapport au sulfure de zinc est de l'ordre de 60 %. Pourtant, ce chiffre porte sur la fluorescence violette de l'anthracène pur (²), tandis que l'anthracène de commerce, comme celui que nous utilisons, montre une fluorescence bleu verdâtre (³). Si l'on veut ne pas utiliser un photomultiplicateur et observer les luminosités au microscope, ces impuretés présentent un avantage réel en ce qu'elles déplacent le maximum d'émission vers une zone de longueurs d'ondes voisines à l'égard desquelles se manifeste le maximum de sensibilité de la rétine. Cette considération tend à montrer que le rendement de l'anthracène n'est pratiquement guère inférieur à celui du sulfure de zinc.

Deux méthodes se prêtent à la production de films à base de particules d'anthracène sur lame de verre. Si on laisse évaporer une solution alcoolique saturée d'anthracène sur une lame de verre lisse, on obtient des cristaux d'anthracène solide, parfois monocliniques en amas irréguliers, dont la présentation est évidemment inadéquate ici. Étant donné que l'on ne peut obtenir de cristallisations à partir d'une solution colloïdale de ce même corps, il vient à l'idée de laisser simplement évaporer la solution colloïdale d'anthracène au-dessus d'une lame de verre. L'autre méthode est basée sur la précipation électrique des particules colloïdales sur une lame enduite d'un film de baume de Canada dans le xylol. Nous y reviendrons

(¹) M. Curie, *Phosphorescence et fluorescence*, Hermann et Cie, Paris, 1946.
(²) H. Fritsche, *J. prakt. Chem.*, **106**, 1862, p. 246.
(³) H. Fritsche, *J. prakt. Chem.*, **101**, 1860, p. 336.

plus loin. Le problème réside dans la tâche de préparer une solution colloïdale aqueuse d'un hydrocarbure strictement liposoluble ([4]). Cette solution colloïdale s'obtient au moyen de l'appareil représenté sur la figure, en ajoutant en excès de l'eau (pendant le barbotage d'air) à une solution vraie

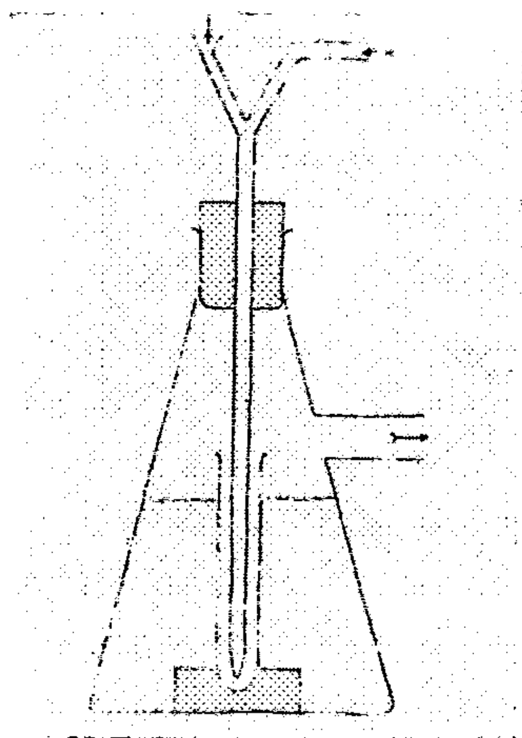


Fig. 1.

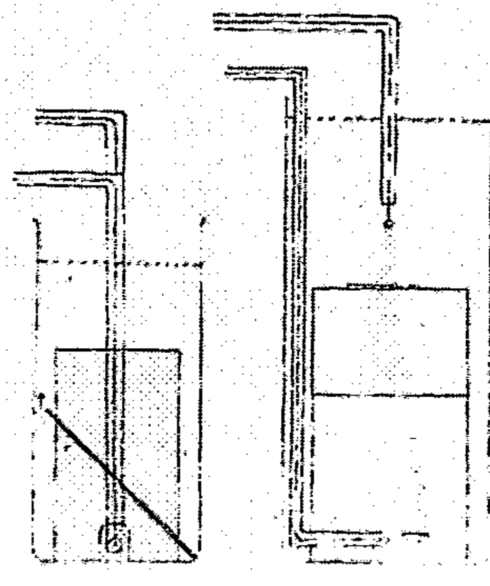


Fig. 2.

de l'anthracène en solvant organique miscible avec l'eau. Nous laissons barboter ainsi 4 cm³ pendant quelques instants, puis, faisant l'obscurité, il est ajouté (toujours en barbotage), 0,5 cm³ d'une solution alcoolique d'anthracène. La saturation de ce dernier dans l'alcool étant de l'ordre de 1,9 g pour 100 cm³ ([5]), on obtient ainsi une solution colloïdale qui contient donc 2,1 mg/cm³. La taille moyenne des particules de solutions colloïdales semblables est de l'ordre de 300 m μ ([4]). Nous plaçons maintenant plusieurs lamelles de verre, 22 : 32 ou 24 : 50, sur le fond de boîtes de Pétri. Il faut veiller à ce que les lamelles reposent bien horizontalement sur le fond, que les boîtes ne subissent pas d'ébranlements quelconques et que celles-ci soient à l'abri de la lumière et de la poussière. Nous laissons évaporer la solution à l'air libre ou à l'étuve, pendant le temps nécessaire. Ainsi, on obtient un film d'anthracène adhérant aux lamelles. En considérant la concentration de la solution colloïdale mentionnée plus haut, l'épaisseur de la couche liquide au-dessus de la lame de l'ordre de 6 mm, la densité de l'anthracène de 1,24 ([6]), on obtient une épaisseur moyenne de film de l'ordre de 10 μ.

L'autre méthode étudiée ici a consisté en l'utilisation de phénomènes

---

([4]) J. Rémy, *J. Phys. Chim.*, 44, 1946, p. 221.

([5]) F. Versman, *Chem. News*, 31, 1894, p. 45.

([6]) E. Cattelain, *L'anthracène*, Masson et Cie, Paris, 1949.

de précipitation électrique des particules de la solution en vue d'obtenir, sur lame enduite d'un film collant, une couche homogène. La lame est disposée verticalement au sein de la solution, entre deux électrodes, reliées à une batterie d'accumulateurs de 12 V. On dispose, entre anode et cathode, un support constitué d'une grille métallique fine façonnée en forme de table présentant, en bas, une échancrure laissant passage à l'extrémité coudée à l'horizontale de la cathode. La lame est placée avec de grandes précautions sur ce support et maintenue pendant le remplissage du récipient. Une fois la lame traitée, après passage du courant pendant une heure, on effectue une aspiration prudente en vue de ramener l'excès du liquide au-dessus de la lame, à une hauteur de quelques millimètres que l'on aura soin de laisser évaporer pendant le temps nécessaire au séchage de la lame sans manipuler celle-ci tant qu'elle n'est pas tout à fait sèche.

PHYSIQUE CRISTALLINE. — *Rôle de la structure réelle dans la diffusion de la lumière par un monocristal de chlorure de sodium.* Note (*) de Mlle **Lucienne Taurel**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'étude de la diffusion de la lumière par un monocristal de chlorure de sodium (1) révèle une diffusion anormalement forte pour une longueur d'onde excitatrice d'environ 6300 Å. Ce résultat expérimental conduit à examiner les causes de la fausse diffusion par un cristal.

1. Les cristaux peuvent présenter des tensions internes macroscopiques. Dans les cristaux de NaCl synthétiques que nous avons examinés, ce défaut n'apparaît pas.

2. Une cause de diffusion anormale peut être constituée par les trous existant dans le cristal. Leur dimension impose une diffusion en $1/\lambda^4$ dans le domaine des longueurs d'onde usuelles.

3. Il peut exister des failles (cracks) dans le cristal. Pour qu'elles contribuent à la diffusion de la lumière, il est nécessaire d'admettre, contrairement à ce qu'on a supposé autrefois (2), qu'elles sont irrégulièrement distribuées.

L'influence de ces failles est susceptible d'une étude quantitative. Le mode de croissance de NaCl conduit à penser que ces failles sont normales aux axes quaternaires OX, Y, Z. Elles ne sont certainement pas toutes identiques entre elles. Nous examinerons cependant deux cas, qu'on peut envisager comme des cas limites :

(*) Séance du 4 juin 1952.

(1) Furth et Humphreys-Owen, *Nature*, 167, 1951, p. 715.

(2) *Study of crystal structure and its application*, Dawey, Mc Graw Hill, 1934, p. 381.

A. Les failles sont constituées par des bâtonnets parallélépipédiques de longueur l_0 et dont les petits côtés ont une dimension très faible.

B. Les failles sont constituées par des parallélépipèdes à base carrée, dont les côtés ont pour longueur l_0, et dont l'épaisseur est très faible.

Leurs dispositions possibles sont représentées sur la figure 1. Nous les supposerons réalisées toutes les trois avec une égale probabilité.

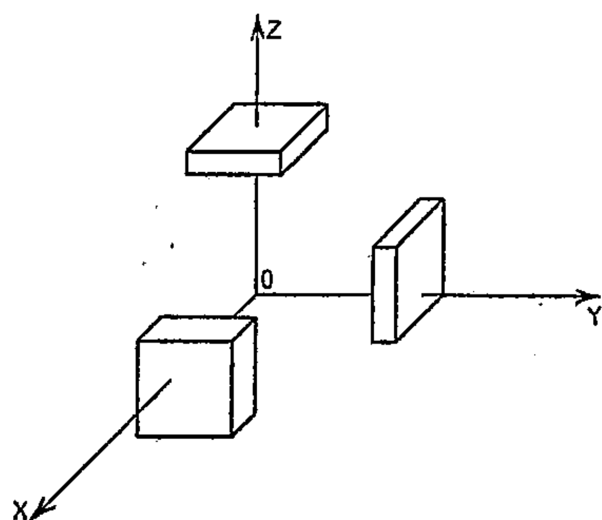


Fig. 1. — Disposition des failles dans NaCl.

L'existence de ces failles peut avoir deux conséquences :

La diffusion de la lumière par les ions supposés au repos n'est plus nulle. Pour calculer l'intensité diffusée, il revient au même, d'après le théorème des écrans complémentaires, d'étudier la lumière diffusée par les failles supposées remplies de cristal. La lumière ainsi diffusée est totalement polarisée.

La lumière peut être réfléchie par les faces limitant un espace vide dont l'épaisseur est de l'ordre de grandeur de λ.

Il en résulte que des différences importantes doivent se manifester suivant l'orientation du cristal. A titre d'exemple nous examinerons deux cas.

Premier cas. — Le rayon incident fait un angle α avec OX dans le plan XOY; le rayon diffusé est à 90° dans le même plan.

Hypothèse A. — L'intensité de diffusion, en fonction de la longueur d'onde excitatrice est donnée par l'expression

$$I = \frac{I_0}{\lambda^4}\left[1 + \frac{\sin^2\pi\theta(\sin\alpha - \cos\alpha)}{(\pi\theta)^2(\sin\alpha - \cos\alpha)^2} + \frac{\sin^2\pi\theta(\sin\alpha + \cos\alpha)}{(\pi\theta)^2(\sin\alpha + \cos\alpha)^2}\right]$$

$$\left[n = \text{indice du cristal}, \qquad \theta = n\left(\frac{l_0}{\lambda}\right)\right].$$

Hypothèse B. — On trouve alors

$$I = \frac{I_0}{\lambda^4}\left[\frac{\sin^2[\pi\theta(\sin\alpha + \cos\alpha)]\sin^2[\pi\theta(\sin\alpha - \cos\alpha)]}{(\pi\theta)^4\cos^2 2\alpha} + \frac{\sin^2\pi\theta(\sin\alpha + \cos\alpha)}{(\pi\theta)^2\,(\sin\alpha + \cos\alpha)} + \frac{\sin^2\pi\theta(\sin\alpha - \cos\alpha}{(\pi\theta)^2\,(\sin\alpha - \cos\alpha)^2}\right]$$

Le seul cas où il y a possibilité de réflexion est celui où $\alpha = 45°$.

Les figures 2A et 2B fournissent $\lambda^4 I$ en fonction de θ entre $\theta = 0,4$ et $\theta = 1$ pour $\alpha = 0°$, $\alpha = 22°,5$, $\alpha = 45°$. Elles montrent l'influence de l'orientation sur l'intensité diffusée par le cristal.

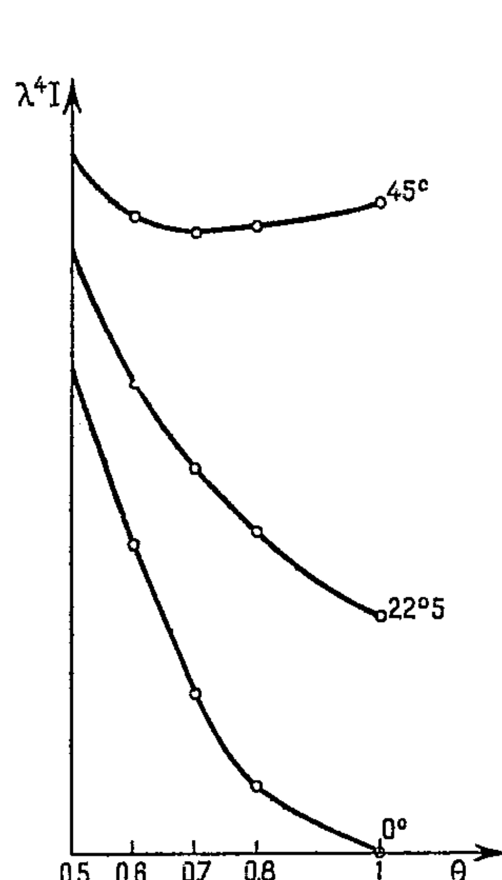


Fig. 2 A.

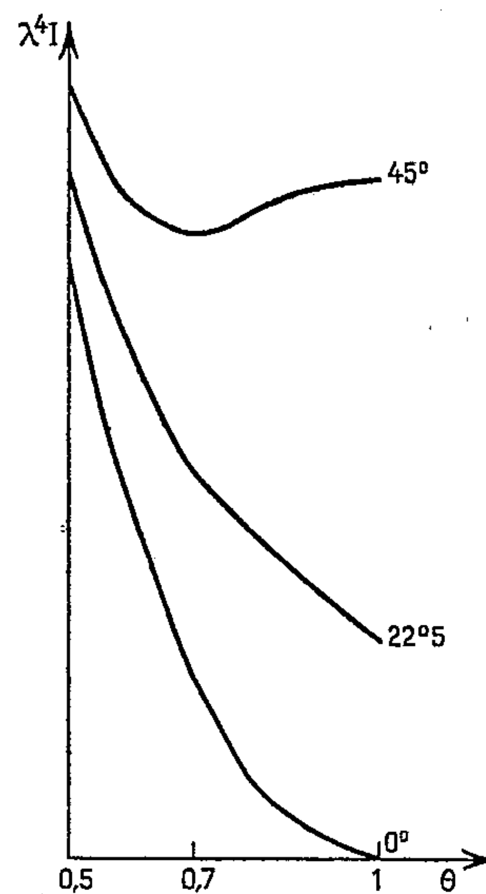


Fig. 2 B.

DEUXIÈME CAS. — Le rayon incident fait un angle α avec OX dans le plan XOY. Le diffusé est à 90° suivant OZ. On trouve

Hypothèse A :

$$I = \frac{I_0}{\lambda^4}\left[\frac{\sin^2\pi\theta}{(\pi\theta)^2} + \frac{\sin^2(\pi\theta\sin\alpha)}{(\pi\theta\sin\alpha)^2} + \frac{\sin^2(\pi\theta\cos\alpha)}{(\pi\theta\cos\alpha)^2}\right].$$

Hypothèse B :

$$I = \frac{I_0}{\lambda^4}\left[\frac{\sin^2(\pi\theta\sin\alpha)}{(\pi\theta\sin\alpha)^2}\left[\frac{\sin^2\pi\theta}{(\pi\theta)^2} + \frac{\sin^2(\pi\theta\cos\alpha)}{(\pi\theta\cos\alpha)^2}\right] + \frac{\sin^2\pi\theta}{(\pi\theta)^2}\,\frac{\sin^2(\pi\theta\cos\alpha)}{(\pi\theta\cos\alpha)^2}\right],$$

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Quelques réactions à l'état solide, étudiées au moyen des spectres d'absorption infrarouges.* Note (*) de MM. **Clément Duval** et **Jean Lecomte**, présentée par M. Jean Cabannes.

On donne plusieurs exemples avec lesquels les spectres d'absorption infrarouges permettent de savoir si une réaction à l'état solide a eu lieu entre deux constituants, ou bien s'il s'agit d'une simple juxtaposition au moyen d'un phénomène physique.

Lorsqu'il se produit une réaction à l'état solide entre deux constituants, le spectre du produit final doit différer, plus ou moins complètement, de ceux des constituants de départ; mais s'il s'agit d'une simple juxtaposition, sans

(*) Séance du 9 juin 1952.

formation d'un composé nouveau, on retrouvera, sans modification, les principales caractéristiques spectrales des produits avant leur mise en contact. La technique infrarouge se présente comme particulièrement indiquée pour attaquer ce problème, en raison de la facilité avec laquelle on peut étudier les substances à l'état de poudre. Les spectres ont été enregistrés avec un spectrographe Perkin-Elmer 12-C, entre 700 et 1500 cm^{-1}, ou entre 400 et 1500 cm^{-1}.

1. Par chauffage du silico-molybdate d'oxine, on prépare un produit répondant à la composition $SiO_2 12 MoO_3$. Suivant l'un de nous, lorsqu'on le chauffe, il commence à perdre du poids à partir de 813° C, alors que, pour le mélange synthétique $SiO_2 + 12 MoO_3$, le phénomène se produit dès 761° C. Les spectres infrarouges du produit provenant du complexe d'oxine et du mélange synthétique se présentent comme identiques et rappellent presque exclusivement celui de MoO_3, dont la prédominance empêche complètement aux maxima d'absorption, bien connus et très intenses, de la silice, de se manifester : *on ne peut donc pas considérer qu'il existe, dans le premier, une liaison entre* SiO_2 *et* MoO_3. Pour expliquer la différence de comportement thermique, nous suggérons que l'organisation moléculaire, dans le silico-molybdate d'oxine, se conserverait un peu après la destruction de l'oxine, alors qu'elle n'existe vraisemblablement pas dans le mélange synthétique.

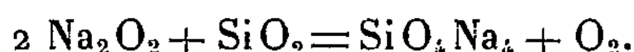
Notons, en passant, que l'existence, entre 700 et 1200 cm^{-1}, de quatre bandes d'absorption fortes ou très fortes : vers 820 et 996 cm^{-1}, d'une part, et vers 870 et 1080 cm^{-1}, d'autre part, dans le spectre de l'anhydride molybdique, ne s'accorde pas avec la formule simple MoO_3. En raison de leur largeur anormale, les deux premières bandes représenteraient des groupements MoO_3 fortement polymérisés et les deux premières un état monomère ou très peu polymérisé.

2. Le permanganate de potassium se trouve fortement retenu par le sulfate de baryum et devient inactif vis-à-vis de ses réactifs habituels (eau oxygénée, sulfate ferreux, etc). On constate que le spectre infrarouge du produit coloré représente exactement la superposition de ceux du permanganate et du sulfate, et qu'il n'existe pas de bandes supplémentaires : *il s'agit donc d'un phénomène d'adsorption et non de la formation d'un composé.*

3. En mélangeant intimement l'iode et la magnésie hydratée, à froid, on obtient une substance dans laquelle l'iode se trouve plus ou moins dissimulé. On sait que l'iode ne possède pas de bandes d'absorption dans la région que nous avons étudiée, et notre échantillon de magnésie hydratée conduit seulement à une succession de petits maxima faibles et à une bande forte à 1430 cm^{-1}. Celle-ci disparaît dans le spectre du produit (iode + magnésie hydratée), alors qu'*il apparaît une bande très large et assez forte, avec son centre vers* 1065 cm^{-1}, *qui caractérise l'existence d'une nouvelle combinaison.* Il est impossible, actuellement, de préciser sa nature : formation d'hypoiodite ou simplement phénomène de liaison hydrogène avec l'iode. La largeur inusitée de la bande

mesurée pourrait être en faveur de cette dernière hypothèse; sa fréquence semble trop élevée pour correspondre à une liaison I—O.

4. En chauffant du peroxyde de sodium avec de la silice, on est conduit à un silicate avec dégagement d'oxygène. *Le spectre infrarouge, conjointement à la courbe de thermolyse, indique qu'il s'agit d'un ortho-silicate, à l'exclusion des autres silicates qui auraient pu se former.*

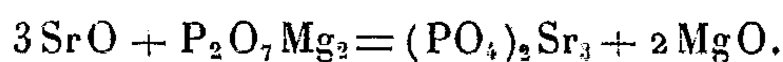


$$2\,Na_2O_2 + SiO_2 = SiO_4Na_4 + O_2.$$

Les bandes extrêmement fortes de la silice vers 800 et 1090 cm^{-1}, ainsi que les maxima, nombreux mais peu marqués, de notre échantillon de peroxyde de sodium ont disparu. Ils sont remplacés par une région nouvelle d'absorption forte, avec trois maxima distincts vers 848,877 et 905 cm^{-1}, et par une bande bien marquée vers 1400 cm^{-1}, qui n'existaient pas dans le spectre des produits de départ.

La forstérite (ortho-silicate de magnésium), la willémite (ortho-silicate de zinc), l'orangite (ortho-silicate de thorium avec de l'oxyde d'uranium), possèdent aussi, à l'état de poudre, une large région d'absorption (avec des maxima distincts pour les deux premiers) vers 800-900 cm^{-1}, attribuable à la vibration de valence triplement dégénérée du groupement SiO_4. Cette position indique que, dans ces composés, il forme des îlots séparés, et non pas un réseau comme dans le quartz ou la silice.

5. Le chauffage de l'oxyde de strontium avec le pyrophosphate de magnésium, suivant Hedvall, fournit de l'ortho-phosphate de strontium et de la magnésie :



$$3\,SrO + P_2O_7Mg_2 = (PO_4)_2Sr_3 + 2\,MgO.$$

Les spectres infrarouges des produits de départ et du mélange final se présentent comme très différents et indiquent qu'il se forme bien un ortho-phosphate. Les nombreuses bandes faibles et les maxima à 856 (m) et 1460 (TF) cm^{-1} de notre oxyde de strontium, ainsi que le spectre caractéristique du pyrophosphate [maxima bien définis à 910 (m), 935 (F) et 1104 (TF) cm^{-1}], sont remplacés, avec le produit final, par une succession de maxima faibles, rappellent ceux de la magnésie, plus ou moins hydratée et légèrement carbonatée, et par une large région d'absorption fort intense, entre 970 et 1120 cm^{-1} (avec une demi-douzaine de composantes), qui caractérise l'ion PO^{4---}, mais qui présente de légères différences avec le spectre de $(PO_4)_2Sr_3$ à l'état pur.

En conclusion, la spectrographie infrarouge, appliquée à l'étude de quelques réactions à l'état solide de divers types (produits d'addition, réactions avec ou sans dégagement gazeux), permet de savoir si l'on a affaire à un nouveau composé ou à une juxtaposition d'éléments par un phénomène physique. Ce résultat s'obtient facilement et avec plus de netteté qu'avec l'analyse chimique; la thermogravimétrie aurait permis de conclure seulement dans le cas où la réaction se manifeste par une variation de poids.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Détermination par la méthode de modulation d'une pile de divers effets dus à l'absorption de neutrons en cours de ralentissement.* Note (*) de MM. **Francis Netter** et **Francis Tyrode**, présentée par M. Frédéric Joliot

Le signal de modulation produit par l'oscillation dans le canal axial de la pile de Châtillon, d'un échantillon absorbant placé dans un étui de cadmium, permet d'évaluer les effets dus à la capture des neutrons en cours de ralentissement. La courbe d'étalonnage obtenue avec des épaisseurs croissantes de bore, et confrontée avec la théorie, sert à l'étude de Hf, Sm, Hg, U.

Le dispositif d'oscillation utilisé dans le canal axial de la pile de Châtillon (1) a été modifié pour étudier la réponse de la pile à l'absorption dans diverses substances, des neutrons filtrés par le cadmium, suivant une méthode différente de celle du laboratoire d'Argonne (2).

L'échantillon qui a une épaisseur petite relativement à ses dimensions superficielles ($s = 3{,}6\ \text{cm}^2$), est placé dans un étui de cadmium soigneusement fermé. Afin d'annuler le signal produit par l'absorption des neutrons thermiques dans le cadmium et la suspension, un cylindre compensateur de cadmium est suspendu en-dessous de l'étui, et ajusté de telle façon que la réactivité de la pile soit sensiblement la même pour les deux positions extrêmes du dispositif (*fig.* 1). La tare en graphite est supprimée.

La réponse A du récepteur de signaux à l'introduction d'un échantillon dans l'étui est liée à l'effet des neutrons en cours de ralentissement, dont le flux, isotrope, est donné dans chaque bande d'énergie de largeur dE autour de la valeur E, par l'expression $\varphi_0\ dE/E$, où φ_0 est une constante caractéristique du point d'opération dans la pile (le dispositif d'oscillation étant en place). L'énergie de ces neutrons est comprise entre celle des neutrons de fission E_f et l'énergie moyenne de coupure de cadmium E_{Cd}, qui, pour l'épaisseur utilisée (0,7 mm), est prise égale à 0,4 eV.

L'effet dû au ralentissement des neutrons est négligeable par rapport à l'effet de capture, car les échantillons sont exempts d'hydrogène (bien desséchés) et les noyaux assez légers (oxygène) ne sont pas en nombre suffisant.

Si Q est le nombre de neutrons de toutes énergies au-dessus de E_{Cd} capturés par seconde dans l'échantillon, la réponse de modulation est $A = \lambda_0 Q$, λ_0 étant une constante caractéristique du dispositif. Le calcul de Q pour différentes formes de la fonction $\sigma(E)$, section efficace d'absorption de l'élément considéré pour les neutrons d'énergie E, est effectué dans la Note précédente (3).

(*) Séance du 9 juin 1952.

(1) P. Benoist, L. Kowarski et F. Netter, *Journ. de Phys.*, 12, mai 1951, p. 584.

(2) A. Langsdorf, Jr, *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 1217.

(3) B. Jacrot, F. Netter et F. Tyrode, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2357.

Les valeurs expérimentales de A en fonction du nombre N_B de noyaux de bore contenus dans divers échantillons (B_2O_3 déposé sur aluminium mince) sont portées sur la figure 2. On peut calculer (3) la fonction $A = \lambda N_B C(N_B)$ où $C(N_B)$ tend vers l'unité quand l'échantillon est très mince, et l'on détermine la constante λ pour que la courbe théorique s'accorde au mieux avec les points expérimentaux.

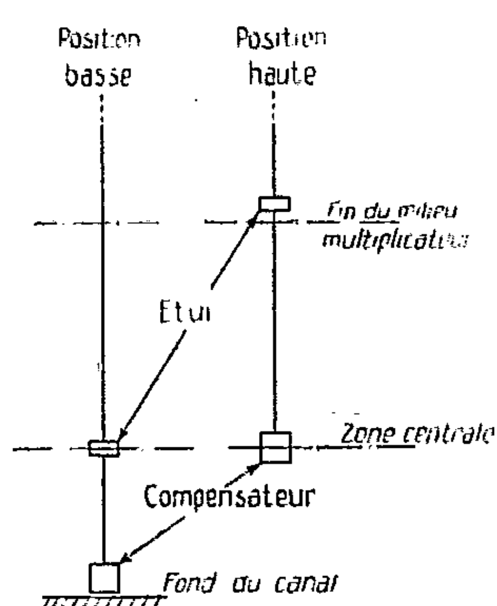


Fig. 1.

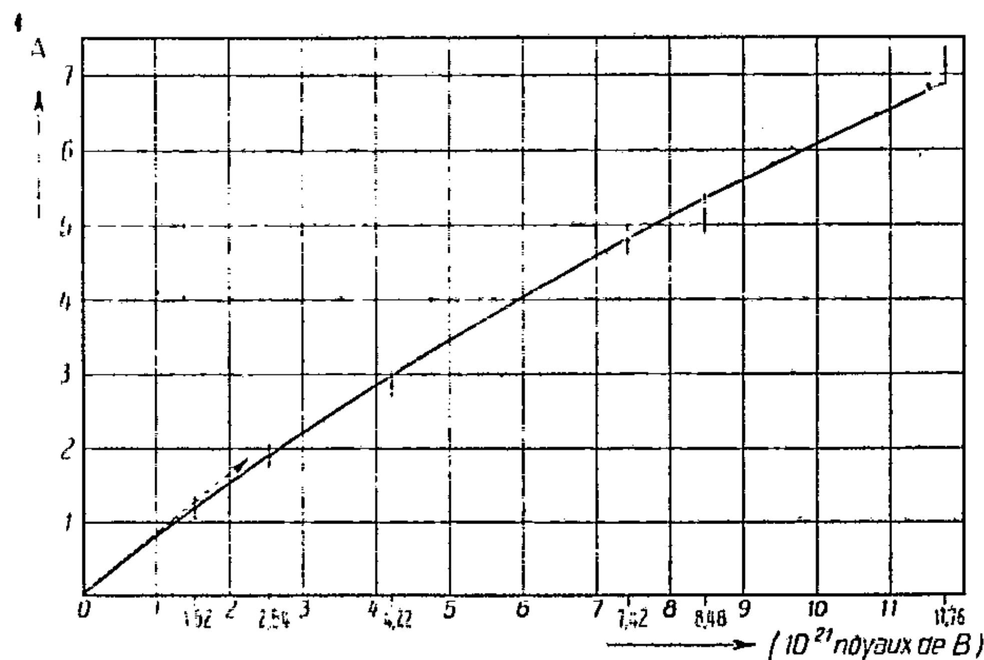


Fig. 2.

Fig. 1. — Positions du dispositif en fin de course.

Fig. 2. — Courbe d'étalonnage.

Cet étalonnage permet alors d'obtenir par comparaison directe avec le bore, la valeur exacte de l'intégrale $I = \int_{E_{Cd}}^{E_f} \sigma(E) \frac{dE}{E}$ pour les corps tels que $\sigma(E)\sqrt{E} = \text{const.}$, ou une valeur approchée lorsque les noyaux considérés ne présentent pas de résonances d'absorption trop accentuées. Ainsi pour Hf (échantillon à 90 ± 3 % de HfO_2, et 10 % de ZrO_2 sans autres impuretés absorbantes), qui présente des résonances (4), le résultat $I = 1\,400 \pm 130$ (en barns, relativement au bore $\sigma_B = 710$ pour les neutrons de vitesse 2 200 m/s) est en bon accord avec la valeur 1 360 b mesurée par Harris et al. (5).

Dans le cas le plus général, on utilise la valeur de

$$\lambda_0 = \frac{\lambda}{2\,\varphi_0 \sigma_B(E_{Cd})} = \frac{2{,}36 \pm 0{,}03}{\varphi_0}.$$

Lorsque l'échantillon est totalement absorbant dans une certaine bande d'énergie, de largeur moyenne ΔE_i autour de l'énergie E_i (cas d'une résonance isolée très accentuée), la réponse partielle $A_i = \lambda_0 \varphi_0 S(\Delta E_i/E_i)$ ne dépend plus de la valeur de I, et la réponse totale fournit une limite L inférieure de la valeur

(4) Circulaire n° 499, N. B. S., U. S. A, Nuclear Data.

(5) S. P. Harris, C. O. Muehlhause et G. E. Thomas, *Phys. Rev.*, 79, 1950, p. 11.

de I. Ainsi pour Sm ([4]) (échantillon de Sm_2O_3 « Specpure » sans autre absorbant) $L = 900 \pm 90\,b$.

Les mesures effectuées sur des échantillons d'uranium d'épaisseurs comprises entre 0,8 et 2,5 mm ([6]) permettent (en négligeant l'effet des fissions rapides) de décomposer dans ce cas l'effet sur la pile en deux termes, l'un d'absorption intense dans des bandes étroites d'énergie, l'autre correspondant à une capture moyenne avec $I = 27,5 \pm 2,5\,b$ (en supposant que pour le premier terme $\Delta E_i/E_i \leqq 2\ \%$).

Pour Hg (échantillon de HgO « Specpure ») qui présente une résonance négative ([4]), ([7]), la mesure fournit une relation entre les coefficients de la formule de Breit-Wigner, en négligeant la contribution d'éventuelles résonances au-dessus de 20 eV. Cette hypothèse est justifiée par l'accord entre la valeur expérimentale du signal : $1,15 \pm 0,15$ et la valeur 1,06 calculée ([3]).

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Réalisation éprouvée d'un générateur électrique pour recherches nucléaires, à très haute tension et à courant de poussières.* Note de MM. **Max Morand**, **André Raskin** et **Léon Winand**, présentée par M. Eugène Darmois.

Principe de réalisation d'un appareil de type industriel, donnant plus de 1000000 V, avec un débit de l'ordre de 1 mA. Le générateur ainsi construit fonctionne de manière parfaitement régulière depuis plus de cinq ans.

Quatre problèmes majeurs (1, support du collecteur; 2, charge des poussières; 3, circuit aérodynamique et nombre des ioniseurs; 4, nature et structure des tubes isolants) et deux autres problèmes également importants (5, nature des poussières; 6, refroidissement) imposent des conditions très strictes à toute réalisation complète et définitive de ce type de générateur, décrit pour la première fois par M. Pauthenier et Mme Moreau-Hanot ([1]). Nous sommes parvenus à donner, à chacun de ces problèmes, une solution convenable et compatible avec les autres, en suivant, depuis le début de nos recherches, les directives résumées ici.

1. On peut faire porter le poids du collecteur et des appareils qu'il contient (environ 1 t) par des colonnes isolantes fixées au sol. Pour éviter une multiplication des parties verticales, il est nécessaire de faire passer le courant de poussières à travers ces colonnes; mais on ne peut être certain, *a priori*, que cette solution soit compatible avec la résolution des problèmes 3 et 4. Pour conserver toute liberté, nous avons adopté une

---

([6]) F. Netter et F. Tyrode, Rapport C. E. A., 1952.

([7]) R. K. Adair, *Rev. Mod. Phys.*, 22, 3, 1950.

([1]) *J. Phys. Rad.*, 8, 1937, p. 193.

autre solution mécanique, d'ailleurs très simple : nous avons suspendu le collecteur au moyen de quatre tiges en bakélite.

2. Le problème de la charge des poussières et de la conservation de cette charge a été étudié par M. Pauthenier ([2]). Nous avons pu augmenter encore le débit de chaque ioniseur et le porter à plus de 300 μA, grâce à une forme géométrique améliorée. Nous avons spécialement étudié le problème de la fixation et de l'isolement des fils fins produisant l'effet couronne. Nous sommes arrivés à une construction robuste, qui n'a donné aucun ennui au cours de plusieurs années de fonctionnement journalier.

3. On peut très facilement placer deux ioniseurs extérieurs au collecteur, au lieu d'un, sur le circuit aérodynamique ([3]). Sans augmenter les pertes de charge, l'un de nous ([4]) a montré comment on peut encore placer deux ioniseurs supplémentaires à l'intérieur du collecteur. Le débit total est ainsi d'environ 1 mA, avec des tubes de 15 à 20 cm de diamètre.

4. C'est la résolution de ce problème qui a soulevé les difficultés les plus graves et qui a demandé les efforts les plus prolongés. Étant donné les hautes tensions auxquelles le collecteur doit être porté, il est bien évident que les tubes où passe le courant de poussières doivent être très isolants. Mais, si la résistivité électrique de la matière utilisée est trop élevée et si l'épaisseur de la paroi des tubes est trop grande, des charges électriques considérables s'accumulent sur la face interne des tubes; le champ électrique qu'elles engendrent s'ajoute au champ créé par la colonne de poussières chargées et produit, à la sortie des ioniseurs, un effet couronne parasite qui décharge immédiatement les poussières : après quelques minutes de fonctionnement, le débit du générateur tombe pratiquement à zéro. La solution consiste dans l'emploi d'une substance aussi mince que possible, isolante, mais cependant assez conductrice pour éliminer spontanément ces charges parasites, au voisinage des ioniseurs, par simple conductibilité. Nous avons dû faire des dizaines d'essais, tous plus ou moins infructueux, avant de trouver une solution parfaite à tous points de vue. Elle consiste en tubes de papier, faits et collés au laboratoire et montés sur des armatures légères en bakélite fortement ajourée; ces armatures, en forme de grilles, servent uniquement à empêcher l'éclatement ou l'aplatissement de ces tubes, qui sont dépourvus de résistance mécanique. On peut facilement réaliser des tubes de 3 m de long, tenant entre leurs extrémités une différence de potentiel de plus de 1 million de volts. Si une étincelle perce le papier, ce qui est très rare, le trou peut être très facilement rebouché.

([2]) *Rev. Gén. Élec.*, 45, 1939, p. 583.

([3]) M. Morand et A. Raskin, *Bull. Soc. Roy. Sc. de Liège*, nos 3-4, 1938, p. 176.

([4]) A. Raskin, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 270.

5. La poussière que nous avions initialement utilisée provenait du dépoussiérage de centrales fonctionnant au charbon pulvérisé. Mais, au bout de plusieurs mois de fonctionnement, une conductibilité anormale des tubes isolants est apparue et a augmenté jusqu'à ce qu'elle ait rendu ceux-ci inutilisables. Elle était due à des traces de substances chimiques (sels ou acides dérivés du soufre), déposées à la surface interne des tubes et provenant manifestement des poussières. Après plusieurs essais systématiques, nous avons adopté une poussière de verre extrêmement fine, qui a donné le rendement le plus élevé et qui ne provoque aucun ennui.

6. La puissance mise en jeu dans le circuit aérodynamique détermine une élévation rapide de la température de la machine. Ce fait favorise un parfait fonctionnement du générateur, quelles que soient les conditions hygrométriques extérieures. C'est un avantage très appréciable en faveur de ce type de générateur électrostatique. Il est toutefois nécessaire d'arrêter cette élévation de température aux environs de 65°. Sur le circuit aérodynamique, nous avons disposé, après calcul, plusieurs réfrigérateurs à eau, produisant le résultat demandé.

Le générateur que nous avons construit est très robuste. De type industriel, il fonctionne régulièrement depuis plus de 5 ans. Il donne une tension supérieure à 1 million de volts et son débit utilisable est de l'ordre de 1 mA. Il opère sur un tube à accélération d'ions pour recherches nucléaires, mais pourrait aussi servir à des études d'électrotechnique.

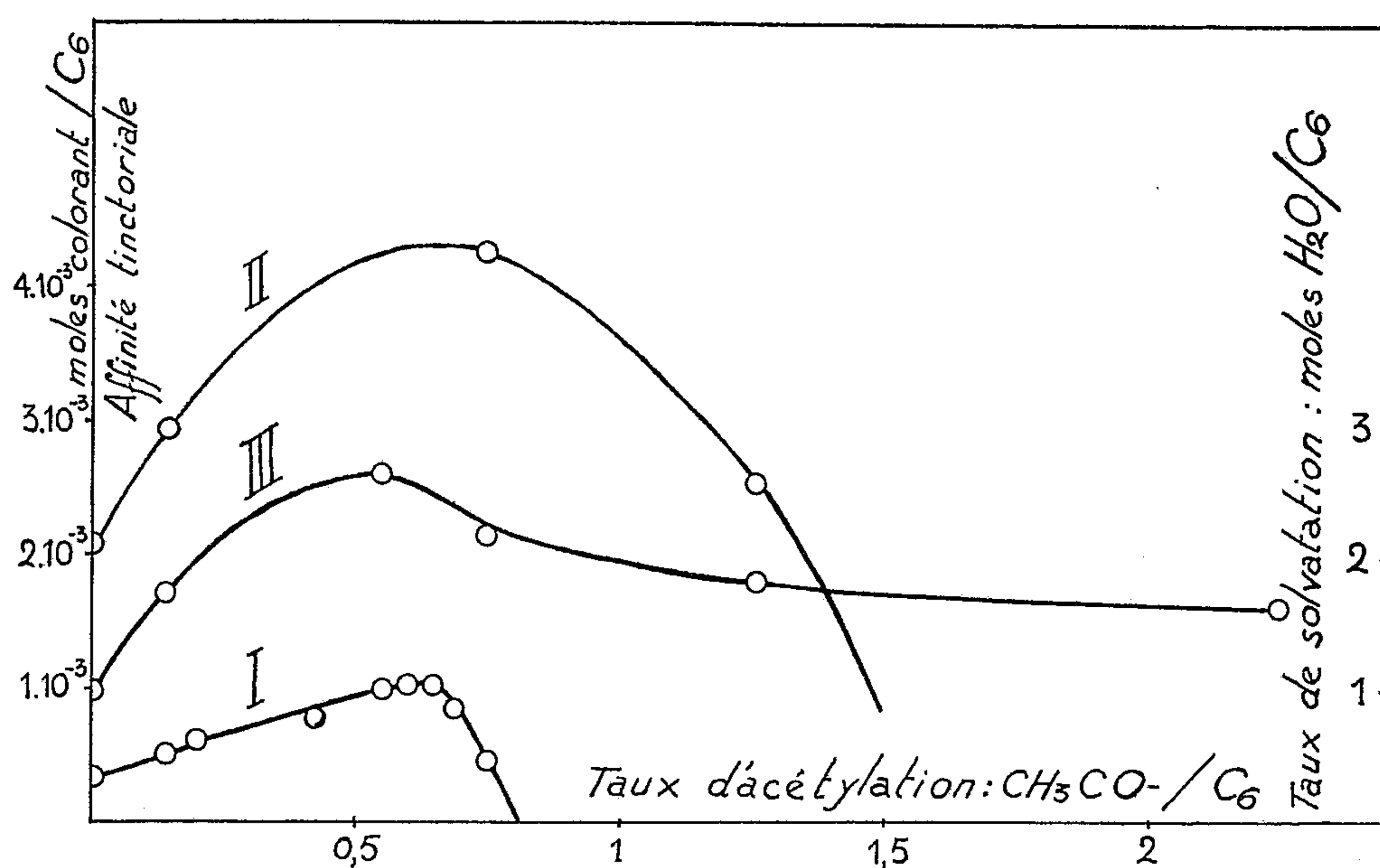
La tension et le débit donnés par ce type de générateur sont particulièrement stables : ses variations de tension sont inférieures à 1 %. C'est le second avantage qui s'attache nettement à cette machine, pour des recherches fines de Physique nucléaire. Nous étudions actuellement une stabilisation très poussée de la tension, grâce à la mise en œuvre d'un dispositif électronique automatique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Relation entre l'affinité tinctoriale et le taux de solvatation de la cellulose progressivement acétylée.* Note (*) de MM. **Claude Mayrargue** et **René A. Pâris**, présentée par M. Pierre Jolibois.

En accord avec ce qui avait été observé pour les acétates de cellulose progressivement désacétylés par saponification homogène, les auteurs constatent que l'affinité vis-à-vis des colorants directs de la viscose progressivement acétylée passe par un maximum qui correspond sensiblement à celui du taux de solvatation par l'eau.

(*) Séance du 9 juin 1951.

Dans des études publiées antérieurement ([1]), ([2]), il avait été montré que les fils d'acétate de cellulose saponifiés progressivement par l'ammoniaque de façon microscopiquement homogène, accusaient d'abord une affinité croissante vis-à-vis des colorants directs jusqu'à une composition voisine du monoacétate; cette affinité diminuait ensuite très nettement jusqu'à la cellulose régénérée. Ce maximum d'affinité tinctoriale, qui ne pouvait s'interpréter par aucune variation anormale de la surface ou du volume de la fibre sèche ([3]), coïncidait, par contre, avec celui du taux de solvatation de la fibre gonflée par l'eau ([4]).



Courbe I. — Affinité tinctoriale pour le bleu ciel direct verdâtre.
Courbe II. — Affinité tinctoriale pour la benzopurpurine. *Courbe* III. — Taux de solvatation.

Afin de voir dans quelle mesure les acétates de cellulose obtenus par acétylation progressive seraient susceptibles de confirmer les observations que nous venons de rappeler, nous avons soumis des fils de viscose, non séchés après filature, à une acétylation très ménagée par l'anhydride acétique en présence de traces d'acide sulfurique et à la température ambiante. Le taux d'acétylation dépendait de la durée de réaction ([5]). Après ce traitement, les acétates obtenus étaient lavés soigneusement

([1]) J. Rosset et R. Pâris, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 663.
([2]) J. Rosset et R. Pâris, *Bull. Soc. Chim.*, 17, 1950, p. 334.
([3]) J. Rosset et R. Pâris, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 920.
([4]) J. Rosset et R. Pâris, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1486.
([5]) Vermaas et Hermans, *J. Polym. Sc.*, 4, 1947, p. 397.

à froid par l'alcool, puis stabilisés par une ébullition de 4 h en milieu alcoolique et enfin séchés à l'air.

La série d'échantillons ainsi préparés, dont la teneur en acide acétique variait de 0 à 52,5 %, a été soumise à la teinture par trois colorants directs : le bleu ciel direct verdâtre, l'orange chlorantine lumière et la benzopurpurine. La teneur en colorant fixé par la fibre était ensuite dosée colorimétriquement après désorption par le mélange eau-pyridine. Tous ces essais furent effectués dans les conditions décrites précédemment ([2]). Par ailleurs, le degré de solvatation par l'eau pour les divers échantillons a été déterminé suivant la technique de Champetier ([6]).

Sur la figure, où nous avons reporté les courbes d'affinité tinctoriale pour les deux colorants dont nous connaissions la formule (le troisième se conduit d'ailleurs comme le bleu ciel), ainsi que la variation du degré de solvatation, nous constatons qu'il y a bien encore une relation évidente entre ces deux phénomènes. Comme pour les acétates partiellement saponifiés, l'affinité tinctoriale passe par un maximum très net dans le cas des viscoses progressivement acétylées et ce maximum correspond encore aux acétates présentant la plus forte teneur en eau de solvatation.

Ces nouveaux résultats apportent donc une confirmation utile aux conclusions des études antérieures ([1]) à ([4]), à savoir que, dans le domaine où l'accessibilité de la fibre est suffisante (gonflement appréciable), les possibilités de fixation d'un colorant direct évoluent parallèlement aux liaisons disponibles que dénombre le taux de solvatation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude de la chromatographie sur papier des complexes cuivriques des picolines et des lutidines.*

Note de M[lle] **Jeannine Baudet**, transmise par M. Paul Pascal.

Cette méthode d'analyse très rapide d'un mélange de bases pyridiques permet aussi d'en connaître approximativement la composition. C'est en outre une méthode très sensible qui peut servir à vérifier la pureté d'un produit commercial.

Il est difficile de préparer au laboratoire les homologues méthylés de la pyridine à l'état pur, si l'on excepte la picoline α. Procédant par distillation fractionnée des résidus de distillation des goudrons de houille, on peut cependant les séparer en : une fraction 135-148° constituée par les picolines β et γ et la lutidine-2-6; une fraction 148-162° constituée par les lutidines-2-3, 2-4 et 2-5; au-dessus de 170°, on note la présence d'aniline et de ses homologues qu'il faut alors éliminer.

Pour caractériser ces fractions, nous avons chromatographié sur papier

([6]) *Ann. Chim.*, 20, 1933, p. 5.

leurs complexes cuivriques. En fait, on forme directement les complexes sur le papier, puis on réalise le développement chromatographique avec de l'éther. Voici le mode opératoire suivi :

Il faut d'abord imbiber le papier d'une solution de chlorure cuivrique. Nous avons utilisé une solution glycérique composée de chlorure cuivrique : 5 g; glycérol : 20 cm^3; eau : 100 cm^3, analogue au réactif utilisé par MM. Vignes et Chervet (1) pour leur chromatographie sur colonne d'alumine activée. Après avoir mis ce papier quelques heures sous presse, on le laisse sécher à l'air.

On en utilise une bande de 20 cm de haut et de 2 cm de large environ, on y dépose à l'extrémité une goutte du mélange à étudier et réalise le développement avec de l'éther en atmosphère saturée du solvant : à cet effet, une couche d'éther est mise au fond d'un long récipient en verre, fermé par un bouchon de liège solidaire d'un petit bécher, où l'on verse le solvant; on y immerge l'extrémité du papier qui doit être maintenu bien vertical; le développement complet requiert 20 à 30 minutes.

Les produits purs sont caractérisés par des teintes différentes :

La picoline α par une coloration verte;
La picoline β » orangée;
La picoline γ » bleu vif;
La lutidine-2-6 » mauve;
La lutidine-2-3 » réséda;
La lutidine-2-4 » pétrole (bleu pétrole).
La lutidine-2-5 par une coloration bleu pâle (très probablement).

Si la lutidine-2-4 conservée en flacon bien hermétique est caractérisée par une bande pétrole, dès qu'on en laisse une goutte quelques heures à l'air elle donne une coloration violette intense (caractéristique de la lutidine-2-4 oxydée). D'ailleurs, le complexe pétrole lui-même vire rapidement au violet sous l'action d'un courant d'air comprimé; on peut empêcher, ou tout au moins retarder, l'apparition de la teinte violette en ajoutant à la lutidine-2-4 une goutte d'un antioxygène (solution d'hydroquinone).

Si l'on analyse par ce procédé chromatographique les fractions résultant de la distillation primitive, on voit alors se former après développement plusieurs zones colorées : dans la fraction 135-148°, on distingue de bas en haut :

1° une bande bleu intense caractérisant la picoline γ;
2° une bande orangée caractérisant la picoline β;
3° une bande mauve caractérisant la lutidine-2-6.

Dans la fraction 148-162°, on observe de bas en haut :

1° une bande bleu pâle caractérisant la lutidine-2-5;

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1419.

2° une bande violette caractérisant la lutidine-2-4 (oxydée);

3° une bande réséda caractérisant la lutidine-2-3.

D'autre part, nous avons vérifié que les longueurs relatives des différentes bandes sont proportionnelles à la quantité de la base pyridique que renferme le mélange. Nous avons opéré sur des mélanges de pyridine pure caractérisée par une teinte bleue et de picoline α pure caractérisée par une teinte verte. Les mesures sont naturellement assez grossières.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Épitaxies de cristaux organiques par sublimation sur la blende.* Note (*) de M. **Jean-Claude Monier**, présentée par M. Charles Mauguin.

Les épitaxies d'ortho, de para aminophénol et de diméthylglyoxime par sublimation sur la blende sont décrites. Elles permettent d'étudier la répétition de la macle du support et d'évaluer la dimension des plages homogènes. En outre on fait la description d'une macle de la diméthylglyoxime produite par l'épitaxie sur la blende.

Nous avons utilisé comme support les clivages $b^1(110)$ d'un gros échantillon de blende claire de Picos de Europa.

Ce bloc ne présente que de rares faces naturelles accompagnées de facettes en zone formant des angles rentrants dus aux macles répétées.

Au microscope, nous avons tout d'abord recherché, sur les fragments clivés, les phénomènes décrits par Brauns [1] et par Hautefeuille [2] concernant la détection optique des macles.

Nous n'avons pas trouvé que les bandes biréfringentes ou les bandes plus ou moins foncées en lumière naturelle indiquent les macles avec certitude. En revanche, les épitaxies se révèlent très sensibles. Aussi avons-nous été conduit à distinguer deux phénomènes dans l'étude d'épitaxies sur la blende.

D'une part, la coexistence dans une même plage des orientations I dues à un même groupe épitaxique et qui se déduisent les unes des autres par les opérations de symétrie du réseau plan porteur.

D'autre part le passage brusque des orientations I à des orientations II symétriques des premières par rapport à une rangée $[\bar{1}12]$.

Les séparations entre I et II sont des droites parallèles à la direction des bandes et à la rangée $[\bar{1}12]$ qui est la trace du plan $(\bar{1}1\bar{1})$ sur b^1. Les plages I et II sont donc caractéristiques de cristaux de blende maclés. Elles traversent tout le fragment clivé et ont une largeur variant de $10\,\mu$ à quelques millimètres.

Nous avons fait sur b^1 des figures de choc qui produisent des amorces de

---

(*) Séance du 9 juin 1952.

(1) *Die Optischen Anomalien der Krystalle*, Leipzig, 1891.

(2) *Comptes rendus*, 93, 1881, B, p. 774.

clivages. Deux clivages sont obliques sur b^1 et leurs traces sont suivant les directions des rangées $[\bar{1}11]$ et $[\bar{1}1\bar{1}]$ et ressemblent à de gros traits noirs. Le troisième est perpendiculaire sur b^1 et sa trace qui est alors très fine a la direction de la rangée [001] qu'elle caractérise.

Lorsque les plages I et II sont assez étendues, on peut faire dans chacune d'elles des figures de choc qui confirment bien la présence de la macle.

Les orientations I que nous avons obtenues sont les suivantes :

Orthoaminophénol. — L'orthoaminophénol est orthorhombique. L'accolement se fait avec (010) parallèle à b^1 de la blende. Les cristaux de 5 à 25 μ de côté sont limités par les rangées [101] faisant entre elles 85°30′. Nous observons deux orientations symétriques par rapport à la rangée $[\bar{1}10]$ de la blende. Une rangée [101] = 10,69 Å de l'orthoaminophénol est parallèle à $[\bar{1}10] = 3,82_5$ Å de la blende avec un écart moyen de 45′. La rangée [100] = 7,85 Å du dépôt se place à 33′ en moyenne de $[\bar{3}34]$ et $[\bar{3}3\bar{4}]$ = 15,77 Å de la blende.

Paraaminophénol. — Le *p*-aminophénol est orthorhombique. Nous avons trois groupes d'orientations de bâtonnets dont le grand côté (environ 8 μ) est parallèle à leur grand indice. (100) est leur plan parallèle à b^1 de la blende.

1° 70 à 80 % des cristaux orientés sont allongés parallèlement à [001] de la blende et les paramètres qui correspondent sont : [001] = 5,41 Å de la blende suivant [001] = 5,32 Å du *p*-aminophénol et 2 × $[\bar{1}10]$ = 7,65 Å de la blende suivant [010] = 8,25 Å du dépôt;

2° Le deuxième groupe fait coïncider $[\bar{1}11]$ = 9,36 Å de la blende avec [010] = 8,25 Å du *p*-aminophénol et $[\bar{1}12] = 6,62_5$ Å du support avec [001] = 5,32 Å du dépôt à ± 2° près;

3° Le troisième groupe donne la superposition de $[\bar{2}21]$ = 16,23 Å de la blende et de [001] du dépôt, puis de $[\bar{1}11]$ du support et de [011] = 9,81 Å du dépôt à ± 2° près.

Ces deux derniers groupes, lorsqu'ils apparaissent, sont aussi fréquents l'un que l'autre.

Diméthylglyoxime. — La diméthylglyoxime est monoclinique. Les cristaux de 10 μ sur 3 μ ont n_g suivant leur allongement et n'existent ici que maclés. On trouve toujours deux cristaux s'interpénétrant et faisant entre eux un angle de 64° ± 1° évalué statistiquement à cause des difficultés de mesures. La ligne de contact entre les deux est parfois rectiligne et dirigée suivant la bissectrice de l'angle aigu, la plupart du temps elle est quelconque. Les directions d'allongement de ces cristaux sont [010] = 6,39 Å ([3]), elles sont symétriques par rapport à la rangée [001] de la blende et ne se superposent pas exactement à

([3]) J. C. Monier, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1185.

$[\bar{1}12] = [\bar{1}1\bar{2}] = 6{,}62$ Å de la blende malgré le bon accord paramétrique. L'angle des rangées $[\bar{1}12]$ et $[\bar{1}1\bar{2}]$ de la blende est en effet de 70°30′.

Nous pensons que ces cristaux forment une macle dont le plan est défini par les rangées [100] et [043]. Elle conduit (100) à être à peu près le même plan dans les deux cristaux et [001] à être pseudo-normale au plan de macle défini. Cette macle peut être favorisée par l'existence dans la blende, de part et d'autre de sa rangée [001], des rangées $[\bar{1}12]$ et $[\bar{1}1\bar{2}]$ qui sont à 35°15′ de [001]. Elles impriment au cristal une orientation moyenne et la correspondance de $[043] = 21$ Å du dépôt avec $4 \times [001] = 21{,}64$ Å de la blende.

Ces résultats, nouveaux comme tels, montrent, de plus, que l'on peut étudier en détail, au moyen d'épitaxies, des surfaces de clivage de blende. Ainsi l'inventaire de nombreux clivages b^1 de cette espèce nous a montré l'existence de lamelles ayant seulement 10 μ de largeur apparente.

D'autre part, il est important de noter que la blende a une action particulière sur la diméthylglyoxime qui n'a jamais présenté ce phénomène sur les autres supports déjà étudiés ([3]).

GÉOLOGIE. — *Évolution de la matière organique au cours du métamorphisme de l'Albien des Pyrénées.* Note de MM. **Marcel Louis** et **Jean Ravier**, présentée par M. Charles Jacob.

Dans les Pyrénées centrales et orientales, les terrains secondaires, l'Albien en particulier, ont subi des transformations plus ou moins intenses à l'intérieur d'une bande située aux abords du versant Nord de la zone axiale ([1]). C'est ainsi qu'à l'Est de l'Aude, par exemple, on trouve toutes les transitions entre l'Albien non métamorphique et des faciès profondément modifiés en sortes de cornéennes (« Faux basalte », ou « Faciès de Rodome » des stratigraphes). Nous avons étudié l'évolution de la matière organique que contiennent ces terrains sous l'influence du métamorphisme croissant.

Les roches qui constituent l'Albien non métamorphique ont une composition minéralogique et chimique relativement variable. Différents auteurs les ont décrites sous le nom de « schistes » ou de « marnes », mais, en réalité, ce sont les calcaires gréseux qui dominent dans toute cette région. On rencontre accessoirement, dans ces calcaires, des phyllites variées, de la glauconie, de la tourmaline détritique et des minerais; l'analyse chimique y révèle encore des traces de sulfates. A côté de ce type moyen calcaro-gréseux, on trouve plus rarement de véritables grès et aussi des schistes non calcaires.

Un très fin pigment de matière organique parsème toutes ces roches et leur donne une couleur noirâtre.

Le type le plus représentatif de l'Albien métamorphique (Faciès de Rodome) est une roche noire compacte et dure dans laquelle on voit au microscope du quartz et de la

([1]) M. Longchambon, *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, n° 131, 21, 1911.

calcite finement recristallisés, et de la biotite en petites plages généralement non orientées; des wernérites, du diopside, du sphène, des feldspaths et de l'épidote s'y développent fréquemment.

Quant à la matière organique, elle est toujours aussi abondante que dans l'Albien non transformé; bien que pigmentant encore uniformément la roche dans certains cas, elle se montre le plus souvent agglomérée en petits granules, ou incluse à l'intérieur de certains minéraux de métamorphisme (wernérites, diopside, etc.).

Pour juger de l'évolution et du changement de nature possible de cette matière organique avec le métamorphisme, nous avons analysé deux échantillons de calcaires gréseux albiens fortement pigmentés. L'un (n° 1) est intact de toute transformation et provient d'Axat (Aude); l'autre (n° 2) présente un faciès de cornéenne caractéristique, et a été prélevé au Nord de Montfort (Pyrénées-Orientales).

	N° 1. Roche non métamorphique.	N° 2. Faciès de cornéenne.
Extraction $CHCl_3$	0	0
Carbone minéral (carbonates)	5,30 %	9,24 %
Carbone organique C_0	0,98 %	1,43 %
Azote total N	0,065 %	0,036 %
Pouvoir réducteur PR	0,95	0,72
$\frac{C_0}{N}$	15	39,4
$\frac{100N}{PR}$	6,84	5
$\frac{PR}{C_0}$	0,96	0,5

Il ressort tout d'abord de ce tableau que la roche métamorphique n° 2 contient davantage de carbone organique que la roche intacte n° 1; il s'agit probablement là d'une différence originelle. Mais il faut retenir de cette constatation que le carbone organique continue d'être présent dans la cornéenne, et que, par conséquent, la matière organique n'a pas été détruite lors du métamorphisme.

En ce qui concerne les modifications apportées à la nature de cette matière organique, on peut noter qu'il y a eu départ de plus de la moitié de l'azote total, ce qui apparaît dans le rapport C_0/N, et que le pouvoir réducteur, rapporté au carbone organique (PR/C_0), a été diminué de moitié. Cet affaiblissement du pouvoir réducteur indique que la matière organique s'est appauvrie en hydrogène au cours du métamorphisme, et que l'évolution se fait vers des corps de plus en plus riches en carbone.

Il semble donc que le degré d'évolution de la matière organique dans les roches permette d'apprécier l'intensité du métamorphisme qu'elles ont subie. Nous avons l'intention de poursuivre nos recherches dans ce sens.

GÉOLOGIE. — *Les éruptions volcaniques de l'Harouj el Assoued (Sahara oriental).*
Note de MM. **Pierre Bellair, Jean-Michel Freulon** et **Jean-Philippe Lefranc**, présentée par M. Charles Jacob.

L'énorme épanchement volcanique de l'Harouj el Assoued, à la limite de la cuvette fezzanaise et de la cuvette libyque, s'étend sur une surface qui n'est pas inférieure à 25 000 km^2. Il reste très mal connu, malgré plusieurs reconnaissances de savants italiens qui ont observé au Sud comme au Nord deux émissions successives de basaltes. L'extrême rareté des puits permanents, la difficulté des parcours, l'absence de pâturages opposent à l'exploration de sérieux obstacles.

Nous avons pu, après une reconnaissance de l'un de nous (J. P. L.), le traverser à nouveau d'Ouest en Est, à environ 150 km de sa terminaison méridionale, soit vers 27°30′ de latitude Nord. Cette traversée rapide nous a montré des faits qui, bien que n'ayant peut-être qu'une signification locale et ne pouvant être certainement étendus à tout le massif, méritent d'être exposés.

A l'Ouest, et jusque vers l'axe Nord-Sud du massif, on observe des coulées de basalte qui, bien qu'apparemment intactes, montrent une décomposition superficielle certaine en gros blocs épars. C'est ce que nous appellerons le vieux basalte β^1. Il s'agit d'une énorme *planèze*, provenant probablement d'éruptions de type fissural, ayant inondé le plateau éocène marin qui la supporte et débordé dans les vallées adjacentes.

Vers l'axe du massif, le paysage change. On circule sur des plateaux à surface scoriacée, souvent couverte de projections. Nous appellerons ce niveau β^2. De multiples dépressions sans écoulement (graret) sont remplies d'une matière pulvérulente, dont l'aspect rappelle le lœss, et qui se craquèle dans les fonds où s'accumule l'eau après les pluies : c'est une formation complexe où les cendres volcaniques peuvent jouer un rôle important.

A la surface de ces plateaux surgissent des volcans intacts, à manifestations subactuelles (telle la solfatare d'El Kebrit où le soufre natif est en surface), qui donnent naissance à des coulées basaltiques peu étendues β^3, nettement superposées aux dépôts précédents. Ces volcans ont l'aspect de cônes surbaissés, de type sans doute hawaïen, ou de constructions stromboliennes avec traces d'explosions.

Vers l'Est, le paysage change encore : on observe alors des cônes de cendres rougeâtres, encore très frais quoique des ravinements aient par places entamé les pentes, avec de nombreuses bombes éparses à la surface des plateaux. Les coulées des volcans précédents sont postérieures et

superposées aux cendres. D'autre part, les constituants cinéritiques de ces volcans sont à comparer à ce que l'on observe dans les grarets qui parsèment la surface des plateaux de la zone centrale.

Enfin, sur les bords du Désert Libyque où, à cette latitude, affleure le grès nubien, on retrouve des coulées moins fraîches qu'il faut sans doute interpréter comme la réapparition du basalte β^1.

La succession dans le temps s'établit donc ainsi sur le 27ᵉ parallèle :

1° une première phase d'inondation basaltique a dû recouvrir tout le plateau éocène en s'épanchant à l'Est jusqu'aux grès nubiens qui forment là le soubassement du Serir de Calancho;

2° une deuxième phase, également basaltique, terminée par des explosions, a recouvert une grande partie du basalte ancien. Mais cette superposition n'est pas toujours évidente, et il n'est pas absolument certain que l'ensemble 1 et 2 forme deux phases nettement séparées dans le temps;

3° une phase franchement explosive, caractérisée à l'Est par des volcans à produits cinéritiques, succède à ces phases d'inondation;

4° une phase finale montre, à partir de petits cônes ne dépassant pas 150 à 200 m d'altitude, des coulées très fraîches, localisées, de quelques kilomètres de développement au plus, et dont beaucoup, malgré la faible altitude relative des cônes, prennent naissance à la base de ceux-ci, ce qui semble impliquer une médiocre pression de sortie pour les laves finales.

Rien ne nous permet encore d'attribuer un âge précis à ces divers épisodes. Au plus peut-on supposer que les dépôts de graret, en partie éoliens et lœssiques, marquent une période quaternaire sèche. Ils seraient antérieurs aux basaltes finaux, et postérieurs aux basaltes β^1 — β^2 et aux cinérites, au moins à l'Est du massif.

Deux faits nous amèneraient à croire que tout ce volcanisme est récent, au plus pliocène : la fraîcheur relative des coulées les plus anciennes nullement démantelées d'une part, la certitude d'autre part qu'un relief général voisin de l'actuel existait déjà lors des premières éruptions, comme en témoigne l'emprunt de certains thalwegs par les coulées β^1. Mais cela doit toutefois être tempéré par notre incertitude des actions de l'érosion aride sur de telles formations : le Désert Libyque est une entité géographique fort ancienne qui n'a été que peu touchée par les périodes humides quaternaires, et il est fort possible, sinon probable, qu'un tel climat favorise particulièrement la conservation des formes précaires de reliefs que sont les édifices volcaniques. Nous ne pensons cependant pas que dans l'Harouj, les éruptions aient commencé dès l'Oligocène comme Kanter l'a admis plus au Nord.

GÉOLOGIE. — *Le Pliocène de la Vallée du Sous* (*Sud-Marocain*). Note de M. **Robert Ambroggi**, transmise par M. Paul Fallot.

Les dépôts néogènes du versant Nord de la Vallée du Sous sont constitués par des conglomérats continentaux. Mais quand on aborde, venant de l'Est, la région d'Agadir, on observe dès l'oued Lahouar, à la base de ces dépôts, la succession suivante de haut en bas :

1° Marnes rose-saumon, calcaires lacustres et conglomérats à éléments crétacés et pliocènes.
Discordance.

2° Grès et calcaires coquilliers à éléments détritiques (Grès de Tildi) à *Ostrea lamellosa* Broc, *Trochatella trochiformis* Lk.........................5 à 10 m.

3° Argiles rouges..2 à 5 m.
(Cette formation est parfois absente.)
Discordance.

4° Marnes sableuses ou gréseuses, grès jaunes se chargeant en galets d'Est en Ouest avec, à la base, un niveau de fossiles à test ocre, caractéristique par sa constance et contenant : *Pecten planomedius* Sac, *Pecten benedictus* Lk, *Lissochlamys excisa* Bronn, *Lissochlamysexcisa* var. *perstriatula* Sac, *Cardium hians* Broc, *Ostrea lamellosa* Broc, *Rotalia becarii* Lk, *Cibicides dutemplei* d'Orb, etc...30 à 40 m.

5° Marnes bleues ou grises, jaunâtres en surface par oxydation, à faune identique à la précédente avec abondance de *Lissochlamys excisa* Bronn, et de *Cardium hians* Broc.. 100 m.
Discordance.

6° Formations du Crétacé supérieur.

Les marnes bleues du niveau 5, faiblement représentées aux affleurements (ravin de Tildi, réservoir), ont été recoupées sur une grande épaisseur par deux sondages situés à 1 km au Sud d'Agadir. Un de ces sondages, notamment, après avoir traversé sur 100 m les sables coquilliers à *L. excisa*, *C. hians*, *P. planomedius*, etc., a pénétré dans les marnes bleues jusqu'à la profondeur de 630 m et a été arrêté dans cette formation. La microfaune, étudiée par le laboratoire de la Société chérifienne des Pétroles, a fourni notamment : *Bulimina inflata* Seg, *Gœsella miocenica* Cush, *Reussella californica* Cush et Good, *Valvulina davidiana* Chap, *Gyroïdina soldani* d'Orb, *Textularia sagittula* Def, *Bulimina pupoïdes* d'Orb, *Globigerina bilobata* d'Orb.

Le niveau 1 n'a jamais encore fourni de faune de mammifères. Par sa position, il pourrait représenter le Villafranchien. D'après G. Lecointre, les fossiles du niveau 2 représenteraient une faune appauvrie du Pliocène, dont d'aucuns voudraient même faire du Calabrien ; la faune des niveaux 4 et 5 ainsi que celle rencontrée dans les cent premiers mètres des sondages serait

spécifique du Pliocène ancien ([1]), sans qu'il soit possible de différencier les faciès astien et plaisancien; la série inférieure des marnes bleues du niveau 5, reconnue sur 500 m grâce au sondage, a fourni une abondante microfaune dont aucun élément n'est caractéristique. Tout au plus peut-on affirmer que, dans son ensemble, elle est très jeune et correspondrait au « Sahélien » ou au Pliocène. Les niveaux 2 à 5 passent latéralement vers l'Est à des formations continentales puissantes (400 m) et permettent ainsi de dater avec certitude un Pliocène ancien continental.

Ces nouvelles observations conduisent aux conclusions suivantes :

1° Le Miocène marin caractérisé est absent aux affleurements, ce qui exclut toute possibilité d'en induire, dans le Sous, une phase tectonique post-pontienne ([2]).

2° La mer du Pliocène ancien dessinait un golfe prononcé dans la région d'Agadir où une fosse a subi un affaissement durant toute cette période, pendant que, plus en amont, le sillon sud-atlasique recevait de puissants dépôts détritiques.

3° Les séries conglomératiques redressées de la bordure atlasique, attribuées jusqu'alors à l'Oligo-Miocène ou au Pontien ([3]), sont pliocènes, d'Agadir à Ameskhoud, où on les suit sans discontinuité. Plus à l'Est, bien qu'il y ait interruption entre Ameskhoud et Mnizla, des formations continentales identiques surmontant en discordance l'Eocène, le Crétacé ou le Jurassique doivent être considérées, au moins en partie, comme pliocènes.

4° Une phase tectonique, très nette dans cette région, s'est produite à la fin du Pliocène ancien (phase post-astienne et anté-villafranchienne).

GÉOLOGIE. — *Essais de purification de bauxites riches en constituants ferrugineux.* Note de MM. **Boris Choubert**, **Stéphane Hénin** et **René Bétrémieux**, présentée par M. Raoul Combes.

L'étude géologique des bauxites de la Guyane Française ([1]) a permis de relever quelques exemples frappants de blanchiment du minerai. En effet les plateaux bauxitisés présentent fréquemment en surface des dépressions remplies d'eau pendant la majeure partie de l'année; les végétaux en putréfaction s'y accumulent et les blocs recueillis dans ces cuvettes ont une teneur en alumine nettement supérieure à celle du revêtement latérito-bauxitique environnant.

Cette observation maintes fois répétée nous a laissé croire que le processus

([1]) G. Lecointre, *C. R. somm. S. G. F.*, (5), 1947, p. 86.
([2]) G. Choubert, *B. S. G. F.*, (5), 15, 1945, p. 677-764.
([3]) G. Choubert, *Notes et mémoires, Serv. Géol. Maroc*, 1950, 3, p. 17-89.

([1]) Entreprise par le Bureau Minier Guyanais avec la collaboration de l'Office de la Recherche scientifique d'Outre-Mer.

de fermentation des végétaux en milieu humide avait une action sur le blanchiment du minerai. Nous avons fait sur place à la température ambiante de 26° environ quelques essais sur de la bauxite broyée (passée au tamis 14) dans des bocaux de verre remplis d'eau marécageuse contenant une assez grande quantité de végétaux poussant en bordure des savanes inondées (*Homolepis aturensis Chase*) ([2]). Les doses respectives étaient de 1 l d'eau pour 100 g de bauxite. A partir du 8e jour une pellicule colorée par l'oxyde de fer se forma à la surface de l'eau pH 6,6. Après un mois de traitement l'analyse a permis d'établir les différences de composition suivantes : ([3]).

		Al_2O_3.	Fe_2O_3.	FeO.	MnO.
Mahury.	Avant traitement	34,40	36,60	0,35	0,03
	Après »	36,05	29,25	0,60	0,02
Fourgassié.	Avant traitement	43,55	24,35	0,25	0,09
	Après »	45,05	22	0,45	0,10

soit une élimination de 20 % du fer ferrique dans le premier cas et de 10 % dans le second confirmant ainsi l'hypothèse déduite de l'observation sur le terrain.

Ces essais ont été repris au Laboratoire des sols du C. N. R. A. de Versailles où des expériences analogues sur la mise en solution du fer dans les sols avaient donné des résultats très démonstratifs ([4]), ([5]). Après quelques tâtonnements, l'expérience suivante a été mise en marche.

2,5 g de bauxite de Fourgassié finement broyés ont été mélangés avec des métabolites et amenés à une humidité voisine de l'humidité équivalente. La masse est abandonnée six jours à l'air à température ordinaire, en atmosphère humide. Elle est ensuite introduite dans un erlenmeyer et le volume total amené à 125 cm³. La fermentation pendant un mois à 34-35° en anaérobiose, assurée par une couche d'huile de vaseline, a modifié le milieu ainsi qu'il ressort des analyses suivantes :

	Métabolites.		Éléments dissous Fe_2O_3 (mg).	Al_2O_3 (mg).	pH du jus frais.
A.	Glucose (1 g) et $SO_4(NH_4)$ (200 mg)	sans CO_3Ca	1,95	5,2	3,6
		avec 200 mg CO_3Ca...	0,22	0,5	4,8
B.	Glucose (1 g) et urée (200 mg)	sans CO_3Ca	8,30	0,25	5,5
		avec 200 mg CO_3Ca...	7,10	0,10	7,2
C.	Luzerne (2,5 g)	sans CO_3Ca	23,00	–	6,0
		avec 200 mg CO_3Ca...	5,9	–	7,15

([2]) Détermination de Mlle A. Camus du Laboratoire de Phanérogamie du Muséum d'Histoire naturelle.

([3]) Analyste : M. Patureau, Laboratoire de Minéralogie du Muséum d'Histoire naturelle.

([4]) S. Henin et R. Bétrémieux, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1393.

([5]) R. Bétrémieux, *Annales agronomiques*, n° 3, 1951, p. 193-295.

La quantité de fer passée en solution représente pour l'essai C environ 1 % de la substance totale et 3 % du fer primitif de l'échantillon. On constate un abaissement très net de la solubilité du fer lorsque le milieu renferme du carbonate de calcium. Et ceci dans tous les cas. Enfin dans l'essai A sans calcaire, une quantité notable d'Al_2O_3 a été dissoute, le pH s'étant beaucoup abaissé par suite de la formation d'acide sulfurique.

Ces diverses expériences permettent d'arriver aux conclusions suivantes :

1° Les gisements de bauxite des trois Guyanes peuvent avoir une origine commune, les différences de composition constatées localement étant dues au fait que certains d'entre eux ont séjourné sous l'eau avant d'avoir été recouverts par les terrains sédimentaires (faible teneur en fer) alors que d'autres ont évolué sous un régime continental (teneur en fer plus élevée).

2° Les dépôts de gibbsite à allure concrétionnée qu'on trouve au Surinam et en Guyane anglaise et dont certains représentent l'épégénie de racines et des tiges de plantes proviennent de la migration et de la reprécipitation de l'alumine qui serait passée en solution sous l'influence de fermentation, comme dans le cas du fer, mais dans un milieu plus acide. C'est également à la formation d'acide sulfurique qu'il faut attribuer la migration de cet élément dans le milieu naturel. Ceci explique en effet qu'au voisinage immédiat des dépôts de gibbsite concrétionnée, on trouve des couches d'argile à lignite contenant des sulfures de fer (Bilitone, Surinam et Mackenzie, Guyane anglaise).

3° Étant donné que la formation de la bauxite exige des conditions particulières de chaleur et d'humidité, il est infiniment probable que l'action des bactéries qui concourent à son blanchiment est beaucoup plus active en Guyane qu'en métropole. On peut d'autre part admettre l'influence d'espèces différentes et enfin que la solubilisation du fer s'est produite à un moment où le matériel bauxitique était moins bien cristallisé qu'il ne l'est actuellement.

4° Il semble que les résultats obtenus, bien qu'encore insuffisants, ouvrent la voie à une revalorisation des gisements à faible teneur dont on pouvait difficilement jusqu'à présent envisager l'exploitation.

GÉOLOGIE. — *Les arêtes quartzeuses du département des Deux-Sèvres.* Note de M. **Gilbert Mathieu**, transmise par M. Pierre Pruvost.

La structure de la Vendée paléozoïque est mi-apparente (bandes de Silurien, plus ou moins fossilifère) et mi-cachée (filons de quartz dans le granite représentant des bandes siluriennes).

L'étude des matériaux importants accumulés dans les collections Jules Welsch et A. Fournier sur le département des Deux-Sèvres m'a fourni quelques observations nouvelles complétant la révision des contours des cartes géologiques de Bressuire et de Cholet.

Une des questions soulevées parmi les plus intéressantes est celle d'une longue ligne de quartz s'étendant depuis Saint-Pierre-des-Échaubrognes vers Saint-Loup-sur-Thouet. Précédemment (1), j'avais fait remarquer que la suite des filons de quartz des Rochers de Pyrôme, Châtillon-sur-Sèvre, Bressuire, Moulin du Rocher d'Amailloux, La Simnaudière, faille de Vasles (donnant donc prolongement dans le Limousin), s'aligne sur les quartzites et poudingues de Saint-Christophe-du-Bois (Maine-et-Loire) et peut être considérée comme une bande de grès armoricain métamorphique au milieu des granites.

Les récoltes de Jules Welsch à Voultegon attirent mon attention sur une nouvelle suite de filons quartzeux (la plupart non cartographiés sur les 80 000e actuels) grossièrement parallèles au précédent. Ce sont les masses quartzeuses du Fort des Anglais entre Saint-Pierre-des-Échaubrognes et les Aubiers, la carrière de quartz de Malabrit (en Voultegon), la roche Jacquelin, le filon de quartz de la Roche Michaud, entre Noirterre et la Chapelle Gaudin, enfin la Roche Baudin au Sud de Geay. Or, le prolongement de cette suite de filons quartzeux nous conduit très exactement vers le Nord-Ouest dans le Choletais, à la bande synclinale de quartzite et poudingue de la Blouère à la Pierre Blanche en La Séguinière (Maine-et-Loire).

L'interprétation des filons de quartz comme bande silurienne est basée sur trois arguments.

1. Les deux bandes principales de quartzites du synclinorium de la vallée du Moine [canton de La Romagne (Maine-et-Loire)] donnent les deux axes siliceux : Rocher de Pyrôme, Bressuire, Simnaudière d'une part et Fort des Anglais, Voultegon, Roche Michaud, Roche Baudin d'autre part. Les alignements en direction des plis sud armoricains sont remarquables avec une légère torsion Nord-Sud en approchant du Jurassique du Poitou. On peut préciser que sur une ligne droite idéale de 60 km de longueur les gîtes de quartz ne s'écartent pas de plus de 1 km de part et d'autre de l'axe théorique.

2. Jules Welsch a récolté autrefois, dans la carrière de Malabrit en Voultegon, des géodes de scalénoèdres métastatiques (d^2) de calcite, épigenisés en quartz (remarque inédite, non signalée dans la Minéralogie de la France de A. Lacroix). On s'explique plus facilement la présence de géodes de calcite dans une assise de quartzite silurien ayant contenu, anciennement, des tests calcaire de fossiles que la cristallisation de calcite au milieu du quartz inclus lui-même dans le granite.

L'explication d'eau calcaire de percolation descendant d'une ancienne couverture jurassique n'est guère à retenir parce que les pointes extrêmes

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 456.

des transgressions se sont maintenues sur la ligne Argenton-Château, Noirlieu, Bressuire, Parthenay.

3. Le prolongement de l'axe des filons de quartz : Fort des Anglais, Voultegon, Roche Michaud, nous donne une ligne qui coupe la vallée du Thouet entre Airvault et Saint-Loup. Or, la structure de cette bande briovérienne de Saint-Loup est synclinale entre granulite rose de Thouars au Nord et granite des Aubiers, granitite de Gourgé au Sud.

En définitive, on a de sérieuses raisons de trois ordres différents pour voir, dans les suites des filons de quartz d'anciennes arêtes synclinales ([2]), de grès armoricain où le métamorphisme a été poussé jusqu'à son terme ultime : le quartz. L'envahissement par les granites de la région Mauges Choletais, lorsque l'on va à l'Est du Massif Vendéen (ligne méridienne de Thouars), nous fait passer d'une structure armoricaine avec Briovérien dominant à une structure limousine avec granite dominant.

Considérer l'ensemble des granites des Deux-Sèvres comme une vaste zone anticlinale n'est plus exact. Il existe nécessairement un anticlinal important entre la fosse de Chantonnay, admettant une sédimentation du Cambrien au Carbonifère, et le synclinorium de Cholet (ligne anticlinale du plateau des Herbiers à Parthenay). Mais les différents massifs de granite d'âge carbonifère de Vezins, de Thouars, puis le granite des Aubiers, la granulite de Bressuire, ont fini par inclure, dans leur masse, les synclinaux siluriens et leur cortège de laves interstratifiées. Nous noterons que les granites carbonifères et les arêtes quartzeuses sont de direction armoricaine avec torsion vers le Sud suivant une charnière transversale : *Airvault-l'Absie*, tandis que les amas de roches basiques : gabbro du Pallet, gabbro de Massais, forment un alignement en direction du Léon.

Il y a une convergence vers l'Ouest en direction de Clisson des arêtes synclinales quartzeuses, plus écartées vers le Seuil du Poitou. De même, les synclinaux siluriens de la fosse de Chantonnay convergent à l'Ouest des Essarts, vers Rocheservière. Tous les synclinaux paraissent s'écraser vers le pays nantais.

Entre le sillon houiller du Layon au Nord et le sillon houiller de Vendée, on peut, au total, dénombrer les arêtes synclinales suivantes : 1° synclinal de Trémentines, Cerzay, par Villiers; 2° synclinal La Blouère, la Saguinière, Fort des Anglais, Voultegon, Roche Michaud, Roche Baudin; 3° synclinal de La Romagne, Saint-Christophe, Puy Saint-Bonnet, Rochers de Pyrôme, Bressuire, Amailloux, La Maillolière, La Simnaudière; 4° synclinal de Saint-Pierre du Chemin; 5° synclinal de La Chataigneraie; 6° synclinal

([2]) Le terme arête synclinale évoque la continuité de l'axe tectonique, cependant le sédiment siliceux, à l'origine des masses quartzeuses, n'est resté que dans les anciennes zones d'ennoyage des plis, d'où des filons aujourd'hui discontinus.

de Champdeniers; 7° synclinal dévono-carbonifère Lac de Grand'Lieu, Rocheservière, Chantonnay, Ville-Dé d'Ardin.

Il y aurait donc sept plis synclinaux dans les Mauges, le Haut Bocage et la Gâtine, entre le Bassin d'Ancenis et la ligne de dislocations : faille de Chantonnay, faille de Chambrille, horst de Montalembert.

GÉOLOGIE. — *Le paléozoïque supérieur de la haute vallée de Névache (zone du Briançonnais).* Note de M. **Marcel Lemoine**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Une coupe exceptionnelle pour la zone briançonnaise montre une série rouge et verte, avec bancs de calcaires et dolomies, attribuable au Stéphano-Autunien, succéder en concordance et continuité au houiller briançonnais gris et noir (Westphalien). Le Verrucano (Permien supérieur et peut-être Trias inférieur) qui lui fait suite montre une discordance de transgressivité sur les terrains précédents.

On sait que, dans la zone briançonnaise, le houiller gris et noir est suivi par des grès et conglomérats rouges et verts, de faciès dit *Verrucano*, attribués jusqu'ici, sans argument paléontologique, au Permien. La limite inférieure de ce Verrucano est très nette, il repose transgressif sur des assises houillères dont l'âge diffère suivant les points ([1]). Par contre, sa limite supérieure est peu nette, il passe progressivement vers le haut, par disparition de ses éléments colorés, aux grès et quartzites du Werfénien. Dans la majeure partie du Briançonnais, son épaisseur est faible (de quelques mètres à quelques dizaines de mètres) et dans ce cas, comme l'ont fait remarquer R. Feys et Ch. Greber ([1]), rien ne s'oppose *a priori* à ce qu'il appartienne à la partie inférieure du Trias.

Dans la haute vallée de Névache, à l'Est du massif mésozoïque des Cerces, la carte géologique au 80 000e (Briançon, 2e édition) indique un épaississement considérable des formations de grès et conglomérats rouges et verts attribués au Permien. Là, près de Roche-Château, et plus au Nord vers Valloires, Pussenot ([2]) a signalé l'existence, dans la partie supérieure du Houiller gris et dans le « Permien » rouge qui lui fait suite, des bancs calcaires.

Quelques courses de reconnaissance effectuées dans cette région m'ont permis notamment, sur la crête qui, de Roche-Château (Nord-Est) à l'Aiguille Noire (Sud-Ouest), sépare la vallée de Névache (Hautes-Alpes) de celle de la Neuvachette qui descend vers Valloires (Savoie), de relever la série suivante, du Nord-Est au Sud-Ouest et de bas en haut :

I. Houiller normal gris, dont l'âge reste à préciser. Non loin de là, près du Col de la Madeleine, ce Houiller a fourni à Pussenot *Leaia tricarinata*, forme *minima*, ainsi que des plantes, indiquant un âge westphalien.

([1]) *B. S. G. F.*, (5), 20, p. 231.

([2]) La nappe du Briançonnais et le bord de la zone des schistes lustrés entre l'Arc et le Guil, Grenoble, 1930.

La partie supérieure de cette formation, sur 10 à 20 m, contient déjà quelques bancs calcaires ou dolomitiques, et passe progressivement, en concordance et sans limite nette, à la formation sous-jacente.

II. Puissante série (300 m sur la crête) de schistes et pélites rouges et verts, avec passées gréseuses, brèches à éléments volcaniques et tufs rhyolitiques. Les schistes et pélites dominent et alternent avec de nombreux bancs, continus et peu épais (de quelques cm à quelques dm), de calcaires ou de calcaires dolomitiques gris, blancs ou rosés.

III. Au-dessus, apparemment en concordance, viennent 300 m environ de conglomérats violacés et verts, assimilables au Verrucano. Ils contiennent de nombreux galets de roches éruptives altérées. La limite avec la formation sous-jacente est très nette.

IV. Enfin viennent les quartzites werféniens (Aiguille Noire), débutant par 20 m environ de grès à quartz rosés.

Les calcaires de la formation (II) montrent parfois des structures attribuables à des oolithes calcaires recristallisées. Dans la zone de passage entre (I) et (II), un banc siliceux noir, à aspect de phtanite, associé aux premiers bancs calcaires, montre au microscope des sections attribuables à des ostracodes.

En se dirigeant vers le Sud, la formation (II) disparaît rapidement, et les conglomérats (III) viennent reposer sur le Houiller gris et noir (I). Plus au Sud encore, cette formation (III) diminue d'épaisseur, et, 10 km au Sud de Roche Château, on ne voit plus, entre Houiller et Quartzites, que quelques mètres ou dizaines de mètres de Verrucano comme ailleurs dans le Briançonnais.

Faute de fossiles caractéristiques, il est difficile de préciser pour le moment l'âge des formations décrites. Toutefois, il semble possible d'émettre une hypothèse, renforcée par l'étroite analogie de cette succession avec celles d'autres bassins houillers, notamment celui de la Sarre : le Houiller gris (I) comprendrait le Westphalien, peut-être aussi une partie du Stéphanien, et passerait à la formation (II) rouge et verte qui représenterait le Stéphanien et l'Autunien. Quant à la formation (III), ce serait le Permien supérieur largement transgressif, reposant tantôt sur l'Autunien, tantôt sur le Stéphanien ou le Westphalien, et passant vers le haut au Trias.

L'apparition de formations rouges au sommet du Houiller n'est pas pour nous étonner. Elle indique un changement dans les conditions de la sédimentation, sans doute d'ordre climatique (sans toutefois parler de « faciès désertique »), peut-être local, étant donné l'existence dans la zone briançonnaise de Stéphanien gris (avec d'ailleurs quelques intercalations rouges et vertes) découvert au Nord, en Tarentaise, par J. Fabre ([3]), et au Sud, près de la Tête de Gaulent, par J. Debelmas ([4]). Quant aux calcaires et aux calcaires dolomitiques, ils peuvent évoquer des lacs ou des lagunes, mais jusqu'ici rien dans leur faciès ou dans leur faune n'exclut la possibilité de leur origine marine; des recherches ultérieures pourront peut-être préciser ce point.

Les faits exposés ci-dessus confirment le *caractère largement trangressif du*

([3]) *C. R. Somm. S. G. F.*, 4 février 1952, p. 34.

([4]) P. Corsin et J. Debelmas, *C. R. Somm. S. G. F.*, 4 février 1952, p. 45.

Verrucano : selon les points, il repose sur l'Autunien, le Stéphanien ou diverses assises du Westphalien de la zone briançonnaise; il vient même, dans une unité tectonique plus orientale, charriée sur la zone briançonnaise (quatrième écaille), reposer sur le Cristallophyllien anté-Houiller. Cette *discordance de transgressivité* du Verrucano ne semble pas impliquer, dans le Briançonnais, une phase tectonique importante, mais simplement une modification de la répartition des aires de sédimentation, une plus large extension de la sédimentation du Permien supérieur, comme en de nombreuses autres régions d'Europe.

GÉOLOGIE. — *Note sur la géologie de la région d'Ambositra (centre de Madagascar).* Note (*) de M. **André Emberger**, transmise par M. Henri Besairie.

La région d'Ambositra, située à plus de 150 km au Sud-Sud-Est de Tananarive, est constituée par des roches cristallines et cristallophylliennes. Dans sa partie Est (Ambositra-Fandriana) affleure un socle précambrien formé d'ectinites et de migmatites. Dans sa partie Ouest (Mont Ibity, Ambatofinandrahana), ce substratum est recouvert en discordance par des séries paléozoïques, également métamorphiques (ectinites seules), groupées par A. Lacroix sous le nom de Série schisto-quartzo-calcaire. L'ensemble de toutes ces formations, orientées grossièrement Nord-Sud, est recoupé par des intrusions acides et basiques, donnant lieu à quelques phénomènes de métamorphisme de contact.

Le socle précambrien est formé de trois grandes bandes de migmatites, séparées les unes des autres par des ectinites. Leur alternance est due à une tectonique violente, provoquant des plis déversés vers l'Est. Les ectinites, souvent minéralisées en or et en graphite, appartiennent à la zone des micaschistes inférieurs (micaschistes à deux micas, ou à biotite et sillimanite) et à celles des gneiss inférieurs (gneiss à biotite seule). Les gneiss à deux micas sont rares et le plus souvent les gneiss à biotite succèdent directement aux micaschistes. Le front des migmatites se situe, tantôt dans les gneiss, tantôt dans les micaschistes. Les embréchites, à orthoclase et amphibole sont peu développées (Sahanivotry, Imerina-Imady, rivière Ifasina). Elles passent progressivement en profondeur à des roches, les migmatites granitoïdes, dont les textures hétérogènes sont intermédiaires entre celles d'embréchite et de granite. Ces migmatites sont plus ou moins rubanées, avec des phénoblastes lenticulaires très allongés (Ivato). Ailleurs (col des Tapia) elles sont leucocrates, légèrement foliées, avec des traînées micacées. Leur structure (imbriquée, à microcline envahissant) montre, dans une même lame, des individus d'orthoclases et de plagioclases, de

(*) Séance du 26 mai 1952.

natures différentes. Les anatexites ne se rencontrent qu'en un seul endroit (Sud-Est d'Ivato), au milieu des migmatites granitoïdes. Il faut noter que, dans cette succession, les embréchites sont souvent absentes. Les migmatites granitoïdes montent alors directement dans les ectinites.

Les séries primaires comportent trois assises : au sommet, des quartzites, de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur (Monts Ibity, Trafo); au centre, des schistes et des micaschistes peu épais; à la base, sur plus de 500 m, des cipolins (Ambatofinandrahana). Quartzites et schistes appartiennent à la zone des micaschistes supérieurs. Les cipolins sont situés dans celle des micaschistes inférieurs.

Toutes ces formations sont traversées par de nombreuses intrusions, réparties en trois groupes : 1° groupe alcalin (Ambatofinandrahana) : granite à ægyrine et torendrikite, syénite à torendrikite, finandranite; 2° groupe complexe de l'Itsindro : granite alcalin, syénite, syénite à nephéline, itsindrite, diorite, gabbro; 3° groupe calco-alcalin : granite monzonitique, avec des faciès porphyroïdes (Ilaka, le Vohidrakihady, l'Antoetra). Les pegmatites gemmifères (vallée de la Sahatany) ou uranifères (massif du Vorondolo) sont abondantes.

La tectonique violente, accompagnée de fractures, qui a affecté la couverture primaire, a repris en partie les terrains précambriens. Les nombreuses failles, orientées Nord-Sud, sont localement soulignées par des brèches (Saronara) ou des mylonites (Itsindro).

MÉTALLOGÉNIE. — *Quelques observations sur le gîte plombo-zincifère de Boukdema (Algérie) et sur le talc qu'on y rencontre.* Note de M. **Jules Glaçon**, présentée par M. Charles Mauguin.

Le massif du *Guergour*, situé à l'extrémité orientale de la chaîne des Bihan, au Nord-Ouest de Sétif, contient quelques gîtes plombo-zincifères, de substitution dans les calcaires et les dolomies. Le plus intéressant est celui de *Boukdema*, au Nord-Ouest du Massif.

Il est inclus dans les couches supérieures d'une puissante assise dolomitique (plus de 200 m), d'âge probablement jurassique. Le substratum de ces dolomies est inconnu, mais elles sont recouvertes par un complexe marno-calcaire à faune caractéristique du Valanginien. L'assise dolomitique subhorizontale, ou à faible pendage Sud, forme trois petits horst accolés, l'ensemble de ces horst étant limité au Nord par une faille à grand rejet (2 000 m), à l'Ouest et au Sud par d'autres failles de moindre importance. Dans le détail, l'assise dolomitique est très cassée (réseau de fractures grossièrement orthogonales, avec direction NNO-SSE prédominante), elle a subi plusieurs broyages successifs.

La minéralisation paraît cantonnée au sommet de l'assise dolomitique, mais dans le sens horizontal elle ne semble pas être répartie suivant une loi bien déterminée. Elle se présente sous forme de remplacement de la dolomie, de remplissage de petites cassures, en veinules et en géodes. Les principaux minéraux sont : la blende, la galène, la dolomite, le quartz, la smithsonite et la limonite des chapeaux de boxworks. Moins abondants sont : le talc, le cuivre gris, la chalcopyrite, la pyrite, la barytine, le minium, la cérusite, la malachite, l'azurite et l'opale. La *blende* qui domine est de teinte rougeâtre, et occupe le centre de géodes de recristallisation de la dolomite, ou des petites fissures postérieures. Elle se présente aussi en petits cristaux isolés dans une dolomite à grain fin. Son processus d'oxydation est très net, macroscopiquement et microscopiquement. La *galène* est finement cristallisée (en remplissage de cassures), ou plus largement quand elle remplace la dolomite, conjointement avec la blende; on la rencontre, aussi, dispersée dans la masse dolomitique. La *dolomite*, très abondante, a deux aspects; dolomite originelle grise, à grain fin, et dolomite secondaire blanche ou rose, en gros cristaux. Le quartz remplace la dolomite (silicification intense en certains points), ou a cristallisé dans des veinules et des géodes (quartz laiteux ou hyalin, beaux cristaux coiffés par la smithsonite).

Le *cuivre gris* et la *chalcopyrite*, accompagnés de barytine remplissent des cassures, leur venue est indépendante de la minéralisation plombo-zincifère, et doit correspondre aux venues cuivreuses des gisements de la zone Nord-tellienne (Babors).

Les observations faites sur le terrain et dans les sections polies conduisent à donner l'ordre suivant de formation des minéraux du gîte (non comprise la minéralisation cuivreuse) : (Phase hypogène) dolomite I, broyage; dolomite II, broyage; quartz 1, pyrite, blende, galène; quartz 2, talc.

Le talc. — Ce minéral est très souvent associé à la blende et à la galène, mais en faibles proportions.

Macroscopiquement le minéral est blanc ou légèrement teinté de brun rosé, en petites masses foliacées ou radiées onctueuses au toucher, rarement limitées par des faces planes (dans ce cas il semble y avoir eu pseudomorphose de rhomboèdres de dolomite). En lame mince ces masses sont constituées par un agrégat de très petites lamelles de biréfringence assez élevée. L'analyse chimique donne une composition s'écartant peu de celle du talc théorique : 60,90 % SiO_2, 33,50 % MgO (+ FeO). Mais le rapport SiO_2/MgO est relativement faible : 1,21 (talc théorique : 1,33). La courbe thermique différentielle est celle du talc (crochet endothermique s'amorçant vers 900°), le diagramme de poudre aux rayons X donne l'écartement des feuillets du talc. Microscopiquement, le remplacement des cristaux de dolomite par le talc, suivant les fractures ou les plans de

clivage, est extrêmement net. Il se fait directement, sans passage par d'autres silicates (tels que la trémolite), de plus il n'y a pas formation de calcite.

Conclusion. — Les minerais plombo-zincifères de Boukdema peuvent être considérés comme ayant une origine hypogène et, comme il n'existe pas, dans leur voisinage, de roche intrusive quelconque, on serait tenté de supposer qu'ils ont été déposés dans une zone « téléthermale » (de faible température et de profondeur moyenne).

Cependant, la présence du talc, signalée pour la première fois dans les gîtes algériens de ce type, oblige à quelque réserve. Car, partout où la métasomatose directe des dolomies en talc a été décrite [Pyrénées ([1]), Écosse, Virginie, Caroline du Nord, etc.], elle était en relation, soit avec une intrusion ignée, soit avec des solutions pneumatolytiques, soit encore avec des solutions hydrothermales, siliceuses, de température assez élevée (certains admettent des températures d'au moins 200°).

Il serait donc justifié d'attribuer au gîte de Boukdema une origine hydrothermale classique.

GÉOPHYSIQUE. — *Plissement d'un continent de forme approximativement triangulaire.* Note de M. **Matthias Matschinski**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Dans les Notes précédentes ([1]) nous avons énoncé la théorie des forces orogénétiques que nous appliquerons ici au cas d'un continent triangulaire (1°). Les calculs correspondants pour le cas de la théorie de compression sont donnés dans (2°). Enfin, en comparant ces résultats théoriques avec les données géographiques, nous conclurons que les faits géographiques parlent en faveur de notre théorie.

1. Examinons un morceau séparé de l'écorce terrestre, de forme approximativement triangulaire et, pour simplifier, considérons-la comme un triangle sphérique. Quatre possibilités existent : ou bien ce morceau peut se contracter au milieu (première alternative sur les quatre possibles) ou bien il peut se plier le long d'un des côtés (deuxième, troisième et quatrième alternatives). On ne doit pas s'étonner de la non-unicité de la solution, elle résulte de la non-linéarité des équations différentielles correspondantes (exemple classique : forme prise par une masse liquide gravitante en rotation; sont possibles : un ellipsoïde de révolution, ainsi que les fameuses « formes en melon »). Écartant pour l'instant la première possibilité examinons les trois autres. Écrivons

---

([1]) *Voir*, en particulier, L. Capdecomme, *Sur la genèse des talcs pyrénéens A. F. A. S.*, 69e Congrès, 1950, Comm. n° 27, in *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 85, fasc. 3-4, p. 313-316.

([1]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1882; 233, 1951, p. 492, 669, 1474 et 1653.

l'expression pour l'énergie de contraction et de distension contenue dans un tel morceau :

$$(1)\quad E=\int_{\text{(volume total)}} \sum \alpha_{i,j,k,l}\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_k}\right)\left(\frac{\partial u_l}{\partial x_j}\right) dx_1\, dx_2\, dx_3 \qquad \text{ou} \qquad \frac{\partial u_i}{\partial x_k}=\sum_m \gamma_{i,k,m}\frac{\partial r}{\partial x_m}.$$

La signification géographique des dérivées : là où elles sont petites, il y aura une plaine et là où elles sont grandes il y aura des montagnes : (x_i sont les coordonnées géographiques; u_i, déplacements; r, distance de la superficie au centre.) Rejetant maintenant les parties de l'intégrale (1) correspondant à la sommation des valeurs faibles, on obtient

$$(2)\quad E=\int_{\substack{\text{(volume correspondant}\\ \text{aux montagnes)}}} \sum_{\nu,\varkappa} \beta_{\nu,\varkappa}\left(\frac{\partial r}{\partial x_\nu}\right)\left(\frac{\partial r}{\partial x_\varkappa}\right) dx_1\, dx_2\, dx_3$$

$$=\frac{1}{\Delta V}\int_{\Delta V}\sum_{\nu,\varkappa}\beta_{\nu,\varkappa}\left(\frac{\partial r}{\partial x_\nu}\right)\left(\frac{\partial r}{\partial x_\varkappa}\right) dx_1\, dx_2\, dx_3\, \Delta V = \mathcal{J}\,\Delta V = \mathcal{J}\, F_m\, \mathcal{D}.$$

$\mathcal{J}$ est la valeur quadratique moyenne des dérivées, valeur du coefficient généralisé de l'intensité de l'orogénèse ([2]). Faute de la similitude géométrique pour les équations différentielles non linéaires en cause, on ne peut faire l'expression proportionnelle aux dimensions du morceau ou de ses différentes parties. Pratiquement, il convient de la considérer comme variant faiblement suivant les morceaux et ne variant guère pour un même morceau, ce à quoi correspond également l'équation bien connue :

$$\text{Val. abs. grad}\, r=\left| i\left(\frac{\partial r}{\partial x}\right)+j\left(\frac{\partial r}{\partial y}\right)\right| = \text{const.}$$

d'un corps lâche. Posons ensuite F_m — la superficie des montagnes $= l\Delta$; Δ — désignant la largeur et l la longueur de la chaîne de montagnes. Sur la base de raisonnements analogues à ceux exposés plus haut pour $\mathcal{J}$ on peut considérer également la grandeur Δ comme pratiquement peu variable. Ainsi, pour le continent triangulaire de la figure 1, on peut avoir l'une des trois expressions indiquées pour l'énergie ($l=a$, ou b, ou c) : $E_a=a\mathcal{J}\mathcal{D}\Delta$, ou $E_b=b\mathcal{J}\mathcal{D}\Delta$, ou $E_c=\mathcal{J}\mathcal{D}\Delta$ — ce qu'on peut représenter par la figure 1. Il est essentiel que dans la théorie ici exposée $E_a E_b E_c$ soient défalquées (représentant les décharges d'énergie accumulées à l'état initial soulevé). Bien entendu, la position la plus probable est celle caractérisée par le minimum d'énergie (E_a).

2. Essayons d'effectuer le même calcul du point de vue de la théorie de la compression. Admettons l'existence de forces comprimantes, quelle qu'en soit l'origine. Dans ce cas également (abstraction faite du plissement central)

([2]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1192.

est possible un plissement le long d'un des côtés de notre triangle sphérique. Bien entendu, l'expression générale (1) pour l'énergie est applicable dans ce cas et les significations géographiques des dérivés $\partial u_1 : \partial x_1$, etc. seront les mêmes. A l'aide des mêmes raisonnements qu'au paragraphe 1 on obtient de nouveau (2) et $E_a E_b E_c$. Toutefois, l'analogie s'arrête ici. Ainsi qu'il ressort de

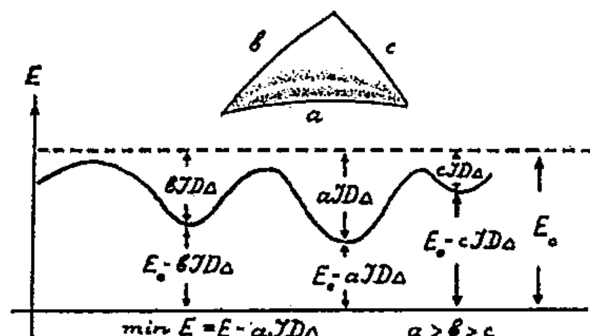


Fig. 1.

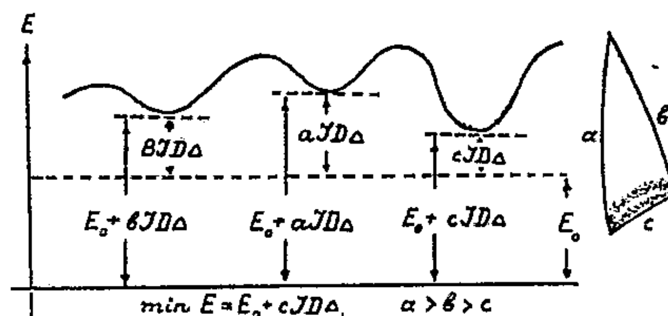


Fig. 2.

la figure 2 les valeurs $E_a E_b E_c$ dans ce cas sont ajoutées à l'énergie puisqu'au 1 il s'agissait de la décharge d'une réserve d'énergie tandis qu'ici on a une accumulation d'énergie sous l'action des forces comprimantes. Ceci étant, l'énergie ayant dépassé le niveau E_0 (en augmentant) aura naturellement, comme au paragraphe 1, pour sa valeur la plus probable la valeur minimum. Cependant, cette valeur ne sera plus E_a, mais E_c et cette dernière configuration sera la plus probable.

3. On peut formuler ces résultats en vue d'applications géographiques ainsi qu'il suit : sur un continent approximativement triangulaire le plissement principal aurait lieu le long du plus long des côtés; par contre, d'après la théorie de la compression, il devrait se produire le long du côté le plus court. (On se gardera toutefois d'appliquer ces résultats, au lieu de continents, à des morceaux plus petits de l'écorce; le rapport entre la superficie et l'épaisseur étant dans ce cas différent et les résultats des paragrahes 2 et 3 étant inapplicables à pareils morceaux en raison de leur « souplesse » insuffisante). Point n'est besoin de jeter un coup d'œil sur une mappemonde, pour voir que c'est le premier cas qui se réalise. Pour diverses raisons il faut éliminer l'Afrique : cette dernière fait parmi les continents figure à part; les plissements y font presque entièrement défaut, les plis de l'Atlas étant géologiquement plus Européens qu'Africains; elle n'est pas entièrement isolée et ses attaches à l'Asie et à l'Europe peuvent naturellement défigurer, jusqu'à les rendre méconnaissables, les résultats de la théorie simple donnée ci-dessus etc., mais, heureusement, sur les 6 continents restants, trois (Amérique du Nord, Amérique du Sud, Australie) possèdent une forme plus ou moins triangulaire. Pour les deux premiers la réponse n'inspire pas de doute : les plissements s'y étendent le long du plus long de ses côtés, mais même pour l'Australie, malgré tout ce que sa forme a d'irrégulier et bien que certaines de ses parties soient recouvertes par la mer, il est plus simple d'admettre que le plus long côté du triangle

qu'elle forme va du cap York jusqu'à l'extrémité Sud de la Tasmanie; or, c'est précisément le long de ce côté où s'étend le plissement principal.

GÉOPHYSIQUE. — *Sur l'eustatisme*. Note de M. **Jean Lagrula**, présentée par M. Pierre Lejay.

Les variations ΔV du volume total V des glaces continentales impliquent des modifications dites eustatiques du niveau des Océans, que nous étudierons dans l'hypothèse de l'équilibre isostatique conforme au schéma d'Airy : l'écorce terrestre, de densité d, portant des masses soit océaniques, de densité $1+\varepsilon$, soit glaciaires, de densité $1-\eta$, flotte sur un substratum de densité δ. Soient E_x l'épaisseur de l'écorce pour un élément continental de surface Δ_s, d'altitude x, portant une épaisseur glaciaire e, et E_y l'épaisseur de l'écorce sous un élément océanique de profondeur y. L'équation d'équilibre :

$$(1) \qquad e(1-\eta)+E_x d = y(1+\varepsilon)+E_y d+(E_x-E_y-x-y)\delta$$

donne par différentiation, avec la notation $d'=\delta-(1+\varepsilon)$:

$$(2_1) \qquad (1-\eta)\Delta e+\delta\Delta x+d'\Delta y=0.$$

Cette relation représente les échanges de matière (H_2O) entre les glaces continentales et les océans. Les épaisseurs d'écorce E_x et E_y sont considérées comme constantes pendant la durée géologiquement insignifiante que nous aurons à envisager. Il en est de même pour la masse totale de H_2O; d'où la deuxième relation différentielle :

$$(3) \qquad (1-\eta)\Delta V+b(1+\varepsilon)\Delta y=0,$$

b est la surface totale des Océans, ΔV est la somme des variations $\Delta e.\Delta s$, étendue à la surface totale a des continents, que l'on peut décomposer en deux zones, a_1 et a_2 : a_1 comprend l'ensemble des éléments Δs pour lesquels Δe n'est pas nul; Δx y varie, d'un élément Δs à un autre, en fonction de Δe.

Au contraire, pour la zone a_2, Δe est nul; l'amplitude verticale Δz des transgressions ou régressions est constante et fournie par la relation

$$(2_2) \qquad \delta\Delta z+d'\Delta y=0.$$

Les relations (2_1) et (2_2) concernent des mouvements assez lents pour respecter constamment l'équilibre isostatique. Elles ne sont pas valables pour des variations rapides : une fusion instantanée, caractérisée par une valeur négative de ΔV, aurait pour effet une transgression mondiale d'amplitude verticale Δy.

Les phénomènes réels, sans présenter une telle soudaineté, peuvent être trop rapides pour un équilibre parfait : le relèvement de l'Angermanland (1),

(1) Erkki Niskanen, *On the upheaval of land in Fennoscandia* (*Publications of the Isostatic Inst.*, Helsinki, 1939).

provoqué par la dernière fusion glaciaire, a pu être décomposé en trois parties :

$r_1 = 270$ m pendant la fusion ;

$r_2 = 250$ m depuis la fusion ;

$r_3 = 210$ m encore nécessaire pour l'équilibre, dont la somme, 730 m, mesure le Δx de cette région, située en zone a_1, si nous supposons l'équilibre établi au début de la fusion ; une telle hypothèse, impliquant une longue période à ΔV positif ou nul, n'a qu'une valeur de première approximation.

Pendant la fusion, Δy, calculé avec les valeurs numériques

$$1 - \eta = 0,92, \qquad 1 + \varepsilon = 1,03;$$
$$b = 360.10^6 \text{ km}^2 \quad \text{et} \quad \Delta V = -40.10^6 \text{ km}^3 \quad (^2),$$

aurait été égal à 99 m. Le relèvement r_1 peut être considéré comme la résultante de l'abaissement $-\Delta y$ et d'un réajustement partiel ρ_1, égal à 369 m.

Quant à r_2 et r_3, y ne variant plus, ils représentent les réajustements ρ_2 et ρ_3.

En zone a_2, les valeurs 2,67 pour d et 3,27 pour δ donnent pour Δz la valeur -68 m. La transgression Δy (99 m) est accompagnée d'une régression de 31 m qui, étant le réajustement vu de la zone a_2, se répartit, proportionnellement à ρ_1, ρ_2 et ρ_3, en étapes de 14, 9 et 8 m. Le niveau des Océans serait donc passé par un maximum dont la cote actuelle, évaluée avec des données peu précises, serait comprise entre 9 m et 9 m + 14 m, soit 23 m. L'observation d'un tel état stationnaire (plage géologique) serait précieuse pour la théorie de l'isostasie.

Une fois la fusion terminée, y ne variant plus, les relèvements r_2 et r_3 représentent les réajustements ρ_2 et ρ_3.

Passons maintenant à la zone a_2. La relation (2_2), avec les valeurs numériques : $d = 2,67$, $\delta = 3,27$, donc $d' = 2,24$, donne $\Delta z = -68$ m.

Ce déplacement total, transgression de 68 m, est la résultante de la transgression Δy, c'est-à-dire 99 m, et d'une régression totale de 31 m, qui constitue le réajustement isostatique vu de la zone a_2 et se répartit en trois régressions partielles, proportionnelles à ρ_1, ρ_2 et ρ_3. On trouve respectivement 14, 9 et 8 m.

A la fin de la fusion la zone a_2 est caractérisée par une transgression dont l'amplitude verticale est $99 - 14 = 85$ m. Depuis la fin de la fusion jusqu'à nos jours, il y aurait eu une régression de 9 m. Le niveau des océans, sur les littoraux de la zone a_2 (Afrique par exemple) serait passé par un maximum constituant un état stationnaire, donc susceptible d'être matérialisé sous forme de plage.

Le calcul ne nous permet pas d'assigner exactement la cote + 9 m à cette plage (car nous ignorons si le maximum a coïncidé avec la fin de la fusion ou

---

(2) GEORGES DUBOIS, *Données numériques relatives aux glaciations quaternaires* (*Bull. Inst. Sc. géol. Strasbourg*, 1930).

lui a été antérieur), mais seulement de le situer entre les limites +9 m et +23 m. C'est à la géologie qu'il appartient de reconnaître et de dater une telle plage.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action du paraaminophénylsulfamide et de l'acide paraaminobenzoïque sur le parenchyme vasculaire de Topinambour et sur les tissus de Crown-Gall de Scorsonère cultivés* in vitro. Note de M. **Luigi De Capite**, présentée par M. Roger Heim.

L'acide *p*-aminobenzoïque et le *p*-aminophénylsulfamide se comportent comme deux substances antagonistes l'une de l'autre, lorsqu'on les fait agir sur des cultures de tissus.

Depuis les travaux de Stamp (1) et de Green (2), on sait que diverses substances organiques neutralisent l'action inhibitrice du *p*-aminophénylsulfamide SO_2NH_2⟨⟩NH_2.

Woods (3) a montré que cette action antagoniste est très nette pour l'acide *p*-aminobenzoïque. Aux faibles doses il diminue la toxicité des sulfamides à l'égard de divers organismes (4), (5), (6), (7) ou organes végétaux (8) (9).

Il nous a paru intéressant d'étudier l'action du *p*-aminophénylsulfamide et de l'acide *p*-aminobenzoïque sur le parenchyme vasculaire de Topinambour et sur les tissus de Crown-Gall de Scorsonère cultivés *in vitro*.

Des fragments furent ensemencés sur un milieu nutritif gélosé renfermant des sels minéraux, 5 % de glucose, de la vitamine B_1 (10^{-6}) et du chlorhydrate de cystéine (10^{-5}). Les tissus de Topinambour étant incapables de se développer en l'absence d'hétéro-auxine (10), nous avons ajouté au milieu de culture de l'acide indolacétique (3.10^{-7}); ceci ne fut pas nécessaire avec les tissus de Crown-Gall de Scorsonère, qui peuvent se développer en l'absence de cette substance (11), (12).

Nous avons, en outre, ajouté au milieu nutritif de l'acide *p*-aminobenzoïque

(1) *Lancet*, 237, 1939, p. 10.
(2) *Brit. J. exper. Pathol.*, 21, 1940, p. 38.
(3) *Brit. J. exper. Pathol.*, 21, 1940, p. 84.
(4) Dismond, *Science*, 94, 1941, p. 420.
(5) Lynch et Lockwood, *J. Immunol.*, 42, 1941, p. 435.
(6) Spink et Jermsta, *Proc. Soc. exptl. Biol. Med.*, 47, 1941, p. 395.
(7) Strauss, Dingle et Finland, *J. Immunol.*, 42, 1941, p. 313.
(8) Hazard, *C. R. Soc. Biol.*, 138, 1944, p. 972.
(9) Anker, *Thèse*, *Universität Bern*, 1951.
(10) Gautheret, *C. R. Soc. Chim. Biol.*, 24, 1942, p. 18.
(11) Gautheret, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 270.
(12) Gautheret, *C. R. Soc. Biol.*, 142, 1948, p. 774.

et du *p*-aminophényl-sulfamide à des doses variables allant de 10^{-7} à 2.10^{-3} pour les tissus de Topinambour, et de 10^{-5} à 2.10^{-3} pour les tissus de Crown-Gall de Scorsonère.

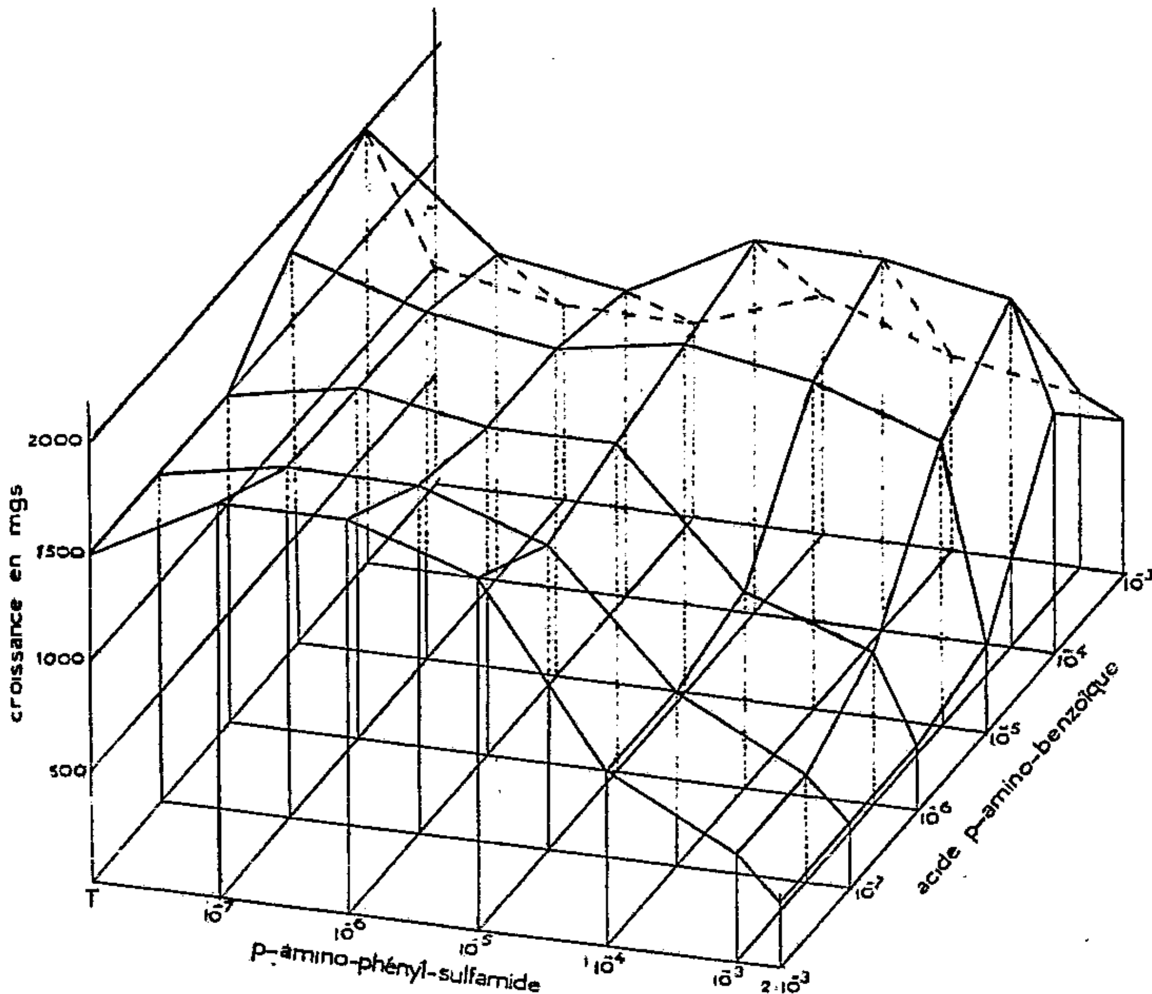
Des cultures témoins furent réalisées en l'absence de ces substances ou en présence de l'une d'elles seulement.

Pour chaque série de concentrations nous avons employé 12 fragments d'un poids moyen de 480 mg. Ces fragments furent pesés après deux mois de culture. Leur accroissement moyen est indiqué dans le tableau ci-dessous.

Croissance en milligrammes de fragments de tissus de Topinambour en fonction de doses variables de sulfamide et d'acide p-aminobenzoïque.

		p-aminophénylsulfamide.						
		T.	10^{-7}.	10^{-6}.	10^{-5}.	10^{-4}.	10^{-3}.	2.10^{-3}.
Acide *p*-aminobenzoïque.	2.10^{-3}...	750	660	634	789	577	509	488
	10^{-3}.....	1033	927	920	1124	910	870	723
	10^{-4}.....	1997	1496	1465	1718	1707	1604	1146
	10^{-5}.....	1801	1585	1589	1653	1524	1297	419
	10^{-6}.....	1576	1637	1541	1568	882	743	320
	10^{-7}.....	1557	1603	1578	1381	803	487	314
	T........	1572	1774	1826	1563	771	520	302

L'acide *p*-aminobenzoïque seul stimule le développement des tissus de Topinambour avec un optimum d'action pour une dose de l'ordre de 10^{-4}.



Graphique résumant l'action conjuguée du *p*-aminophénylsulfamide et de l'acide *p*-aminobenzoïque sur le parenchyme vasculaire de Topinambour cultivé *in vitro*.

Le *p*-aminophénylsulfamide exerce, au contraire, une action inhibitrice sur

la croissance des tissus, sauf aux faibles doses qui déterminent une très faible stimulation.

Le mélange de l'acide *p*-aminobenzoïque et du *p*-aminophénylsulfamide à différentes doses nous a montré un net antagonisme entre ces deux substances.

En effet, l'action toxique du sulfamide qui est très nette à 10^{-4}, est supprimée par l'acide *p*-aminobenzoïque d'autant mieux que la dose est plus forte, comme le met en évidence le graphique ci-dessus.

Les tissus de Crown-Gall de Scorsonère manifestent une action analogue en présence de ces deux substances.

L'acide *p*-aminobenzoïque se conduit aussi comme un antagoniste net du *p*-aminophénylsulfamide, mais devient toxique aux doses supérieures à 10^{-4}.

CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action mitoclasique de la desméthylcolchicine, comparée à celles du colchicoside et de la colchicine.* Note de MM. **Marcel Mascré** et **Guy Deysson**, présentée par M. René Souèges.

La desméthylcolchicine et son hétéroside, le colchicoside, exercent une action mitoclasique analogue à celle de la colchicine, mais seulement à des concentrations plus fortes : huit fois plus, environ, pour la première, 50 fois plus pour le second. L'action tuméfiante de ces deux principes n'est pas exactement parallèle à leur action mitoclasique, ce qui les différencie de la colchicine.

Dans une Note récente [1] nous avons montré que le colchicoside, hétéroside isolé des graines du *Colchicum autumnale* L. [2], exerce, sur les racines d'*Allium Cepa* L., une action mitoclasique et tuméfiante de même nature que celle de la colchicine, mais à des concentrations environ 50 fois plus élevées; pour des concentrations inférieures au seuil mitoclasique, l'action tuméfiante se manifeste seule, contrairement à ce que l'on observe dans le cas de la colchicine.

Le colchicoside étant constitué par l'union d'une molécule de glucose et d'une molécule de desméthylcolchicine (« corps C » de Santavy et Reichstein), nous avons étudié l'action exercée dans les mêmes conditions par cette dernière substance. Nous avons obtenu les résultats suivants :

1. Des solutions à 0,005, 0,02 et 0,028 % se sont montrées totalement inactives : l'allongement des racines continue sans tuméfaction. L'index mitotique et les proportions des différents stades de la cinèse ne sont pratiquement pas modifiés; on n'observe aucune figure anormale, même après 7 jours de traitement avec 0,02 %.

2. Une solution à 0,035 % provoque, en 24 h, la tuméfaction très nette des racines. Au point de vue cytologique, on observe une augmentation

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1901.

(2) P. Bellet, *Ann. pharm. fr.*, 10, 1952, p. 81.

importante de l'index mitotique (112,7 et 94,4 °/₀₀, contre 71,9 et 65,8 chez les témoins). Ce n'est pas le résultat d'une excitation mitotique, mais celui de l'accumulation des métaphases (36,6 et 35,8 pour 100 cinèses, contre 14,5 et 13,8), qui sont presque toutes des stathmocinèses. Vingt-quatre heures plus tard, la tuméfaction des racines est très forte, mais leur allongement n'est pas arrêté. L'examen cytologique révèle que l'action mitoclasique est beaucoup moins prononcée que la veille : les index mitotiques sont revenus à la valeur des témoins, l'accumulation des métaphases est bien moins nette (28,4 et 22,3 pour 100 cinèses contre 16,3 et 13,8), la proportion des figures normales est plus élevée, même parmi les métaphases. Certaines des cinèses normales sont d'ailleurs polyploïdes. Enfin, après 4 jours, l'index mitotique est, cette fois, diminué par suite d'une action mitodépressive. Les stathmo- et hémicinèses sont devenues très rares; on retrouve toujours un certain nombre de cinèses normales ou d'hémicinèses qui sont polyploïdes.

3. Avec une solution à 0,040 %, nous avons obtenu des résultats à peu près semblables aux précédents : la seule différence consiste dans le fait que les tuméfactions radiculaires, bien que nettes, sont assez faibles.

4. Une solution à 0,050 % provoque, en 24 h, sur toutes les racines, une tuméfaction nette, mais faible. L'index mitotique est alors légèrement augmenté; on observe une diminution du nombre des prophases et une accumulation des métaphases. L'action stathmocinétisante est, ici, totale. Il en est de même après 48 h, mais un nouveau prélèvement après 4 jours montre que, si l'action stathmocinétisante reste dominante, on rencontre également des hémicinèses et même des cinèses normales; de nombreuses figures mitotiques sont polyploïdes, surtout parmi les hémicinèses.

En résumé, l'action de la desméthylcolchicine se différencie de celle de la colchicine par les faits suivants : 1° si son action est de même nature, les concentrations efficaces sont beaucoup plus fortes [8 fois environ, ce qui s'accorde avec les résultats de Santavy, Lang et Malinsky ([3]), obtenus sur des cellules animales]; 2° tandis que l'action de la colchicine est itérative, celle de la desméthylcolchicine s'atténue progressivement, ce qui pose un problème d'accoutumance que nous nous proposons d'étudier. Si l'on compare maintenant l'action du colchicoside à celle de son aglucone, on constate que cette dernière est beaucoup plus active que l'hétéroside et que celui-ci exerce une action tuméfiante plus indépendante de l'action mitoclasique (elle est plus précoce). Le fait que l'action du colchicoside est nettement moins marquée que celle de son aglucone peut être considéré comme un phénomène de « détoxication », résultant du

---

([3]) F. Santavy, B. Lang et J. Malinsky, *Arch. int. Pharmacodyn.*, 84, 1950, p. 257.

blocage de la fonction phénol, et viendrait à l'appui de la théorie qui considère la formation des hétérosides comme un mécanisme de défense de la plante.

BOTANIQUE. — *Sur l'existence de formes tétraploïdes chez* Plantago coronopus *L.* Note (*) de MM. **Marcel Guinochet** et **Robert Gorenflot**, présentée par M. Roger Heim.

Le genre *Plantago* s'inscrit en très bonne place parmi ceux qui sont représentés en Afrique du Nord à la fois par des espèces endémiques, généralement peu variables, et par d'autres, très polymorphes, à aire de distribution vaste, s'étendant du Tell au Sahara, et à grande amplitude écologique. Il est, par conséquent, tout indiqué pour des recherches de taxinomie expérimentale.

L'un de nous s'est consacré à son étude, à la fois du point de vue cytologique, génétique et écologique. Ce sont les premiers résultats caryologiques obtenus avec *Plantago coronopus* L., l'une des espèces du genre comportant en Afrique du Nord le plus grand nombre de formes et se rencontrant dans des groupements variés, depuis les associations halophiles de la côte jusqu'aux pelouses à long enneigement des montagnes, que nous nous proposons de consigner ici.

Nos observations ont été effectuées sur des coupes de méristèmes radiculaires, obtenus par germination en boîtes de Pétri de graines récoltées sur des échantillons provenant d'individus d'association bien définis, déterminés à l'aide de la monographie de Pilger [1] et de l'herbier d'Afrique du Nord de la Faculté des Sciences d'Alger, fixés au liquide de Navaschine et colorés au violet de gentiane. Voici nos résultats :

1. *Échantillons à* $2n = 10$:

1° ssp. *Cupani* (Guss.) Pilger, vivace, pelouses recouvertes de neige deux ou trois mois de l'année à 1 500 m d'altitude (Atlas Blidéen);

2° ssp. *eucoronopus* Pilger, vivace, pelouses marécageuses au bord de l'oued Réghaïa;

3° ssp. *commutata* (Guss.) Pilger, annuel, pelouse à *Frankenia*, bord de mer aux environs d'Oran (Cap Carbon).

2. *Échantillons à* $2n = 20$:

1° ssp. *eucoronopus* Pilger, *a.* annuel, association à *Suæda fruticosa* sur sol limoneux compact (Plaine de l'Habra, au nord de Perrégaux); *b.* annuel, sables de bord de mer aux environs d'Alger (Guyotville);

(*) Séance du 9 juin 1952.

(1) R. Pilger, *Plantaginaceæ* in A. Engler et L. Diels, *D. Pflanzenreich*, 4, 1937, p. 26.

2° ssp. *commutata* (Guss) Pilger, *a.* annuel, association à *Suaeda fruticosa*, sol argileux de la Plaine de l'Hadra (entre Debrousseville et Mokta-Douz); *b.* annuel, sables du bord de mer aux environs d'Alger (Cap Matifou) mélangé à *Plantago macrorhiza* Poir.

Les seuls renseignements caryologiques relatifs à *Plantago coronopus* L. fournis par les publications sont dus à A. et D. Love (²) qui indiquent $2n = 10$, d'une part d'après Mc Cullagh (³), d'autre part d'après des observations sur des plantes provenant du Jardin Botanique de Göteborg. Bien que nous n'ayons pas encore pu nous procurer de précisions à ce sujet, il subsiste de fortes chances pour que ces numérations aient été faites sur des échantillons provenant de la partie septentrionale de l'aire de l'espèce.

En l'état actuel de notre documentation, les formes tétraploïdes, à $2n=20$, que nous avons découvertes constitueraient donc un nouvel exemple, comparable à celui d'*Agropyrum junceum* (L.) P. B. (⁴), d'exception à la règle selon laquelle les polyploïdes auraient une distribution plus vaste et plus nordique que les diploïdes correspondants.

D'autre part, nos échantillons de montagne sont à $2n = 10$, tandis que tous ceux à $2n = 20$ proviennent des régions basses. Mais il semblerait qu'il y ait, dans ce cas, ce qui n'est pas une règle générale confirmée (⁵), une corrélation entre polyploïdie et halophilie, ce qui correspond d'ailleurs à des conditions assez sévères, car toutes nos formes à $2n = 20$ proviennent d'associations halophiles (chlorures solubles 2,5 à 4,5 ‰) ou de sables du bord de mer.

Autres faits intéressants : les individus tétraploïdes et diploïdes du ssp. *commutata* sont sensiblement de même taille, tandis que ceux du ssp. *eucoronopus* sont très différents, les diploïdes étant de beaucoup les plus grands; en outre, toutes les formes tétraploïdes décrites sont annuelles.

Au bord de la mer, *Plantago coronopus* est souvent mélangé à *Plantago macrorhiza* Poir. Ces deux espèces sont souvent morphologiquement très voisines l'une de l'autre, mais, en l'état actuel de nos connaissances, la seconde reste toujours diploïde ($2n = 10$).

Enfin, on notera qu'il n'y a pas concordance entre les nombres chromosomiques et le classement des formes de *P. coronopus* établi par Pilger à l'aide des méthodes morphologiques classiques. La question reste donc posée de savoir s'il convient de modifier la diagnose des sous-espèces

---

(²) A. et D. Love, *Ark. Botanik*, 31 A (12), 1944, p. 18.

(³) Mc Cullagh, *Genetica*, 16, 1931 cité par A. et D. Love, *Chromosome numbers of Northen Plant species*, Reykjavik, 1948, p. 25.

(⁴) M. Simonet et M. Guinochet, *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 85, 1938, p. 175-179.

(⁵) Tarnavschi, T. Ion, *Bull. Fac. Stiinte din Cernauti*, 12, 1938, p. 68-106.

admises par Pilger, ou d'admettre, à l'intérieur de celles-ci, des formes parallèles à $2n = 10$ et à $2n = 20$. C'est à la solution de ce problème que l'un de nous (R. G.) compte s'attacher.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Sur les rapports de la cortisone et de la progestérone envisagés chez la Lapine.* Note de MM. **Charles Combescot** et **Maurice Marois**, présentée par M. Robert Courrier.

La désoxycorticostérone permet l'évolution de la grossesse chez la Lapine gestante castrée, elle est capable de remplacer la progestérone (1).

Quelles sont les propriétés de la cortisone dans le même cas ?

Nos recherches actuelles nous permettent d'affirmer que cette substance ne possède pas la propriété progestative que présente la désoxycorticostérone. En effet : prenons une lapine castrée, rendons-la réceptive à l'action progestative par un traitement à l'œstrogène (2,5 γ d'œstradiol par jour pendant 5 jours); après un jour de repos, injectons-lui une dose quotidienne de 12 mg de cortisone (2) pendant 5 jours. Le prélèvement de l'utérus, effectué le sixième jour, révèle l'absence de dentelle endométrale : l'effet progestatif est nul pour cette dose importante.

Bien au contraire, la cortisone peut retentir sur la gestation de la Lapine de façon nocive. R. Courrier et A. Colonge (3) ont démontré, l'an dernier, qu'elle pouvait entraîner des avortements. Ce résultat fut invoqué récemment par Hisaw et Velardo (4) qui affirment que la cortisone, entre autres stéroïdes, détient un pouvoir antiprogestatif. Pour démontrer ce pouvoir, les auteurs opèrent sur le Rat castré au cinquième jour d'une pseudogestation; à cette époque, ils traumatisent l'utérus et injectent 1,5 mg de progestérone par jour pendant 3 jours. Sous l'influence d'un tel traitement, un beau déciduome traumatique se constitue. Si l'on répète l'expérience en ajoutant à la progestérone 4,5 mg de cortisone par jour, la réaction déciduale est totalement inhibée, d'après Hisaw et Velardo.

Or, R. Courrier, A. Colonge et M. Baclesse (5) ont constaté que, chez le Rat, la gestation semblait résister plus que chez la Lapine à l'action de la cortisone. Une femelle gestante de rat, qui reçoit de fortes doses de cortisone, peut mener sa grossesse jusqu'à terme. Cette différence de réaction des deux espèces n'est pas en faveur d'un effet antagoniste de la cortisone vis-à-vis de la progestérone.

---

(1) *Voir* R. Courrier, *Endocrinologie de la gestation*, Paris, Masson, 1945, p. 302.

(2) Suspension d'acétate de cortisone offerte par les Établissements Merck (U. S. A) à l'Institut National d'Hygiène de Paris.

(3) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1164.

(4) *Endocrinology*, **49**, 1951, p. 732

(5) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 333.

C'est pour cette raison que M. R. Courrier nous a demandé de reprendre le problème des rapports fonctionnels de ces deux hormones sur la Lapine en opérant de la manière suivante : une lapine castrée est tout d'abord sensibilisée au moyen d'œstrogène (2,5 γ d'œstradiol par jour pendant 5 jours). Après 1 jour de repos, elle reçoit 0,4 mg de progestérone par jour pendant 5 jours, soit une quantité totale de 2 mg. L'utérus est prélevé le 6e jour de ce dernier traitement, et l'examen histologique montre la réaction endométrale progestative caractéristique : la dentelle épithéliale de Bouin et Ancel est bien déchiquetée. Si l'on répète l'expérience, en ajoutant à la progestérone de la cortisone en quantité variée (1,2 mg par jour, ou 25 mg par jour), on constate que la réponse endométrale n'est nullement entravée; les franges épithéliales se sont développées sans aucune contrainte; il nous a même semblé qu'elles étaient plus richement ouvragées que chez les sujets soumis à la seule progestérone.

Nous sommes ainsi amenés *à conclure* que le pouvoir abortif de la cortisone sur la gestation de la Lapine n'est sûrement pas dû à une action antiprogestative de cette hormone. La cortisone, aux doses utilisées, a été incapable de s'opposer à l'action de la progestérone sur l'endomètre de la Lapine.

ENDOCRINOLOGIE. — *Action des antithyroïdiens sur la fixation de l'iode et la synthèse de la thyroxine dans la thyroïde d'un Sélacien* Scyllium canicula *L.* Note (*) de M. **Jacques Leloup**, présentée par M. Robert Courrier.

La fixation du radioiode dans la thyroïde, très faible chez la Roussette normale, est encore abaissée sous l'action des antithyroïdiens, l'iode fixé étant dans ce dernier cas presque entièrement sous forme ionisée. Des modifications de l'excrétion iodée sont observées chez les animaux traités par ces antithyroïdiens.

Les modifications histologiques provoquées par les antithyroïdiens dans la thyroïde des Sélaciens ont été étudiées par Tinacci (1) et Olivereau (2). Les résultats obtenus étant divergents, il nous a paru intéressant d'étudier chez la Roussette l'action des antithyroïdiens sur la fixation du radioiode (^{131}I) dans la thyroïde.

L'expérimentation, réalisée en oct.-nov. 1951 à Banyuls-sur-Mer, a été conduite selon deux protocoles différents. Un premier lot de Roussettes est immergé dans un bain de thiourée (1 g/l), ce bain étant renouvelé tous les deux jours. Les animaux du deuxième lot reçoivent dans la cavité générale, une injection quotidienne de thiouracile à la dose de 30 mg/kg. Le traitement est

(*) Séance du 9 juin 1952.

(1) *Publ. della Staz. Napoli*, 21, 1947, p. 124.

(2) *Ann. Endocrinol.*, 12, 1951, p. 98.

poursuivi pendant une durée de 7, 14, 21, ou 43 jours (température de l'eau : 15-16° en moyenne). Trois jours avant le sacrifice, chaque animal reçoit une injection de 30 μc de ^{131}I sans entraîneur. Des animaux témoins de poids, sexe et état génital comparables sont injectés et sacrifiés après le même intervalle de temps. Les résultats obtenus étant tout à fait comparables chez les treize animaux traités, soit par la thiourée, soit par le thiouracile, le tableau résume seulement ceux relatifs au thiouracile, la fixation du radioiode dans la thyroïde étant exprimée en pour-cent de la dose injectée.

Sexe.	Traitement.	1* dans la thyroïde.	1* par g. de thyroïde.	1* par g. de thyroïde / 1* par g. de sang	% de 1* thyroïdien total sous forme ionique.	organique non thyroxinien.	thyroxine.
♂.	Témoin...............	0,083	19,02	145,2	10,05	70,71	19,24
♂.	Thiouracile (7 jours)...	0,006	2	13,3	83,34	16,66	traces
♂.	Thiouracile (14 jours)...	0,0065	1,34	69,37	75,4	24,6	traces
♂.	Thiouracile (21 jours)...	0,0090	2,21	65,98	79,2	20,8	traces
♀.	Témoin...............	0,301	75,25	583	7	71	22
♀.	Thiouracile (21 jours)...	0,012	0,56	5,43	83,33	16,67	traces
♀.	Témoin...............	0,374	48,6	186,8	6,15	69,78	24,07
♀.	Thiouracile (43 jours)...	0,0227	5,82	38,8	100	traces	0

L'examen de ce tableau permet de dégager les faits suivants :

1. Chez les animaux témoins, la fixation du radioiode dans la thyroïde est très faible et n'atteint jamais dans les conditions précitées 0,5 % de la dose injectée. Elle varie suivant le sexe (la ♀ captant plus que le ♂), et l'état génital; aussi est-il nécessaire de comparer les animaux traités à des témoins de même sexe et de même évolution génitale. Malgré cette faible captation, la thyroïde de la Roussette possède néanmoins un important pouvoir de concentrer l'iode du sang, indiqué par le rapport 1* par gramme de thyroïde/1* par gramme de sang. La répartition du radioiode dans les différentes fractions iodées thyroïdiennes montre qu'à l'intervalle de temps considéré, l'iode ionique représente moins de 10 % de l'iode total et la thyroxine de 19 à 24 %. Ces résultats confirment et étendent ceux que nous avons obtenus précédemment ([3]).

2° Chez les animaux ayant reçu du thiouracile, la fixation du radioiode dans la thyroïde est très inférieure à celle des témoins (10 à 12 fois moindre environ); il en est de même si on l'exprime par g de thyroïde. Cependant, la thyroïde concentre l'iode du sang à un taux appréciable mais inférieur aux témoins. Si l'on considère maintenant la répartition du radioiode dans la thyroïde, on constate que l'iode ionique représente plus des trois quarts de la

([3]) J. Leloup, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 635.

dose fixée et que la thyroxine radioactive n'a pu être caractérisée qu'à l'état de traces. La diminution de la captation d'iode et de l'inhibition de la synthèse de thyroxine sont déjà évidentes après 7 jours de traitement et, après 43 jours, tout l'iode fixé est sous forme ionisée. Cette inhibition semble persister un certain temps après l'arrêt du traitement; en effet, 7 jours après cessation de celui-ci, la synthèse de la thyroxine n'a pas repris et la captation d'iode est toujours inférieure à celle des témoins. Ces résultats sont en accord avec ceux récemment obtenus par Olivereau ([4]) chez la même espèce au moyen de la technique historadiographique. L'effet des antithyroïdiens chez les Sélaciens est donc analogue, au point de vue biochimique, à celui observé chez les Mammifères par de nombreux auteurs, notamment Joliot et coll. ([5]) et Chaikoff et Taurog ([6]) : ces substances inhibent la liaison organique de l'iode et la synthèse de la thyroxine, et diminuent mais n'empêchent pas la captation de l'iode par la thyroïde.

3° Il est à noter enfin que le radioiode disparaît plus rapidement du sang des animaux traités que chez les témoins, alors que, cependant, l'excrétion dans le milieu extérieur est environ deux fois plus élevée chez les témoins. Cette contradiction apparente paraît s'expliquer par une accumulation du radioiode dans certains tissus de l'animal recevant l'antithyroïdien, le muscle notamment. C'est ainsi que la valeur du rapport I^* par g de muscle/I^* par g de sang, qui est de 0,25 chez un témoin, atteint 11,8 chez l'animal traité. Nous poursuivons l'étude de ce dernier phénomène.

BIOLOGIE. — *Régénérats testiculaires et caractères sexuels secondaires chez le Coq domestique. Eunuchoïdisme par hypoplasie interstitielle glandulaire.* Note (*) de MM. **Jacques Benoit**, **Émile Brard** et **Ivan Assenmacher**, présentée par M. Robert Courrier.

La structure de régénérats testiculaires observée chez quatre chapons autorise à confirmer la théorie de Bouin et Ancel selon laquelle l'hormone testiculaire ne provient pas des tubes séminifères, mais des cellules glandulaires de Leydig. Elle confirme en outre la thèse de l'origine tubulaire, et non conjonctive, de ces éléments.

L'un de nous a antérieurement décrit, chez des Coqs castrés, la structure de régénérats testiculaires hormoniquement inactifs sur les caractères sexuels (crête). Entre des tubes parfois bien développés et élaborant des spermato-

([4]) *C. R. Soc. Biol.*, 146, 1952 (sous presse).

([5]) F. Joliot, D. Bovet, R. Courrier, A. Horeau, G. Poumeau-Delille et P. Süe, *C. R. Soc. Biol.*, 139, 1945, p. 278.

([6]) *Ann. New York Acad. Sc.*, 50, 1949, p. 377.

(*) Séance du 9 juin 1952.

zoïdes, le tissu interstitiel était dépourvu de cellules glandulaires de Leydig ou n'en contenait qu'un très petit nombre ([1]) et ([2]).

Des autopsies de chapons, castrés depuis plus de deux ans par le regretté Docteur F. Caridroit, à la Station physiologique du Collège de France, nous ont permis d'enregistrer des résultats analogues. La rareté de ces cas très instructifs nous incite à en rapporter ici les caractéristiques essentielles.

Cinq Coqs, castrés bilatéralement, présentaient à l'autopsie des régénérats testiculaires, pesant de 0,152 à 0,540 g (*cf.* tableau). Trois sujets présentaient une crête de castrat, un une crête très légèrement conditionnée, le cinquième une crête très développée (73 × 127 mm). Le tableau synoptique ci-joint donne les résultats de l'examen histologique, pratiqué après fixation au Helly et coloration mitochondriale selon Benoit et Staübli ([3]).

N° du sujet		865.	708.	709.	736.	879.
Délai castration-autopsie		2 ans, 2 mois	2 ans, 2 mois, 15 jours	2 ans, 2 mois	2 ans, 2 mois, 15 jours	10 mois
Condition-nement.	Crête	0	0	0	ε	++++++
	Épididyme	0	ε	0	ε	+++
Poids régénérats testicul. (gr).		0,152	0,400	0,540	0,350	0,323
Tubes sexuels.	Stériles	+	+++	+++	++	+
	Séminifères	+++	+	+++	++	+++
Présence de spermies		+	+	+	+	+
Cellules interstitielles de Leydig		ε	ε	0	ε	+++ (normales)

Tous les régénérats contenaient, en plus ou moins grand nombre, des tubes spermatogènes et des tubes stériles. Les régénérats du sujet 709 ne possédaient aucune cellule glandulaire de Leydig. Ceux des sujets 865, 708 et 736 n'en contenaient qu'en quelques points très localisés du parenchyme testiculaire. Ceux enfin du sujet 879 présentaient des cellules de Leydig normales, tant par leur répartition uniforme dans tous les espaces intertubulaires que par leur structure : elles étaient riches en chondriosomes et en plastes.

Ces résultats attestent d'une part un parallélisme étroit entre l'état de la glande interstitielle de Leydig (nombre et degré d'activité des cellules) et celui des caractères sexuels secondaires (degré de développement de la crête et d'activité des canaux efférents et épididymaire), et d'autre part une discordance manifeste entre l'état de ces derniers et celui des tubes testiculaires.

Ces constatations confirment une fois de plus la théorie de Bouin et Ancel selon laquelle l'hormone sexuelle mâle ne provient pas des tubes séminifères, mais des cellules interstitielles de Leydig. Il est remarquable en effet que les

([1]) J. Benoit, *Arch. Zool. exp. et Gén.*, 69, 1929, p. 219-500.
([2]) J. Benoit, *C. R. Soc. Biol*,, **129**, 1938, p. 234.
([3]) *C. R. Ass. Anat. Nancy* (sous presse).

régénérats du sujet 709, pesant 0,540 g, pourvus d'un abondant parenchyme tubulaire, mais privés de cellules de Leydig, n'aient exercé aucune action sur les caractères sexuels, alors que des régénérats de 0,323 g seulement, mais dotés d'une glande de Leydig normale, ont conditionné un développement complet de la crête (sujet 879). Nous rappellerons d'ailleurs qu'un régénérat testiculaire de 0,026 g seulement, pourvu de cellules interstitielles de Leydig, a suffi, chez un chapon incomplet (H 11), pour entraîner un conditionnement appréciable de l'organe érectile ([1]) et ([2]).

Nos observations histologiques sont d'autre part en accord avec la thèse de l'origine embryologique spéciale des cellules de Leydig, qui ne proviennent pas des fibroblastes du tissu conjonctif intertubulaire, mais des cellules végétatives des tubes sexuels ([1]). En effet, les cellules conjonctives n'ont pas été capables, chez nos quatre premiers sujets, de suppléer à la carence en cellules de Leydig. En outre nous avons pu constater, chez 865, 708 et 736, que ces cellules provenaient de la métaplasie d'éléments sertoliens libérés par la fragmentation de certains cordons, séminifères ou stériles.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Nature des corrélations entre les opercules du Serpulide* Hydroïdes norvegica (Gunn.). Note de M. **Marcel Abeloos**, présentée par M. Maurice Caullery.

Le phénomène de « régénération compensatrice » des opercules de l'Annélide *Hydroïdes* révèle l'existence de relations réciproques d'inhibition entre les deux organes en position symétrique : un appendice développé ou en développement inhibe chez son partenaire la transformation de l'ébauche embryonnaire (opercule « rudimentaire ») en organe adulte (opercule « fonctionnel »). En vue de préciser la voie suivant laquelle s'exercent ces corrélations, je me suis efforcé de supprimer l'inhibition par une intervention portant sur les régions du corps séparant les deux opercules.

1° Des ablations du prostomium, de la « trompe », des incisions sagittales s'étendant jusqu'à l'extrémité antérieure du vaisseau dorsal demeurent sans effet, indiquant que les connexions morphogénétiquement efficaces entre les deux opercules doivent être recherchées dans la partie antérieure du thorax.

2° J'ai obtenu, par contre, avec une grande fréquence, des résultats positifs en pratiquant, d'un côté du corps, une incision latéroventrale au pied de la base branchio-operculaire, sans léser le vaisseau branchio-operculaire. Cette intervention nécessite l'ablation d'une partie de la collerette et de la membrane thoracique et d'au moins un parapode, amputations inefficaces par elles-mêmes.

Une telle incision, pratiquée du côté de l'opercule fonctionnel, provoque le développement de l'opercule rudimentaire opposé. Du côté de l'opercule rudimentaire, elle détermine le développement de celui-ci. Lorsqu'on coupe ensuite simultanément les deux opercules fonctionnels obtenus par l'une de ces interventions, ils régénèrent tous deux en opercules fonctionnels. Les deux organes ne sont cependant pas devenus indépendants. En effet, l'opercule fonctionnel du côté non opéré, sectionné seul, régénère bien un opercule fonctionnel; mais l'opercule fonctionnel du côté opéré, sectionné seul, ne donne qu'un opercule rudimentaire, qui ne se développera que si l'on enlève ultérieurement l'opercule fonctionnel du côté intact. Tout se passe comme si l'opercule du côté opéré n'exerçait plus d'inhibition sur son partenaire, mais continuait à être sensible à l'influence inhibitrice de celui-ci : par suite de l'asymétrie créée par l'opération, les relations d'inhibition ne sont plus réciproques.

3° L'intervention précédemment décrite provoque souvent le développement, du côté opéré, d'un demi-panache supplémentaire complet, avec opercule et filaments branchiaux, en position plus latérale que le demi-panache normal. Les relations entre les *trois opercules* ainsi obtenus sont assez complexes. Entre les deux opercules primitifs, les relations ne sont pas réciproques. Entre l'opercule unique du côté intact et l'opercule supplémentaire, on observe les relations habituelles d'inhibition réciproque. Enfin, entre les deux opercules, normal et supplémentaire, du même côté se manifestent également des relations d'inhibition qui sont réciproques.

4° A la suite d'ablations de toute une moitié latérale de la partie antérieure du corps de l'Annélide, j'ai obtenu, dans certains cas, le développement d'un groupe médian de filaments branchiaux sans opercule et d'un demi-panache latéral avec opercule en position anormale. En dépit du bouleversement des connexions vasculaires et nerveuses, les relations observées entre cet opercule et l'opercule intact étaient les relations habituelles d'inhibition réciproque.

La discussion de ces données permet de rejeter l'hypothèse d'une substance inhibitrice spécifique produite par l'opercule fonctionnel et toute hypothèse impliquant des corrélations par voie sanguine ou par voie nerveuse. Les corrélations entre les opercules s'exercent par l'intermédiaire des tissus mésenchymateux et sont de même nature que les relations de « *dominance* » observées, par exemple, entre les polypes normal et hétéromorphique régénérés par le tronc d'un Hydraire (*Tubularia*, *Corymorpha*). La régénération compensatrice offre cependant deux particularités qui rendent son analyse fructueuse du point de vue des mécanismes fondamentaux de la Morphogenèse :

1° La dominance s'exerce, dans ce cas, sur des ébauches embryonnaires

(opercules rudimentaires) déjà constituées et concerne leur possibilité de détermination (« morphochorèse » de Dalcq);

2° Le substratum des relations de dominance est un territoire médian qui, intégré dans l'axe de corps, possède une étendue et des propriétés métaboliques fixes. La dominance est le résultat d'une *compétition* entre les opercules ou ébauches operculaires pour la possession de ce territoire, dont l'*annexion physiologique* à une ébauche latente transforme celle-ci en un *champ morphogénétique actif* capable de ségrégations ultérieures.

Ainsi conçue, la régénération compensatrice fournit une base expérimentale à une théorie du champ morphogénétique autorégulateur fondée sur une *différenciation métabolique qualitative* de ses parties, traduisant la localisation dans les différentes régions du champ des étapes successives d'une *chaîne de réactions* chimiques solidaires les unes des autres. Toute déficience dans un tel champ aurait pour conséquence une accumulation de produits intermédiaires provoquant, par adaptation diastasique, la synthèse des ferments caractéristiques des niveaux à restituer.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude comparative de la libération de l'acide pantothénique du foie par autolyse et par des ferments exogènes.* Note de Mlle **Christiane Marnay**, présentée par M. Maurice Javillier.

Le principe d'une libération importante d'acide pantothénique par autolyse du foie est connu depuis 1934 ([1]). De nombreux auteurs l'ont confirmé ([2]), cherchant néanmoins à libérer cette vitamine par l'addition d'enzymes exogènes : takadiastase ([3]), mylase P ([4]), pancréatine ([5]), clarase ([6]). L'étude de la dégradation du coenzyme A, principale forme de l'acide pantothénique combiné ([7]), ayant montré qu'un « enzyme hépatique » et une phosphatase intestinale sont indispensables pour que la totalité de la vitamine soit dosée par voie microbiologique ([8]), une technique analytique utilisant ces deux

([1]) E. Rohrman, G. Burget et R. J. Williams, *Proc. Soc. exp. Biol. Med.*, 32, 1934, p. 473.

([2]) D. Pennington, E. E. Snell et R. J. Williams, *J. Biol. Chem.*, 135, 1940, p. 213.

([3]) V. H. Cheldelin, M. A. Eppright, E. E. Snell et B. M. Guirard, *Univ. Texas publ.*, 1942.

([4]) H. Buskirk et R. A. Delor, *J. Biol. Chem.*, 145, 1942, p. 707.

([5]) H. A. Waisman, L. M. Henderson et J. M. Mc Intire, *J. Nut.*, 23, 1940, p. 239.

([6]) L. Atkin, R. J. Williams, A. S. Schultz et C. N. Free, *Ind. Eng. Chem. Anal. ed.*, 16, 1944, p. 67.

([7]) F. Lipmann, N. O. Kaplan, G. D. Novelli, L. C. Tuttle et B. M. Guirard, *J. Biol. Chem.*. 167, 1947, p. 869.

([8]) G. D. Novelli, N. O. Kaplan et F. Lipmann, *J. Biol. Chem.*, 177, 1949, p. 97.

préparations enzymatiques a été proposée ([9]). Les taux d'acide pantothénique ainsi déterminés sont supérieurs à ceux obtenus par les méthodes plus anciennes, à la mylase P en particulier ([10]).

Nous comparons la méthode aux deux enzymes à l'autolyse incomplètement étudiée jusqu'ici, ce qui doit permettre au point de vue théorique de savoir si le foie renferme tous les enzymes nécessaires à la libération de tout l'acide pantothénique, et, au point de vue pratique, de proposer une méthode de dosage plus simple de la vitamine totale du foie.

Nous avons utilisé le foie de Rat ou de Lapin prélevé immédiatement à la mort de l'animal et conservé à — 20°. D'une part l'extraction est faite selon Novelli et Schmetz ([2]) avec un « enzyme hépatique » et une phosphatase intestinale identique aux produits utilisés par ces auteurs ([11]), et d'autre part, l'autolyse est obtenue en plaçant des fragments de foie pendant 16 h à 37° dans l'eau distillée ([12]). L'acide pantothénique total est dosé dans chaque préparation par la méthode de Skeggs et Wright ([13]) utilisant la croissance de Lactobacillus arabinosus (tableau I).

TABLEAU I.

Acide pantothénique total en microgrammes par gramme de foie frais.

	Autolyse.	Méthode Novelli et Schmetz « enzyme hépatique » + phosphatase intestinale.
Foies de rats (moyenne de 14 expériences).....	96	84
Foies de lapins (moyenne de 2 expériences)....	43	41

Ces chiffres montrent qu'il existe dans le foie un système enzymatique permettant une libération de l'acide pantothénique aussi importante que celle obtenue par la technique aux deux enzymes.

L'explication théorique de ce fait conduit en premier lieu à rechercher si la préparation de « l'enzyme hépatique » n'entraîne pas une perte importante de l'activité phosphatasique. Celle-ci, exprimée selon Schmidt et Thannhauser ([14]), varie de 1,5 à 5,4 U/g, suivant les extractions, la poudre de foie initiale ayant une activité de 10 U/g. La perte d'activité phosphatasique n'est donc pas très considérable.

([9]) G. D. NOVELLI et F. J. SCHMETZ, *J. Biol. Chem.*, 192, 1951, p. 181.

([10]) J. B. NEILANDS et F. M. STRONG, *Arch. Biochem.*, 19, 1948, p. 287.

([11]) Extraits préparés et aimablement fournis par la Société Armour, Chicago.

([12]) L'autolyse strictement aseptique donne les mêmes résultats.

([13]) *J. Biol. Chem.*, 156, 1944, p. 21.

([14]) *J. Biol. Chem.*, 149, 1943, p. 369.

La poudre de foie mise pendant 16 h à 37° dans l'eau distillée est capable de libérer son propre acide pantothénique combiné : 225 μg/g, la technique aux deux enzymes ayant donné 194 μg/g. Cependant, employés comme enzymes exogènes, la poudre de foie ou « l'enzyme hépatique » seul, sont insuffisants pour libérer le pantothénate combiné, tandis que le foie frais, en quantité équivalente est efficace (tableau II).

TABLEAU II.

Acide pantothénique libéré à partir d'un extrait de foie.

Extrait de foie (par l'eau bouillante), traité :	Foie traité. (μg/g).
1. Phosphatase intestinale + « enzyme hépatique »	56
2. « Enzyme hépatique »	28
3. Poudre de foie ayant servi à préparer « l'enzyme hépatique »	41
4. Foie frais	57

D'après ces résultats, « l'enzyme hépatique » ne possède plus toutes les activités enzymatiques du foie frais et la poudre de foie, capable de libérer son propre acide pantothénique, n'a pas, dans les conditions réalisées, la capacité de détacher cet acide de l'extrait de foie, alors qu'elle est employée comme source d'enzymes exogènes.

En résumé, le foie contient l'ensemble enzymatique nécessaire à la libération de son acide pantothénique combiné, car l'autolyse libère des quantités de cette vitamine égales ou légèrement supérieures à celles obtenues à l'aide d'enzymes exogènes.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Préparation du corps antirachitique dérivant du 2.4, 2'.4'-bicholestadiène.* Note de M. **Yves Raoul**, M[lle] **Noellie Le Boulch**, MM. **Jean Chopin**, **Paul Meunier** et M[me] **Andrée Guérillot-Vinet**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons décrit (1) l'obtention du corps responsable de l'activité antirachitique qui apparaît lors du traitement à chaud du cholestérol par un mélange d'acide sulfurique et d'anhydride acétique. Cette réaction, extrêmement violente, donne naissance à de nombreux produits de dégradation très mouillants qui ont longtemps retardé l'isolement du corps actif obtenu seulement en très petite quantité (Rdt 0,03 %).

Nous avons montré (2) qu'un bicholestadiène devait être considéré comme

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1258.
(2) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1154.

un intermédiaire essentiel dans cette réaction et l'étude de la structure de ce corps ([3]) a permis de préciser l'insaturation en 2.4, 2'.4'. Ce corps, généralement peu vulnérable aux agents chimiques, s'est révélé photosensible ([4]) et susceptible de conduire, avec un meilleur rendement, au même composé antirachitique.

On introduit 40 mg de 2.4, 2'.4'-bicholestadiène dans une fiole conique en quartz de 220 cm³ emplie de benzène et dans laquelle plonge un agitateur rotatif tournant à vitesse modérée. On irradie une demi-heure à l'aide d'une lampe Philips à hydrogène moyenne pression, type 1186 O/83 munie d'un réflecteur cylindrique, située à 18 cm de la fiole. La température s'élève et la dissolution du tétrène a lieu progressivement. A la fin de l'irradiation, la solution est légèrement jaune. On chasse le benzène sous vide et l'on reprend par 10 cm³ d'éther sans peroxyde. On filtre et l'on évapore sous vide. On reprend le résidu par 10 cm³ de tétrachlorure de carbone. On filtre sur une colonne d'alumine pour chromatographie Prolabo et l'on rince avec du tétrachlorure jusqu'à ce qu'il sorte incolore. On fait alors passer de l'éther sulfurique sans peroxyde qui élue un anneau jaune. Après avoir chassé l'éther sous vide, on chauffe à l'ébullition le résidu repris dans 1 cm³ de potasse méthanolique à 1 %. Après dilution dans 20 cm³ *d'eau du robinet*, on extrait à l'éther sans peroxyde. Le premier épuisement immédiat est rejeté et on laisse une nouvelle portion d'éther sulfurique pendant une nuit. Cette seconde extraction enlève le corps actif. Après concentration à 5 cm³, on filtre rapidement sur une petite colonne d'alumine Prolabo, puis on achève la concentration sous azote à un très petit volume (1 cm³ environ), auquel on ajoute quelques gouttes de méthanol jusqu'à trouble maximum. On abandonne à la glacière à — 20° C et l'on centrifuge rapidement. Le précipité constitue le corps actif (Rdt à partir du bicholestadiène : 5 %).

Depuis le stade de la chromatographie dans CCl_4, tous les stades de l'isolement sont comparables à ceux décrits pour terminer l'extraction à partir de la réaction à l'acide sulfurique sur le cholestérol ([4]). On obtient, au rendement près, un précipité tout à fait analogue dans les deux cas.

Malgré la possibilité de redissoudre le corps dans l'éther sulfurique et de le faire reprécipiter à — 20°, on n'obtient pas de cristaux. Ce fait est dû à l'entraînement de substances minérales (notamment de calcium) fortement fixées sur le corps actif et provenant de l'eau du robinet. Celles-ci sont d'ailleurs indispensables pour obtenir la précipitation du corps actif et la conservation de sa structure, notamment de l'insaturation responsable du spectre à 265 mμ. Les purifications successives peuvent faire varier la proportion du résidu minéral après combustion, qui est de 15 à 25 % sans tendre à l'éliminer. Les cristaux arbusculaires décrits précédemment ([1]), difficiles à obtenir, donnent aussi un résidu minéral. Les corps actifs des deux origines ont mêmes caractéristiques.

En tube capillaire, on observe une rétraction entre 85 et 90°, la liquéfaction entre 115 et 125°, avec un résidu infusible en suspension dans le liquide. Le

([3]) *Bull. Soc. Chim.*, 18, 1951, p. 616.
([4]) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 33, 1951, p. 1223.

spectre d'absorption, mesuré rapidement dans l'éther sulfurique sans peroxyde, montre un maximum unique à 265 mμ pour lequel $E^{1\%}_{1cm} = 120$. Le rapport $C/H = 7,3$. Le poids moléculaire est au moins égal à 1000 (cryoscopie dans le camphre). *L'activité antirachitique est au minimum de* 20 000 000 *d'U. I./g* sur le Rat. Il est indispensable d'utiliser pour ce test des solutions dans une huile *venant d'être neutralisée.*

En résumé, l'irradiation du 2.4, 2'.4'-bicholestadiène conduit à un corps hautement antirachitique analogue à celui isolé de la réaction de l'acide sulfurique et de l'anhydride acétique sur le cholestérol. Le meilleur rendement et la possibilité d'isoler des composés intermédiaires ouvre de meilleures perspectives pour l'étude de la structure d'une substance différant sensiblement de la vitamine D_3 et ayant une grande affinité pour les métaux.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Vitesses de croissance de plusieurs espèces bactériennes utilisant les pentoses comme source de carbone.* Note de M. **Jacques Nicolle** et Mlle **Yvonne Joyeux**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Nous avons réalisé de nombreuses expériences de croissance bactérienne en introduisant successivement, dans notre milieu synthétique habituel (1), comme source de carbone, les antipodes optiques de l'arabinose, le *d* (+) xylose, le *d* (—) ribose et le *d* (—) lyxose.

1. Espèces bactériennes utilisées : *Bacillus subtilis* Bromborough, *Protéus vulgaris X.* 19, *Salmonella enteritidis* Danitz, *Escherichia coli* Monod. *Salmonella enteritidis* Gaertner *Hornus*, *Proteus morgani* I et IF. *Shigella flexneri*, *Salmonella paratyphi A.* Rivolen, *Salmonella paratyphi B.* Jourdan, *Salmonella typhi H* 901 Lister, *Pseudomonas æruginosa mélanifere*, *Klebsiella pneumoniæ B.*, *Shigella dysenteriæ* 35 (2).

Le classement des pentoses par ordre de vitesse d'utilisation fut le suivant : *l* (+) arabinose, *d* (+) xylose, *d* (—) ribose, *d* (—) lyxose, *d* (—) arabinose. Des expériences antérieures ont montré que le *l* (—) xylose ne permettait aucune croissance (3).

Le *d* (—) lyxose n'a été utilisé que par quatre espèces : *Salmonella enteritidis* Danitz, *Escherichia coli* Monod, *Salmonella paratyphi B.* Jourdan et *Salmonella typhi H* 901 Lister. Dans ces cas, le rendement a été aussi bon qu'avec les autres pentoses.

---

(1) A. Lwoff, F. Nitti et Mme Tréfouël, *Ann. Inst. Pasteur*, 67, 1941, p. 177.

(2) Souches de l'Institut Pasteur de Paris.

(3) J. Nicolle et Y. Joyeux, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1390.

2. Nous donnons ci-dessous les courbes de croissance de deux espèces : *Salmonella enteritidis* Danitz et *Escherichia coli* Monod. Les temps sont portés en abscisses et en ordonnées figurent les densités optiques obtenues

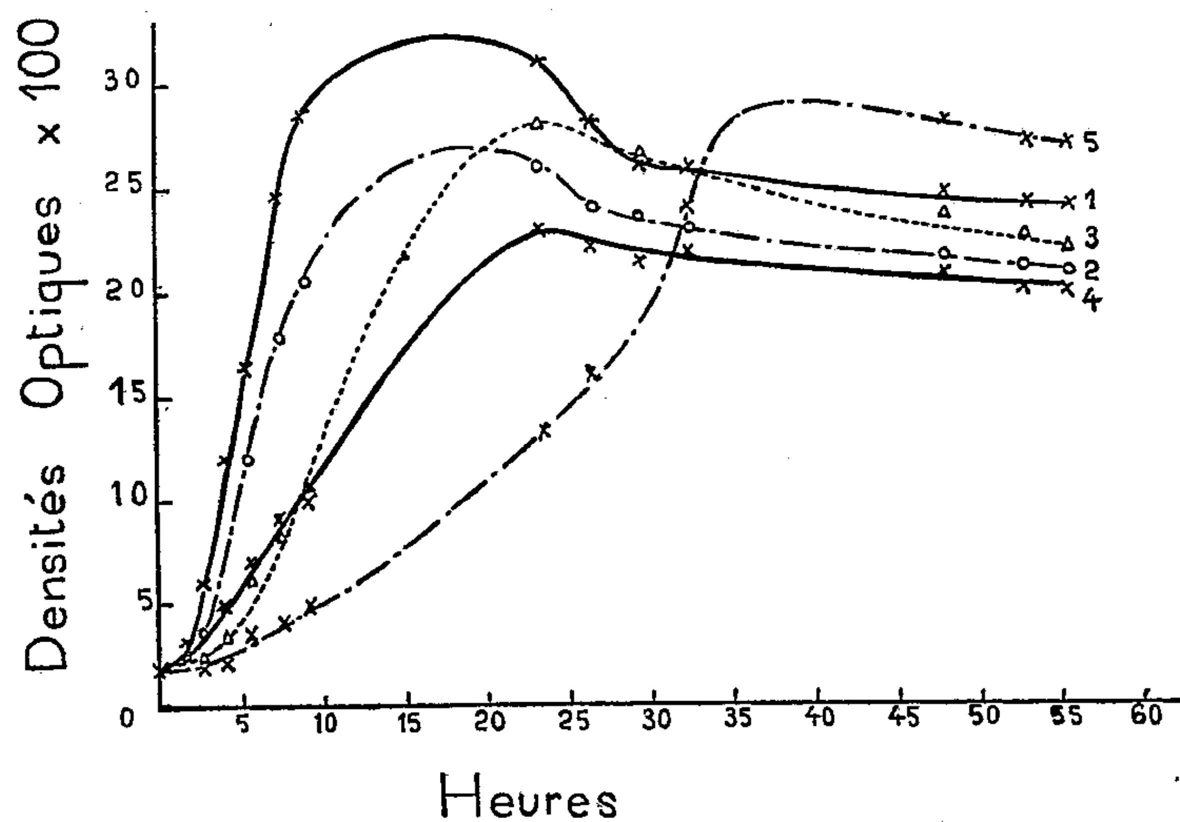


Fig. 1 : *Salmonella enteritidis* Danitz. — 1. *d* (+) glucose; 2. *l* (+) arabinose; 3, *d* (+) xylose; 4, *d* (—) ribose; 5, *d* (—) lyxose. Chaque corps : 0,003 g/cm³.

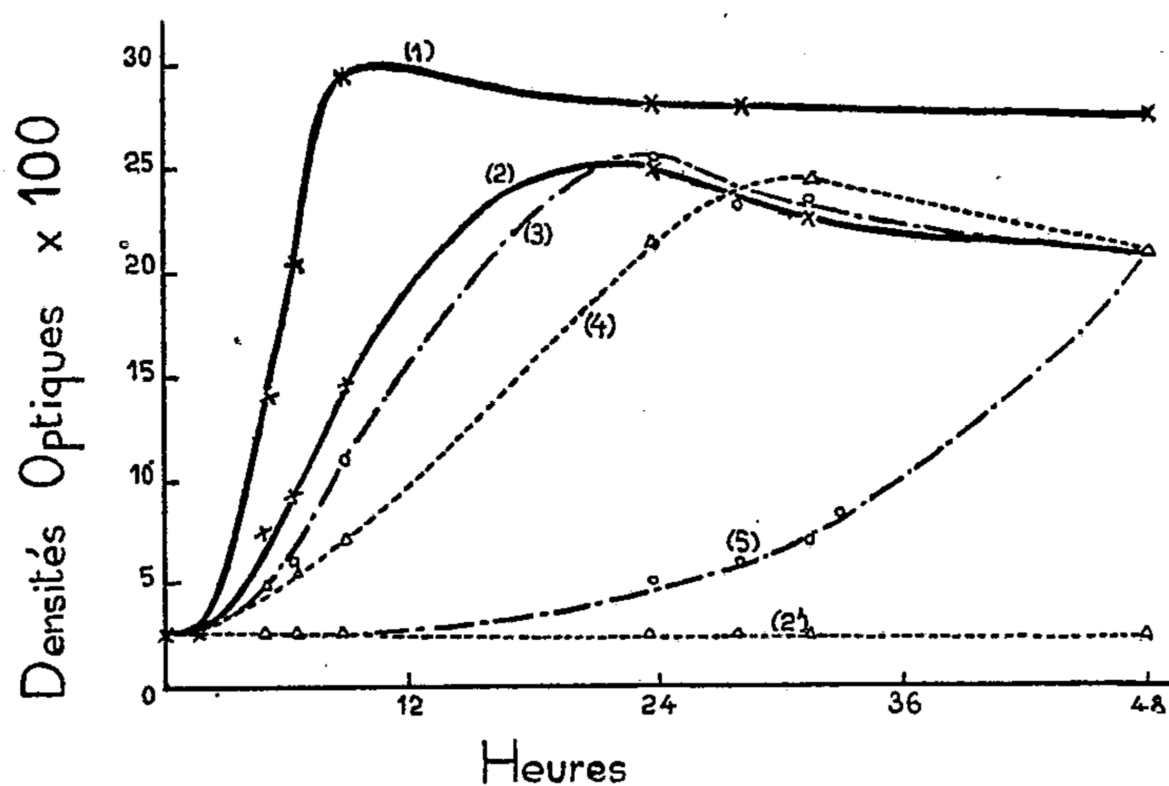


Fig. 2 : *Escherichia coli* Monod. — 1, *d* (+) glucose; 2, *l* (+) arabinose; 2', *d* (—) arabinose; 3, *d* (+) xylose; 4, *d* (—) ribose; 5, *l* (—) xylose. Chaque corps : 0,003 g/cm³.

au moyen de l'appareil de Coleman (longueur d'onde : 7 000 Å, tube de 24 mm de diamètre).

Ces courbes montrent nettement les différences de vitesses d'utilisation des pentoses suivant l'ordre indiqué au titre 1.

3. Le temps de latence avec le *d* (—) lyxose étant particulièrement grand, nous avons cherché à obtenir une croissance plus rapide par des repiquages successifs sur ce sucre. Après trois passages espacés de 24 h, nous avons eu une croissance aussi rapide que sur le *d* (+) glucose qui nous a servi de témoin au cours de nos travaux. Ayant ensemencé un milieu contenant du glucose et du lyxose avec une souche d'*Escherichia coli* Monod cultivée précédemment en lyxose nous avons constaté un phénomène de diauxie ([4]), ce qui permet de penser à une adaptation.

Conclusion. — Les résultats qui précèdent montrent, en particulier, que lorsque les quatre pentoses peuvent convenir à une espèce bactérienne, des différences se produisent dans les vitesses d'utilisation suivant les divers isomères et les écarts les plus grands ont lieu pour les antipodes optiques.

A 15 h 40 m l'Académie se forme en Comité secret.

([4]) J. Monod, *La croissance des cultures bactériennes*, Hermann et Cie, Paris, 1942.

COMITÉ SECRET.

La Section de Médecine et Chirurgie, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *Henri Hartmann*.

En première ligne............	M. **Louis Bazy**.
En seconde ligne, ex æquo, *et par ordre alphabétique*......	MM. **Pierre Brocq**. **Maurice Chevassu**.
En troisième ligne............	M. **François de Gaudart d'Allaines**.

Les titres de ces candidats sont discutés. L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

MM. **Pierre Deffontaines** et **André de Cayeux**, dit **Cailleux**, sont adjoints à la délégation chargée de représenter la France à l'Assemblée générale de l'**Union internationale de Géographie**.

La séance est levée à 16 h 45 m.

R. C.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 17 mars 1952.)

Note présentée le 10 mars 1952, de Mme *Denise Laforgue-Kantzer*, Électrolyse de l'acide phosphorique entre électrodes de cuivre. Cas des faibles densités de courant :

Page 1286, 3e ligne, *au lieu de*

$$K_i C_i \exp - W_i (RT)^{-1} = \alpha_i,$$

lire

$$K_i C_i \exp - W_i (RT)^{-1} = a_i.$$

Page 1286, 3e ligne en remontant, *au lieu de* Tant que $a_{Cu^{++}} \leqq C$ (au début du passage en solution on a..., *lire* Tant que $a_{Cu^{++}} \leqq K$ (au début du passage en solution) on a....

(*Comptes rendus* du 16 avril 1952.)

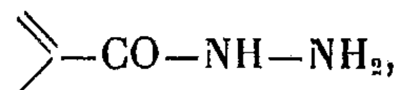
Note présentée le 7 avril 1952, de M. *Jacques Gilbert*, Sur la structure des sols de sulfure d'arsenic :

Page 1617, 16e ligne en remontant, *au lieu de* $0{,}3.10^{-2}$ N, *lire* $0{,}3.10^{-3}$ N.

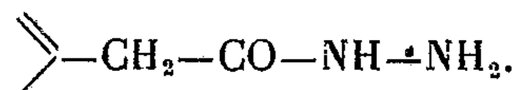
(*Comptes rendus* du 5 mai 1952.)

Note présentée le même jour, de MM. *N. P. Buu-Hoï*, *Maurice Welsch*, *Georges Dechamps*, *Henri Le Bihan*, *Fernand Binon* et *Charles Mentzer*, Activité tuberculostatique *in vitro* d'hydrazides de la série aromatique :

Page 1926, formule (III), *au lieu de*



lire



(*Comptes rendus* du 19 mai 1952.)

Note présentée le 12 mai 1952, de MM. *Georges Deflandre* et *Charles Fert*, Sur la structure fine de quelques coccolithes fossiles observés au microscope électronique. Signification morphogénétique et application à la systématique :

Page 2100, 17e, 13e, 9e et 4e lignes en remontant, *au lieu de* observées, certaines diverses, certaines, *lire* observés, certains, divers, certains.

Page 2101, 8e ligne en remontant, *au lieu de* microscope électronique, *lire* microscope optique.

Page 2101, 7e ligne en remontant, *au lieu de* grandes, *lire* grands.

» » 4e ligne en remontant, *au lieu de* observations, *lire* observation.

» 2102, 19e ligne, *au lieu de* celles-ci, *lire* ceux-ci.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 JUIN 1952.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** souhaite la bienvenue à M. **LUIZ DE BARROS FREIRES**, Professeur à l'Université de Recife, Brésil, qui assiste à la séance.

M. **ALBERT DEMOLON** rend compte des Cérémonies organisées à Nantes pour célébrer le Centenaire de la fondation, dans cette Ville, de la première **STATION AGRONOMIQUE**.

AÉRODYNAMIQUE. — *Caractères de l'écoulement autour d'une aile en flèche accentuée*. Note de M. **MAURICE ROY**.

De récentes recherches permettent de préciser le schéma de l'écoulement en question, où prédominent deux nappes enroulées en cornet et partant de la pointe avant de l'aile.

En écoulement subsonique et stationnaire, le schéma classique de Lanchester-Prandtl a fourni une base solide à la théorie tourbillonnaire de l'aile portante lorsque l'aile est assez allongée suivant son envergure et que celle-ci est elle-même assez « droite ».

Pour les ailes, à forte flèche de bord d'attaque et à faible allongement suivant leur envergure, que la technique moderne des avions rapides tend à utiliser de plus en plus, on ne saurait être surpris que ce schéma ne s'accorde plus avec la réalité, même aux basses vitesses de vol où la compressibilité de l'air n'intervient pas.

Ce point de vue apparaissant corroboré par certaines expériences sur des ailes en flèche, j'ai été amené à inspirer une série de recherches systématiques que, sous la direction de M. H. Girerd, les aérodynamiciens de l'O. N. E. R. A. ont poursuivies depuis près d'un an pour visualiser et analyser les caractères de l'écoulement subsonique et stationnaire autour d'ailes du genre en question, de modèles assez variés et constituant une famille étendue.

Ces recherches, à l'orientation et à l'évolution desquelles M. Legendre a contribué, ont fait appel aux méthodes suivantes, dont certaines nouvelles, adaptées et mises en œuvre tant à Cannes qu'à Chalais-Meudon par MM. Bevert, Bismut, Gresser, Hirsch et Poisson-Quinton :

fils de soie collés à la paroi ou portés par des hampes;

fils de soie attachés à un grillage métallique disposé en aval de l'aile et orthogonalement à la vitesse générale ou à l'axe longitudinal de la voilure;

fumées injectées dans l'écoulement;

peintures fluides à base de kaolin pour l'étude de l'écoulement le long des parois.

Un tunnel hydraulique vertical, réalisé à Châtillon selon mes directives, a permis à MM. Peronne et Werle d'exploiter, suivant une suggestion de M. Legendre, une visualisation commode et instructive par utilisation de minuscules bulles d'air contenues dans l'eau émulsionnée. M. Werle a également utilisé, dans ce tunnel, des filets fins de lait concentré.

Réserve faite de différences principalement occasionnées par la variation du nombre de Reynolds, toutes ces expériences ont fourni une documentation cohérente, qui confirme notamment la formation de deux tourbillons principaux, issus de la pointe avant (ou apex) de l'aile en flèche et se développant initialement en une sorte de V ouvert vers l'aval et disposé au-dessus de l'extrados, tourbillons bien caractérisés dès que l'incidence est de l'ordre de 6 à 8°.

Pour les ailes en question, ces tourbillons paraissent éclipser en quelque sorte les tourbillons marginaux du schéma de Lanchester-Prandtl en lesquels se résout, par enroulement latéral, la nappe de tourbillons libres issue du bord de fuite d'une aile sensiblement droite.

Le courant d'extrados, plongeant par dessus l'apex de la « flèche cabrée » que constitue l'aile étudiée, se déverse latéralement sur le dos de l'aile en longeant les courants, également déviés latéralement par la forme en flèche, que le flux d'intrados fait déferler vers l'extrados en contournant le bord d'attaque.

A la lumière de ces expériences, exécutées avec beaucoup de talent, les deux tourbillons principaux d'apex me paraissent provenir, pour chaque demi-aile, de l'enroulement en « cornet » d'une nappe tourbillonnaire se détachant de l'extrados, à peu près orthogonalement à celui-ci et le long d'une ligne quasi droite partant de l'apex, ligne plus ou moins voisine du bord d'attaque géométrique et constituant la trace sur l'extrados d'une « cloison » tourbillonnaire entre les deux courants d'intrados et d'extrados visés ci-dessus.

Les photographies reproduites ci-contre à titre d'exemples montrent bien, par projection du courant sur un plan transversal à l'aile, l'existence du tourbillon principal d'apex, sur l'extrados d'une demi-aile à forte flèche.

L'explication du mécanisme de la formation des tourbillons principaux d'apex doit faire appel à une difficile analyse des mouvements de la couche-

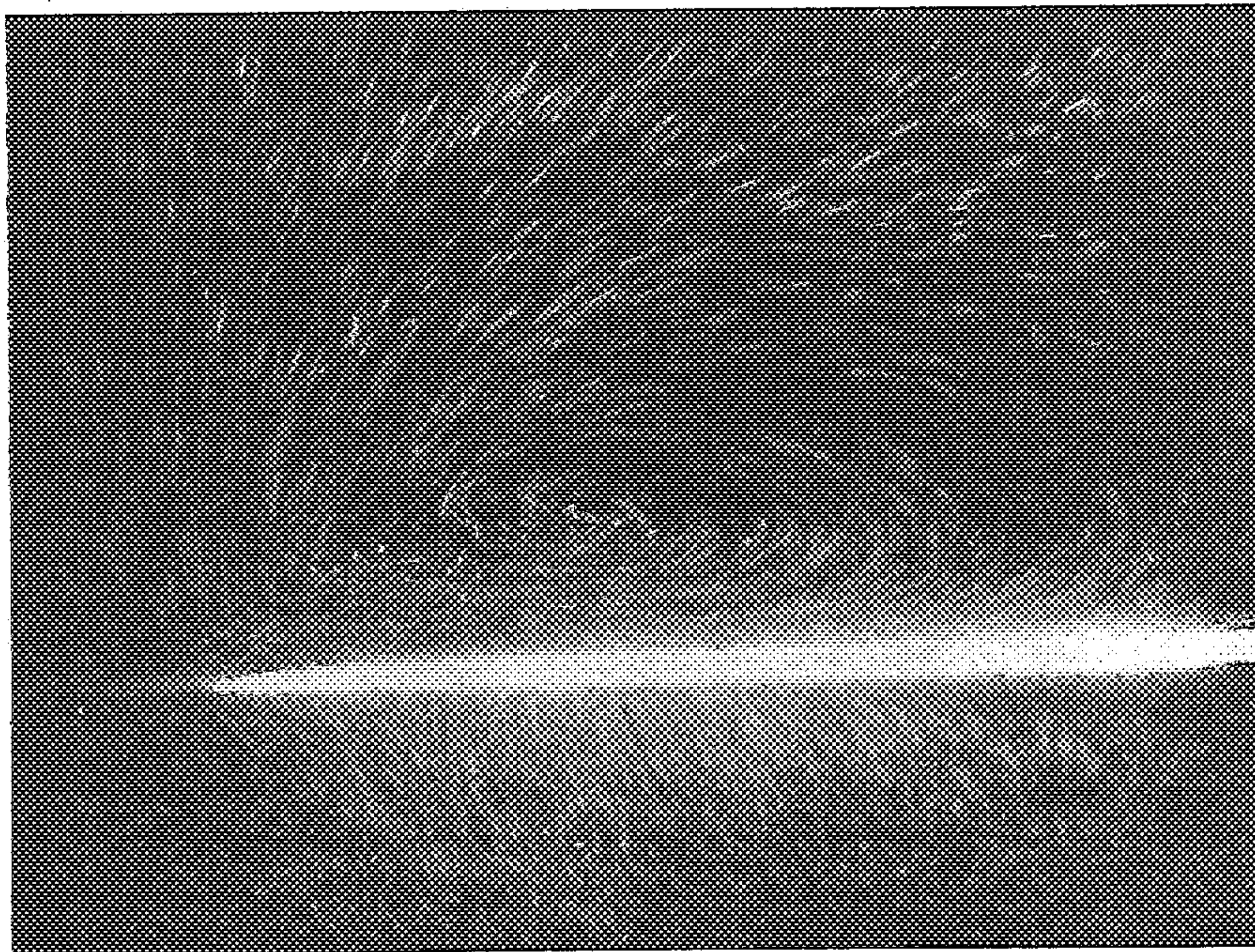


Fig. 1.

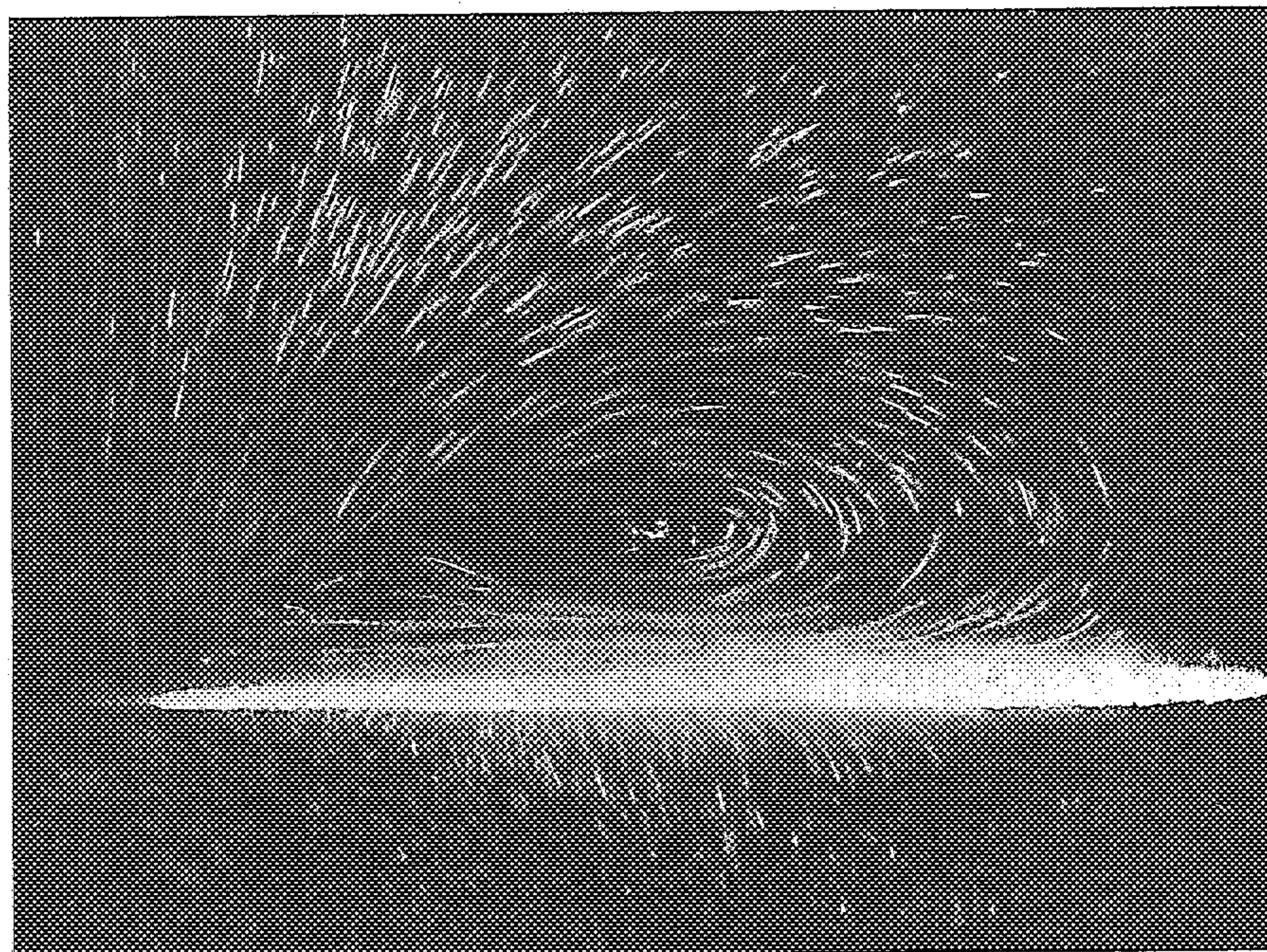


Fig. 2.

limite, de part et d'autre de la ligne de détachement des nappes en cornet.

La localisation de l'axe d'un tourbillon principal d'apex est facilitée par l'émission de fumée à partir d'une bague creuse et perforée, dont j'ai préconisé l'emploi et dont l'axe est amené en coïncidence avec celui à localiser.

La présence d'une flèche notable au bord de fuite d'une aile du genre en question complique encore le schéma de l'écoulement décrit ci-dessus. En particulier et avec une intensité d'autant plus marquée que le bord de fuite des ailes en question présente lui-même une flèche vers l'arrière plus accentuée, un contournement en « lunule » du bord de fuite par le flux d'intrados se manifeste et se développe avec l'incidence, avec une importance accentuée par la flèche du bord de fuite, tandis qu'un tourbillon secondaire, analogue au tourbillon principal d'apex, mais atténué et décalé, apparaît et se développe aux incidences élevées.

Ces constatations, que complèteront et préciseront les recherches poursuivies, révèlent une complication notable du schéma tourbillonnaire qui devrait remplacer ici le schéma classique de Lanchester-Prandtl.

D'ores et déjà, les singularités, encore peu connues, qui ont été décelées, font mieux comprendre certaines particularités aérodynamiques des ailes en question, comme la faible pente des courbes de portance en fonction de l'incidence et la variation de cette pente avec l'incidence. Elles font aussi comprendre les difficultés d'hypersustentation de ces ailes, ainsi que certaines interactions insolites, aux incidences notables, de ces ailes sur des empennages classiques disposés en aval.

PHOTOGRAMMÉTRIE. — *Méthode de cheminement photogrammétrique aérien.* Note de M. GEORGES POIVILLIERS.

Les erreurs systématiques sont rendues aussi constantes que possible en maintenant la base fixe en grandeur et direction suivant l'axe des x. Les erreurs provenant des déformations locales anormales des faisceaux perspectifs sont éliminées. Les opérations sont réduites à un seul passage.

Le cheminement photogrammétrique aérien consiste dans l'enchaînement d'images plastiques successives, dont l'échelle et l'orientement sont ajustés sur l'image précédente. La première et la dernière image de la chaîne sont ajustées sur des points connus du terrain. Dans le « cheminement en antenne » seule la première image repose sur des points connus.

Dans cet enchaînement il y a cumul d'erreurs, un défaut d'orientement et d'échelle d'une image plastique se répercutant sur toutes les suivantes.

Ces défauts d'orientement et d'échelle des images plastiques et leurs déformations propres peuvent avoir un caractère accidentel, tels sont ceux provenant

de l'imprécision de la correction de la parallaxe transversale. Le cumul des erreurs qu'ils entraînent se fait suivant des lois imprévisibles.

Les défauts provenant des imperfections de réglage des instruments ou des déformations constantes des faisceaux perspectifs ont un caractère systématique. Celui-ci est plus rigoureux si l'on se place dans les mêmes conditions pour la formation des images plastiques. Il est alors posssible d'établir des lois de cumul qui permettent de corriger les erreurs qu'ils entraînent.

Enfin d'autres défauts proviennent de déviations anormales de certains rayons perspectifs utilisés; ils introduisent des cassures dans les lois de cumul des erreurs systématiques.

Dans des Notes récentes (1) nous avons montré comment l'on pouvait former sans aucun tâtonnement et avec une très grande précision les images plastiques, et comment l'on pouvait diagnostiquer et éliminer l'influence perturbatrice des déviations anormales des rayons perspectifs.

La présente Note est relative à une méthode de cheminement fournissant des lois rigoureuses de cumul des erreurs systématiques.

Mode opératoire, mesures. — L'avion est supposé avoir suivi une trajectoire aussi régulière que possible, c'est-à-dire sans brusque variations de cap ni d'altitude; la cadence de prise de vue est également supposée régulière.

Dans le passage des couples sur l'appareil de restitution, la composante de base suivant l'axe des x est bloquée à une valeur immuable b, les composantes by et bz sont nulles. Les points de connexion ANA' sont marqués sur chaque cliché à l'aide d'un gabarit. Les images plastiques sont formées en utilisant exclusivement les rayons perspectifs correspondant à ces points ou a des points nets très voisins; les rayons anormalement déviés ne sont pas utilisés pour ces formations ni pour la connexion des couples.

Les mesures effectuées sont :

La mesure stéréoscopique des coordonnées xyz des points de connexion ANA';

La mesure des angles a et i des points marqués (possible seulement sur les stéréotopographes Poivilliers SOM type B) et celle des coordonnées xy de ces points pour un même éloignement constant z_0.

Dans le passage d'un couple à l'autre l'angle i du point N est conservé rigoureusement, ou corrigé en cas d'une déviation transversale anormale, ou en cas de brusque changement de cap.

Calcul des éléments de position d'un couple k. — Ces éléments sont au nombre de 7, la formation de l'image plastique ayant fixé 5 des 12 paramètres de position des deux faisceaux perspectifs. Dans tout ce qui suit nous ne tiendrons compte que des erreurs systématiques. Pour les notations on se reportera aux communications précédentes.

---

(1) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 2245, 2321 et 2407.

1. *Longueur de base $b_k = b - \Delta b_k$.* — La différence d'éloignement

$$\Delta z_k = z_k - z_{k-1}$$

d'un point de connexion entre le couple $(k-1)$ et le couple k vérifie la relation

$$\Delta z_k = \frac{z}{b}(\Delta b_k - \Delta b_{k-1}) + [\delta''_z - \delta'_z + b(\alpha'' + \alpha')] + y(\beta'' - \beta')$$

qui, appliquée au point $N(y = 0)$ et aux points A et $A'(y/z = \pm t)$, doit fournir deux valeurs égales de Δb_k

$$\Delta b_k = \Delta b_1 + \sum_2^k \frac{b}{z} \Delta z_N - e \sum_2^k \frac{b}{z}_N = \Delta b_1 + \frac{1}{2} \sum_2^k \left(\frac{b}{z} \Delta z_A + \frac{b}{z} \Delta z_{A'}\right) - \frac{e}{2} \sum_2^k \left(\frac{b}{z}_A - \frac{b}{z}_{A'}\right)$$

dans lesquelles

$$e = [\delta''_z - \delta'_z + b(\alpha'' + \alpha')] = \left[(\Delta b_1 - \Delta b_n) + \sum_2^n \frac{b}{z} \Delta z_N\right] : \sum_2^n \frac{b}{z}_N$$

$$= \left[2(\Delta b_1 - \Delta b\ \ ) + \sum_2^n \left(\frac{b}{z} \Delta z_A + \frac{b}{z} \Delta z_{A'}\right)\right] : \sum_2^n \left(\frac{b}{z}_A + \frac{b}{z}_{A'}\right).$$

2. *Inclinaison s_k de la base sur l'horizon et composante verticale bz_k.* — La différence $\theta_k = (a_k - a_{k-1})$ de calage angulaire du faisceau perspectif k comprend un terme constant α provenant des erreurs systématiques de calage et de la convergence des verticales aux extrémités de la base et au terme variable ε_k représentant la différence d'inclinaison des deux bases $(k-1)$ et k sur l'horizon : $\theta_k = \alpha + \varepsilon_k$, d'où l'inclinaison de la base

$$s_k = s_1 + \sum_2^k \theta - (k-1)\alpha$$

et la valeur de sa composante verticale $bz_k = (b - \Delta b_k) s_k$. Le couple n étant supposé appuyé sur des points dont le nivellement relatif est connu on a

$$\alpha = \left(s_1 - s_n + \sum_2^n \theta\right) : (n-1).$$

3. *Calage transversal φ_k du faisceau k.* — L'erreur systématique $\beta = \beta'' - \beta'$ de calage relatif transversal des faisceaux perspectifs fausse linéairement l'inclinaison transversale des couples, le calage correct est

$$\varphi_k = i_k - (k-1)\beta;$$

on peut avoir β par relation

$$(n-1)\frac{y}{z} b\beta = \sum_2^n \left(\frac{b}{z} \Delta z_A - \frac{b}{z} \Delta z_{A'}\right) - e \sum_2^n \left(\frac{b}{z}_A - \frac{b}{z}_{A'}\right)$$

ou, après le basculement du couple n sur ses points de canevas, de nivellement, ce qui fournit φ_n.

$$\beta = (i_n - \varphi_n) : (n - 1).$$

4. *Gisement g_k de la base.* — γ étant l'erreur systématique de déversement relatif, Δ_x la différence des abscisses d'un même point de connexion A ou A′ pour l'éloignement constant z_0, L la différence d'ordonnée de ces deux points dans ce plan

$$g_k = g_1 + (k-1)\gamma + \sum_2^k (\Delta x_A - \Delta x_{A'}) : L$$

avec

$$\gamma = \left[g_n - g_1 - \sum_2^n (\Delta x_A - \Delta x_{A'}) : L \right] : (n-1).$$

5.6.7. *Coordonnées du point N_k dans le système de projection.* — Dx, Dy, Dz étant les différences de coordonnées des points N_{k-1} et N_k dans le couple $(k-1)$, corrigées des erreurs systématiques, des déformations locales du couple et de l'erreur d'échelle $\Delta b_k/b$, on a

$$x_k = x_2 + \sum_2^{k-1} [(Dx - s\,Dz)\sin g - (Dy + \varphi\,Dz)\cos g],$$

$$y_k = y_2 + \sum_2^{k-1} [(Dx - s\,Dz)\cos g + (Dy + \varphi\,Dz)\sin g],$$

$$z_k = z_2 + \sum_2^{k-1} (s\,Dx + \varphi\,Dz).$$

Remarque. — La méthode ne fait intervenir qu'un seul passage ce qui diminue de moitié la durée totale des opérations.

Le contrôle des fautes est fourni par les doubles mesures linéaires et angulaires.

La compensation finale peut être effectuée en s'appuyant sur les points connus du dernier couple et sur les points communs à deux bandes jointives.

La méthode est applicable aux antennes, en supposant que les hypothèses

$$\Delta b_n = b_1, \qquad \Delta s_n = s_1, \qquad g_n = g_1, \quad \ldots$$

sont vérifiées.

Elle n'impose pas que le dernier couple préparé soit rattaché au système de référence du premier.

PHYTOGÉOGRAPHIE. — *Sur le quotient pluviothermique.*
Note (*) de M. LOUIS EMBERGER.

Précisions sur le quotient et son utilité en Géographie botanique.

Nous avons publié en 1930 (1) un indice climatique connu maintenant sous le nom de *quotient pluviothermique* qui nous a servi de guide dans l'explication d'ensemble de la végétation méditerranéenne et spécialement de l'Afrique du Nord. Ce rapport exprime la sécheresse du climat à l'aide de la pluviosité, des températures et de l'évaporation. Il est employé dans un système d'axes de coordonnées en combinaison avec m (moyenne des minima des mois les plus froids).

Depuis sa publication, ce quotient a été employé par beaucoup de phytogéographes qui en ont confirmé l'intérêt. Certains [Ch. Combier (2)] disposant localement de données météorologiques plus complètes ont pu tenir compte, dans la formule, de l'humidité relative de l'air (H), le quotient Q devenant alors $100\,(P + H)/(M + m)\,(M - m)$; pour obtenir, dans le système d'axes de coordonnées, un espacement plus grand des stations, on peut poser en y le $\log Q$ au lieu de Q, x étant toujours m (Ch. Combier, *loc. cit.*). Les botanistes italiens, surtout Giacobbe (3), dans une série de beaux travaux, ont attiré notre attention sur les pluies estivales qui, au Nord de la Méditerranée, atténuent, plus ou moins, écologiquement, le climat méditerranéen, alors qu'elles sont négligeables en Afrique du Nord, où elles sont toujours très faibles. Par ailleurs, la précision de la formule peut être augmentée en prenant la valeur de m, à partir du O absolu, ce qui élimine les températures négatives.

A la lumière de l'expérience acquise, nous employons maintenant un système d'axes de coordonnées avec m (0° C $= + 273^\circ$) et, en différenciant, de plus, les stations de chaque étage bioclimatique par les pluies estivales (P^E) qui avaient été négligées, ou par Q', c'est-à-dire par le quotient pluviothermique *estival* : Q et m étant égaux, les climats se rapprochent ou se distinguent par Q' ou P^E. Exemple : Orange et Fagnano-Castello (en Calabre) ont sensiblement les mêmes quotients ($Q = 100$ et 112) et m (entre 273 et 274°). Or, la pluviosité estivale à Orange atteint presque 200 mm, tandis qu'à Fagnano elle n'est que de 50 mm.

Ce sont des faits de cet ordre qui expliquent, par exemple. pourquoi, le climat général étant identique, la régénération du Cèdre est assez capri-

(*) Séance du 4 juin 1952.
(1) *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 389.
(2) *Publ. techn. et scient. de l'École franç. d'Ingénieurs de Beyrouth*, 14, 1948.
(3) *Arch. Bot.*, 1948-1949-1950.

cieuse dans les montagnes de l'Afrique du Nord, alors qu'elle est régulière sur les flancs du Mont Ventoux.

Avec ces trois éléments, Q, *m*, P^E ou Q', on peut serrer les climats méditerranéens d'assez près, bien que notre formule n'utilise que les données pluviométriques et thermiques. C'est à dessein que nous nous sommes limité, dans la formule, à l'emploi de ces deux facteurs, car étant mesurés partout, il en résulte une possibilité d'enquête très étendue, qui manque aux formules plus compliquées.

Le quotient pluviothermique combiné avec *m* a été imaginé uniquement pour caractériser les climats méditerranéens, mais Ph. Duchaufour [4] a montré, qu'employé avec discernement, il donne des indications intéressantes également pour le climat de la France atlantique. Mais, bien entendu, les valeurs obtenues n'ont de signification que pour les stations se trouvant sous le même climat général. Ainsi. dans le *secteur ligérien*, Q et *m* peuvent avoir (Duchaufour) la même valeur qu'à Orange, mais il ne saurait être question de rapprocher ces deux climats. Ce même auteur a employé le quotient dans ses recherches pédologiques.

Nous avons fait la même expérience favorable avec le climat tropical (climat à pluviosité concentrée sur les mois correspondant à notre été, avec un seul maximum), ce qui n'est pas étonnant, ce climat comportant, comme le climat méditerranéen, une saison sèche, mais inverse, correspondant à la saison humide en pays méditerranéen. Les mêmes facteurs différentiels Q, *m*, Pluviosité de la saison sèche (P^{SS}) (ici les mois correspondant à nos saisons froide et fraîche), ou Q', interviennent et peuvent être combinés; ils donnent des résultats utilisables de la même manière. Cependant, le facteur thermique y a un rôle beaucoup moins important sauf en montagnes) que dans le climat méditerranéen [5].

Nous croyons que, malgré leurs inévitables imperfections, ces méthodes sont, pour la phytogéographie écologique, une base aussi rationnelle que possible. Puisque, à chaque climat, correspond un type de végétation déterminé, elles mettent en évidence les homologies précises de végétations, lesquelles peuvent être *floristiquement très différentes,* mais sont *biologiquement équivalentes*. Dès maintenant, on peut établir une série de milieux tropicaux parallèles à celle que nous avons établie pour le climat méditerranéen [6].

Notre quotient,primitivement établi pour l'aire méditerranéenne est donc

---

(4) *Thèse Doctorat ès Sciences*, Montpellier, 1948.

(5) On sait que G. Mangenot a proposé pour les régions intertropicales (*Rev. gén. Bot.*, 58, 1951) un quotient climatique qui permet de calculer une échelle d'indices comparable à la nôtre. Le quotient de Mangenot ne tient pas compte des températures.

(6) *Rev. gén. Bot.*, 1930, 1931, 1933 et *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 1942.

applicable à d'autres climats, notamment les climats tropicaux, comme celui de Mangenot, imaginé pour les contrées équatoriales humides, est utilisable pour les pays intertropicaux à saison sèche bien marquée. L'intérêt de tels fils conducteurs n'a pas besoin d'être souligné.

M. **Philibert Guinier** fait hommage à l'Académie du texte de deux Conférences qu'il a prononcées, l'une à la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale : *L'avenir de la forêt française*, l'autre devant la Société royale forestière de Belgique : *L'évolution scientifique de la foresterie*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section de médecine et chirurgie, en remplacement de M. *Henri Hartmann*, décédé.

Le scrutin donne les résultats suivants :

	1er tour.	2e tour.	3e tour.
Nombre de votants	68.	69.	69.
	Nombre de suffrages		
M. Louis Bazy	26	32	40
M. Maurice Chevassu	20	23	25
M. Pierre Brocq	19	14	4
M. François de Gaudart d'Allaines	1	–	–
Bulletins blancs	2	–	–

M. **Louis Bazy**, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement de la République.

DÉSIGNATIONS.

Sont désignés pour représenter l'Académie :

M. **Auguste Chevalier**, à la séance solennelle de l'**Académie d'Agriculture**, à Paris, le 2 juillet 1952 ;

M. **Albert Pérard**, dans le Comité technique de l'**Organisation internationale de Standardisation**, qui se réunira à Copenhague, du 20 au 25 octobre 1952 ;

M. **Jean Cabannes**, au **LXXIe Congrès de l'Association française pour l'avancement des Sciences**, qui se tiendra à Cannes, du 22 au 27 septembre 1952.

PLIS CACHETES.

M. F. **Péronnie** demande l'ouverture de deux plis cachetés : le premier reçu dans la séance du 3 décembre 1951 et enregistré sous le n° 12897; le second reçu dans la séance du 19 décembre 1951 et enregistré sous le n° 12906.

Ces plis, ouverts en séance par M. le Président, contiennent le premier une Note intitulée : *Trajet de translation de la Lune dans le système solaire;* le second des *Notes sur les couches atmosphériques*.

(Renvoi à la Section d'Astronomie.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Mémoires du Muséum national d'histoire naturelle. Série B. Tome II. *Les couleurs des fleurs et des fruits. Anthocyannes et Flavones*, par M. Charles Sannié et Mme Henriette Sauvain.

2° *Rapport sur l'activité de l'Institut Géographique national en* 1949. Texte et Planches.

3° Service géologique du Maroc. Notes et Mémoires, n° 80. *Histoire stratigraphique du Maroc*, par Édouard Roch.

4° *The « Encyclopédie » and the « Descriptions des arts et métiers »*, par George B. Watts.

ALGÈBRE. — *Sur l'algèbre d'un demi-groupe fini simple* (II) *: cas général.* Note (*) de Mlle **Marianne Teissier**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Considérons l'algèbre $\mathcal{A}$ du demi-groupe S sur un corps de caractéristique nulle ([1]). Nous avons : $\mathcal{A}=\mathcal{A}_1+\mathcal{A}_2\ldots+\mathcal{A}_s$. Pour $\mathcal{A}_i$, algèbre de l'idéal G_i, on montre, comme pour $\mathcal{A}_1$, que $\mathcal{A}_i=\mathcal{R}_i+\mathcal{C}_i$; $\mathcal{C}_i$ étant l'algèbre du groupe C_{i1}, $\mathcal{R}_i$ le radical de $\mathcal{A}_i$, et $\mathcal{A}_i\mathcal{R}_i=0$. Nous supposons d'abord que $\mathcal{A}$ a un radical $\mathcal{R}\neq 0$, et que $\mathcal{R}\mathcal{A}\neq 0$. Dans ce cas il existe au moins un $r\in\mathcal{R}$ et un $a\in\mathcal{A}_i$ tels que $ra\neq 0$.

Lemmes. — I. *Si* $r\in\mathcal{R}$ *et* $a\in\mathcal{A}_i$, $ra\in\mathcal{R}_i$.

Comme $r\in\mathcal{R}$ qui est idéal bilatère, $ra\in\mathcal{R}$ et $\mathcal{R}\supseteq\mathcal{A}ra\cup ra$ qui est un idéal à gauche nilpotent (condition maximale ([2])); d'autre part, comme $a\in\mathcal{A}_i$,

(*) Séance du 16 juin 1952.

([1]) M. Teissier, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2413.

([2]) Van der Waerden, *Modern algebra*, vol. II, 1949, § 116.

idéal à gauche de $\mathcal{A}$, $\mathcal{A}ra \cup ra$ est un idéal à gauche de la sous-algèbre $\mathcal{A}_i$. Cet idéal étant nilpotent est contenu dans le radical de $\mathcal{A}_i$ et $ra \in \mathcal{R}_i$.

II. *Si $s \in \mathcal{A}_i \cap \mathcal{R}$, pour tout $y \in \mathcal{A}$, $ys = 0$.*

Il suffit de montrer que $y_j s = 0$ pour $y_j \in \mathcal{A}_j$. Comme $s \in \mathcal{A}_i$, $s = se_{i1}$; or $e_{j1} e_{i1} = e_{i1}$, donc $s = se_{j1} e_{i1}$. D'après le lemme I, $se_{j1} \in \mathcal{R}_j$; donc $y_j se_{j1} = 0$, puisque $\mathcal{A}_j \mathcal{R}_j = 0$, et $y_j s = y_j se_{j1} e_{i1} = 0$.

Il résulte de ces lemmes que $\mathcal{A}\mathcal{R}\mathcal{A} = 0$. Il suffit de montrer que $yrx = 0$ pour $r \in \mathcal{R}$, y, $x \in \mathcal{A}$. Or $rx = r(x_1 + x_2 \ldots + x_s)$, $x_i \in \mathcal{A}_i$; donc $rx = r_1 + r_2 \ldots + r_s$, avec $r_i = rx_i \in \mathcal{A}_i \cap \mathcal{R}$. Donc $yrx = yr_1 + yr_2 \ldots + yr_s = 0$ (lemme II). Si l'hypothèse écartée $\mathcal{R}\mathcal{A} = 0$ est vérifiée, à plus forte raison $\mathcal{A}\mathcal{R}\mathcal{A} = 0$, et dans tous les cas $\mathcal{R}^3 = 0$.

Montrons maintenant que si S *n'est pas un groupe,* $\mathcal{A}$ *a toujours un radical non nul.* Il suffit de montrer que $\mathcal{A}$ possède toujours des éléments annulés à gauche par $\mathcal{A}$, c'est-à-dire par tout élément de S. De la propriété $e_{ik} C_{jl} = C_{jk}$, il résulte que $e_{ik}(e_{jl} + a_{jl} + b_{jl} \ldots)$, la somme s'étendant à tous les éléments de C_{jl}, est égal à la somme $e_{jk} + a_{jk} + b_{jk} \ldots$ des éléments de C_{jk} à l'ordre près. Un élément de la forme

$$z = (\lambda_1 e_{j1} + \lambda_2 e_{j2} + \ldots + \lambda_t e_{jt})(e_{j1} + a_{j1} + b_{j1} \ldots)$$

n'est pas nul si tous les λ_i ne sont pas nuls, puisque

$$z = \lambda_1 (e_{j1} + a_{j1} + b_{j1} \ldots) + \lambda_2 (e_{j2} + a_{j2} + b_{j2} \ldots) + \ldots + \lambda_t (e_{jt} + a_{jt} + b_{jt} \ldots).$$

En multipliant à gauche par un e_{ik} quelconque, on a

$$e_{ik} z = (\lambda_1 + \lambda_2 + \ldots + \lambda_t)(e_{jk} + a_{jk} + b_{jk} \ldots).$$

Donc tout élément de la même forme que z pour lequel $\lambda_1 + \lambda_2 + \ldots + \lambda_t = 0$ est annulé à gauche par $\mathcal{A}$. L'idéal à droite engendré par ces éléments est donc nilpotent, et $\mathcal{A}$ a un radical.

Cas particulier. — Si dans S on a la loi de multiplication $a_{ik} b_{jl} = a_{jk} b_{jk}$ on constate facilement que $\mathcal{A}\mathcal{R}_i = 0$ pour tout i. Si l'on considère la décomposition de $\mathcal{A}$: $\mathcal{A} = \sum_{i=1}^{s} \mathcal{C}_i + \sum_{i=1}^{s} \mathcal{R}_i$, la seconde somme est contenue dans le radical de $\mathcal{A}$; la première n'est autre que l'algèbre $\mathcal{B}_1$ de l'idéal à droite D_1 de S. On montre, comme pour $\mathcal{A}_1$, que $\mathcal{B}_1 = \mathcal{C}_1 + \mathcal{S}_1$, $\mathcal{S}_1$ vérifiant $\mathcal{S}_1 \mathcal{B}_1 = 0$, et dans ce cas particulier $\mathcal{S}_1 \mathcal{A} = 0$. Donc $\mathcal{S}_1$ est contenu dans le radical de $\mathcal{A}$; comme

$$\mathcal{A} = \mathcal{C}_1 + \mathcal{S}_1 + \sum_{i=1}^{s} \mathcal{R}_i, \qquad \mathcal{R} = \mathcal{S}_1 + \sum_{i=1}^{s} \mathcal{R}_i$$

et les représentations irréductibles de S sont celles du groupe C, ce que laissait

prévoir la loi de multiplication du demi-groupe, qui montre que C est homomorphe à S ([3]).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la possibilité de compléter la définition d'une fonction donnée sur un domaine ouvert, par tendance à la limite vers la frontière du domaine.* Note de M. **Tullio Viola**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

On énonce, pour une fonction réelle, définie dans un domaine ouvert et y possédant des dérivées partielles continues et sommables, des conditions (suffisantes mais très générales) quant à la structure de ce domaine, pour que la propriété annoncée existe.

1. Soit Σ une portion ouverte d'hypersurface de classe 1, faisant partie de la frontière d'un domaine ouvert A de l'espace euclidien S_r à un nombre quelconque r de dimensions ([1]). Soit une fonction réelle $\varphi(M) = \varphi(x_1, x_2, \ldots, x_r)$, *douée de dérivées partielles premières continues et sommables*, définie en A. On peut démontrer le théorème suivant ([2]) :

S'il existe un verseur $\vec{\mu} = \vec{\mu}(Q)(Q \in \Sigma)$ *de classe* 1 *sur* Σ ([3]), *pénétrant dans* A *et formant toujours un angle* $\neq \pi/2$ *avec la normale à* Σ; *s'il existe, en outre, un nombre* $\rho_0 > 0$ *tel que, quelle que soit la constante* ρ, *avec* $0 < \rho \leq \rho_0$, *l'ensemble* Σ_ρ *décrit par le point* $M = Q + \rho\vec{\mu}(Q)$, *lorsque* Q *varie sur* Σ, *reste entièrement contenu dans* A *et en correspondance biunivoque avec* Σ; *alors la limite*

$$\lim_{\rho \to 0+} \varphi\left(Q + \rho\vec{\mu}\right) \tag{1}$$

existe et est finie, presque partout sur Σ.

([3]) Les représentations des demi-groupes simples ont été étudiées, d'un autre point de vue, par Suschkewitsch (Kharkov, 1933 4 VI, p. 27-38) et Clifford (*Amer. journ. of Math.*, 64, 1942, p. 327-342).

([1]) Nous entendons par Σ l'ensemble décrit, en S_r, par un point $Q = Q(U)$, $Q(U)$ étant une fonction vectorielle d'un autre point $U(u_1, u_2, \ldots, u_{r-1})$, lorsque U varie dans un certain domaine fermé D de l'espace euclidien S_{r-1}. Nous supposons D intérieurement connexe, borné et mesurable (selon Peano-Jordan); $Q(U)$ continue en D, avec ses dérivées partielles premières; la correspondance $D \leftrightarrow \Sigma$ biunivoque; la matrice jacobienne $\| \partial Q(u_1, u_2, \ldots, u_{r-1}) / \partial(u_1, u_2, \ldots, u_{r-1}) \|$ de caractéristique $r - 1$ en tout point de D.

([2]) *Cf.* G. Fichera, *Ann. Sc. Norm. Sup. Pisa*, s. III, 4, 1950, cap. V; *Rendic. Lincei*, s. VIII, 11, 1951. p. 34-39; T. Viola, Mémoire appelé à paraître prochainement dans les *Annali Sc. Norm. Super. Pisa*.

([3]) Cela signifie que $\vec{\mu}[Q(U)]$ considéré comme fonction composée de U, est continu en tout point de D. avec ses dérivées partielles premières.

La fonction $\varphi(Q+\rho\vec{\mu})$ *est uniformément sommable sur* Σ_ρ *(pour* ρ *variable), et l'on a*

$$(2)\qquad \lim_{\rho\to 0+}\int_{\Sigma_\rho}\varphi(Q+\rho\vec{\mu})\,d\sigma=\int_{\Sigma}\lim_{\rho\to 0+}\varphi(Q+\rho\vec{\mu})\,d\sigma.$$

Pour pouvoir affirmer que ladite limite (1) complète la définition de la fonction $\varphi(Q)$ presque partout sur Σ (dans le sens du titre), une condition supplémentaire est nécessaire, concernant la structure géométrique du domaine A. Une telle condition peut s'énoncer de différentes manières, par exemple : *tout point hypersuperficiellement intérieur à* Σ, *est d'accumulation, pour* A, *d'un seul côté de* Σ. On peut alors démontrer que, *si* $\vec{\mu}'=\vec{\mu}'(Q)$ *est un autre verseur de classe* 1 *sur* Σ, *satisfaisant aux mêmes propriétés que* $\vec{\mu}$, *on a, presque partout sur* Σ,

$$\lim_{\rho\to 0+}\varphi(Q+\rho\vec{\mu})=\lim_{\rho\to 0+}\varphi(Q+\rho\vec{\mu}'),$$

ce qui permet d'affirmer que la limite (1) complète la définition de $\varphi(Q)$ presque partout sur Σ, dans le sens du titre.

2. La question de généraliser le résultat précédent en considérant toute la frontière $\mathcal{F}$A de A, présente un certain intérêt dans de nombreuses applications aux problèmes classiques de la physique mathématique, problèmes dans lesquels, jusqu'à aujourd'hui, on a eu l'habitude de supposer des conditions un peu particulières, en ce qui concerne la structure du champ d'intégration [4]. La question peut être résolue par l'affirmative, si l'on suppose que les conditions suivantes, que nous avons raison de retenir les plus générales possibles, soient vérifiées pour A[5].

a. Il existe un nombre fini de portions ouvertes d'hypersurfaces $\Gamma_1, \Gamma_2, \ldots, \Gamma_h$ *de classe* 1, *telles que*

$$\sum_{i}^{1,h}\Gamma_i\supset\mathcal{F}A.$$

[4] Outre les travaux cités à la Note [2], *cf.* C. MIRANDA, *Rendic. Lincei*, s. VIII, 3, 1947, p. 58. La nécessité des conditions auxquelles nous faisons allusion, se présente soit pour pouvoir compléter la définition d'une fonction comme $\varphi(M)$ (en tendant à la limite vers la frontière du domaine), soit pour rendre possible le passage à la limite dans l'intégration hypersuperficielle [généralisation de la formule (2) à toute la frontière $\mathcal{F}$A]. Nous ne nous occupons pas ici de ce deuxième point. Mais la tentative de surmonter les deux difficultés ensemble, dans des hypothèses très générales, a été faite par K. O. FRIEDRICHS, *Amer. J. Math.*, 68, 1946, p. 581 ; *Ann. Math.*, 45, n° 2, 1947, p. 441. Les conditions que cet auteur a imposées à la structure du domaine, ne nous semblent pourtant ni spontanées ni intuitives.

[5] La démonstration de ce fait sera donnée dans une prochaine Note, en conclusion d'une analyse approfondie de certaines propriétés de $\mathcal{F}$A.

b. Si Γ_{i_1} *et* Γ_{i_2} *sont deux portions quelconques de l'ensemble* $\{\Gamma_i\}$, *le produit* $\Gamma_{i_1}\Gamma_{i_2}\mathcal{F}\mathrm{A}$ *a une mesure hypersuperficielle nulle, soit sur* Γ_{i_1} *soit sur* Γ_{i_2}.

c. Quel que soit l'indice $i = 1, 2, \ldots, h$, *il existe, en presque tous les points* Q *du produit* $\Gamma_i\mathcal{F}\mathrm{A}$, *un segment (aussi petit soit-il) de centre* Q, *moitié intérieur à* A *et moitié extérieur.*

FONCTIONS SPÉCIALES. — *Nouvelles équations intégrales pour les fonctions de Lamé.* Note (*) de M. **Robert Campbell**, présentée par M. Joseph Pérès.

On a donné précédemment (¹) une méthode pour former des équations intégrales auxquelles satisfont les fonctions harmoniques (et même les fonctions d'onde) des quadriques de révolution. La réussite du procédé était due au fait que les équations du faisceau de quadriques homofocales de révolution $\rho(\eta, \theta) = f \operatorname{ch}\eta\cos\theta$, $z(\eta, \theta) = f\operatorname{sh}\eta\sin\theta$ sont telles que $\rho(i\eta, \theta)$, $z(i\eta, \theta)$, [ou $\rho(\eta, i\theta)$, $z(\eta, i\theta)$] sont des fonctions symétriques en η et θ.

On peut chercher à appliquer la même méthode à des surfaces de révolution plus générales admettant des harmoniques, et telles que si $\rho = f(\eta, \theta)$, $z = g(\eta, \theta)$ sont les équations d'une telle famille de surfaces orthogonales, la propriété précédente signalée pour les quadriques soit encore vérifiée. C'est le cas pour celles dont les méridiennes sont des ovales de Descartes; les harmoniques en sont alors des fonctions de Lamé (²). Ainsi peut-on, en raisonnant sur ces surfaces obtenir des équations intégrales pour les fonctions de Lamé (tandis que le même procédé échoue si l'on définit celles-ci comme harmoniques des quadriques quelconques). On considérera d'ailleurs ici non seulement les fonctions de Lamé habituelles (exprimables par un développement fini de fonctions elliptiques) mais, plus généralement, celles que Ince a définies récemment (³) comme intégrales de période 2K ou 4K de l'équation de Lamé.

$$\frac{d^2y}{d\eta^2} = [n(n+1)k^2 sn^2\eta + h]y, \tag{1}$$

n étant *entier ou non*, et pouvant toujours être supposé $\leqq -1/2$. (Ces fonctions, de Lamé-Ince, apparaissent ainsi comme la généralisation directe des fonctions de Mathieu ordinaires.)

En posant $z + i\rho = \wp(\eta + i\theta)$, puis en passant aux fonctions de Jacobi [c, s, d de $(1/2)\eta$ et c', s', d' de $(1/2)i\theta$], on trouve pour équations du faisceau orthogonal de cyclides de révolution [avec $e_1 = (1/3)(2k^2 - 1)$, $e_2 = (1/3)(2 - k^2)$, $e_3 = -(1/3)(1 + k^2)$],

$$\rho = i\frac{cs\,dc's'd'}{(s^2 - s'^2)^2}; \qquad z = \frac{1}{2}\left[\left(\frac{c\,ds'^2}{s}\right)^2 + \left(\frac{c'd's^2}{s'}\right)^2\right]\frac{1}{(s^2 - s'^2)^2} - 2\left[\frac{1}{s^2} + \frac{1}{s'^2} - \frac{2}{3}(1 + k^2)\right], \tag{2}$$

(*) Séance du 16 juin 1952.

(¹) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 269; et aussi *Bull. Soc. Math. Fr.*, **78**, 1950, p. 219.

(²) *Cf.* R. Lagrange, *Acta Math.*, **71**, 1939, p. 283.

(³) *Proc. Roy. Soc., Edinburgh*, **1**, 1939-1940, p. 83.

Si l'on effectue dans l'équation $\nabla^2 U = 0$ le changement de variables défini par (2), on peut en trouver des solutions de la forme $U(\eta, \theta) = F(\eta, \theta) H(\eta) T(\theta)$, H et T étant solutions d'équations différentielles du second ordre. En prenant, en particulier, pour $F(\eta, \theta)$ la fonction $\rho^{-1/2}$, ces équations s'écrivent :

$$(3) \qquad \frac{d^2 H}{d\eta^2} = \left[\frac{m^2 - \frac{1}{4}}{sn^2 \eta} + \lambda\right] H; \qquad \frac{d^2 T}{d(i\theta)^2} = \left[\frac{m^2 - \frac{1}{4}}{sn^2 i\theta} + \lambda\right] T$$

qui sont du type de Lamé. Pour mettre les équations (3) sous la forme habituelle, on pose $\eta = u - iK'$, $i\theta = iv - iK'$. Les nouvelles valeurs de ρ et z s'obtiennent par les formules de Glaisher ([1]) :

$$(4) \qquad \begin{cases} \operatorname{sn}^2 \dfrac{u + iK'}{2} = \dfrac{kS + iD}{k(S - iC)}; \qquad \operatorname{cn}^2 \dfrac{u + iK'}{2} = -\dfrac{i}{k} \dfrac{kC + D}{(S - iC)}, \\ \operatorname{dn}^2 \dfrac{u + iK'}{2} = -i \dfrac{kC + D}{kS - iD} \end{cases}$$

(où C, S, D sont les fonctions de Jacobi de u).

Le calcul, d'apparence compliquée, s'effectue très aisément si l'on pose

$$S = \cos a, \qquad kS = \cos b$$
$$C = \sin a, \qquad D = \sin b,$$
$$\frac{\cos b}{\cos a} = k \quad (\cos a \neq 0), \qquad a + b = \varphi,$$

(et notations analogues pour $S' = \sin iv = \cos a'$, etc.).

Les formules (4) fournissent alors pour ρ et z, si $v = iu'$, (et avec des notations évidentes) :

$$\begin{cases} \rho = \dfrac{\sin\varphi}{\cos a} \dfrac{\sin\varphi'}{\cos a} \left[1 + \cot^2 \dfrac{\varphi - \varphi'}{2}\right] \\ z = \dfrac{1}{2}\left[\dfrac{\sin^2\varphi}{\cos^2 a} e^{i(\varphi' - \varphi)} + \dfrac{\sin^2\varphi'}{\cos^2 a'} e^{i(\varphi - \varphi')}\right]\left(1 + \cot^2 \dfrac{\varphi - \varphi'}{2}\right) \\ \qquad - 2k^2\left[e^{-2i\varphi} + e^{-2i\varphi'} - \dfrac{2}{3}\left(1 + k^2\right)\right] \end{cases}$$

(ρ et z sont réels; ρ peut être choisi positif). Soient les deux solutions particulières évidentes et déjà utilisées de $\nabla^2 U = 0$:

$$N_1 = \rho^m = \mathfrak{N}_1(a, a', \varphi, \varphi') = \overline{\mathfrak{N}}_1(u, u'),$$
$$N_2 = e^{-qz} J_m(q\rho) = \mathfrak{N}_2(a, a', \varphi, \varphi') = \overline{\mathfrak{N}}_2(u, u') \qquad (q \text{ paramètre arbitraire});$$

si $E^N_{m-1/2}$ désigne une fonction de Lamé-Ince, les deux expressions

$$M_1(u, u') = \sqrt{\rho(u, u')}\, \overline{\mathfrak{N}}_1(u, u') = [\rho(u, u')]^{m + \frac{1}{2}}$$

et

$$M_2(u, u') = \sqrt{\rho(u, u')}\, \overline{\mathfrak{N}}_2(u, u') = e^{-qz(u, u')} \sqrt{\rho(u, u')}\, J_m[q\rho(u, u')]$$

([1]) *Messenger of Math.*, 11, 1882, p. 90.

sont exprimables sous la forme $\sum_{0}^{\infty} E^{N}_{m-1/2}(u)\,E^{N}_{m-1/2}(u')$, (la série précédente pouvant se réduire à un développement fini si $m - 1/2$ est entier). On a alors, en raison de l'orthogonalité des fonctions de Lamé dans l'intervalle (o, 4K) :

$$E^{N}_{m-\frac{1}{2}}(u) = \lambda_N \int_0^{4K} \left. \begin{matrix} M_1(u, u') \\ M_2(u, u') \end{matrix} \right\} E^{N}_{m-\frac{1}{2}}(u')\,du'$$

pourvu que l'intégrale ait un sens, ce qui a lieu, puisque ρ est positif, z réel, et que n a été choisi $\leqq -1/2$.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les structures presque paracomplexes* (1). Note de Mlle **Paulette Libermann**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Une structure infinitésimale régulière à groupe structural isomorphe à $L_n \times L_n$ est dite presque paracomplexe. Structures presque parahermitiennes (à groupe structural $\mathring{U}_n$ isomorphe à L_n). Détermination des structures parahermitiennes isotropes.

1. La donnée dans l'espace vectoriel R^{2n} de deux n-plans supplémentaires X_n et X'_n détermine dans R^{2n} une structure σ admettant comme groupe d'automorphismes un sous-groupe $\mathring{L}_n$ du groupe linéaire homogène réel L_{2n}, sous-groupe isomorphe à $L_n \times L_n$. Le couple (X_n, X'_n) détermine un automorphisme involutif $\mathcal{J}$ de R^{2n}, tel que les vecteurs propres correspondant à $+1$ (resp. -1) engendrent X_n (resp. X'_n). Inversement tout automorphisme involutif $\mathcal{J}$ de R^{2n} dont les vecteurs propres engendrent respectivement deux n-plans détermine sur R^{2n} une structure σ. Soient n vecteurs $e_1, \ldots, e_n$ (non situés dans X_n ou X'_n) tels que les $2n$ vecteurs $e_1, \mathcal{J}e_1, \ldots, e_n, \mathcal{J}e_n$ soient linéairement indépendants. A cette base de R^{2n} on peut associer un système de n coordonnées « paracomplexes » $z^k = x^k + jy^k$, en désignant par *nombre paracomplexe* tout élément d'une extension quadratique du corps des réels de base $(1, j)$ avec $j^2 = 1$. *La structure σ de R^{2n} est donc une structure de module unitaire $\mathfrak{A}^n$ par rapport à l'algèbre $\mathfrak{A}$ des nombres paracomplexes; le groupe $\mathring{L}_n$ sera appelé groupe linéaire homogène paracomplexe.* Appelons *droites paracomplexes* les plans de R^{2n} invariants par $\mathcal{J}$ et non situés dans X_n ou X'_n (ils coupent respectivement X_n et X'_n suivant une droite). La variété $P_{n-1}(\mathfrak{A})$ des droites paracomplexes ou *espace projectif paracomplexe* est homéomorphe à la variété $P_{n-1}(R) \times P_{n-1}(R)$, $P_{n-1}(R)$ étant l'espace projectif réel à $n-1$ dimensions.

(1) Cette Note fait suite à une série de Notes antérieures désignées par I (C. Ehresmann et P. Libermann, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1281), II, III, IV (P. Libermann, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 17, **233**, 1951, p. 1571 et **234**, 1952, p. 1030).

Le sous-groupe $\mathring{U}_n$ de $\mathring{L}_n$ qui laisse invariante la forme « parahermitienne » $F = \Sigma z^k \bar{z}^k = \Sigma[(x^k)^2 - (y^k)^2]$ (où $\bar{z}^k = x^k - jy^k$) sera appelé groupe *para-unitaire*; $\mathring{U}_n$ qui laisse aussi invariante la forme $\Omega = j\Sigma z^k \wedge \bar{z}^k = \Sigma(x^k + y^k) \wedge (x^k - z^k)$ peut être identifié au groupe des matrices $\begin{pmatrix} A & 0 \\ 0 & A' \end{pmatrix}$ où A est une $n \times n$ matrice régulière à éléments réels, A′ sa contragrédiente : *$\mathring{U}_n$ est isomorphe au groupe linéaire réel* L_n.

2. Sur une variété trois fois différentiable V_{2n}, une structure infinitésimale régulière (*cf.* IV) de groupe structural $\mathring{L}_n$ (qui sera appelée *structure presque paracomplexe*) *peut être déterminée par la donnée de deux champs deux fois différentiables* C_1 *et* C_2 *de n-éléments de contact* X_n *et* X'_n, ou par la donnée d'un champ d'automorphismes involutifs $\mathcal{J}_x$ de l'espace tangent T_x à V_{2n} en $x \in V_{2n}$, tels que les vecteurs propres de $\mathcal{J}_x$ engendrent respectivement deux n-éléments. Une telle structure peut être déterminée dans un voisinage U par la donnée de n formes de Pfaff paracomplexes $\omega^s = \alpha^s + j\alpha^{s'}$ ($s = 1, \ldots, n$; $s' = s + n$) telles que les $2n$ formes réelles α^s, $\alpha^{s'}$ soient linéairement indépendantes, ou par la donnée de n autres formes paracomplexes $\varpi^l = \Sigma u^l_s \omega^s$ où les u^l_s sont des fonctions différentiables de $x \in U$, à valeurs complexes. On peut écrire :

$$d\omega^s = \Sigma \omega^k \wedge \omega^s_k + \Sigma(A^s_{kt} + jB^s_{kt})\bar{\omega}^k \wedge \bar{\omega}^t$$

(où les formes paracomplexes ω^s_k, définies mod. ω^k, sont linéaires en ω^k et $\bar{\omega}^k = \alpha^k - j\alpha^{k'}$). Les formes $\Gamma^s = \Sigma(A^s_{kt} + jB^s_{kt})\bar{\omega}^k \wedge \bar{\omega}^t$ définissent la *torsion* de la structure. Cette structure sera dite *intégrable* s'il existe $2n$ fonctions réelles différentiables $x^1, \ldots, x^n, y^1, \ldots, y^n$ telles que la structure puisse être déterminée dans U par les formes $\varpi^l = dx^l + jdy^l$. Les champs C_1 et C_2 sont alors définis respectivement par : $dx^l - dy^l = 0$; $dx^l + dy^l = 0$, ($l = 1, \ldots, n$). C_1 *et* C_2 *sont donc complètement intégrables*. En appliquant le théorème de Frobenius, on déduit : *Pour que la structure presque paracomplexe soit intégrable, il faut et il suffit que la torsion soit nulle*. Si cette condition est vérifiée la structure est dite *paracomplexe*. V_{2n} est alors munie d'un *double feuilletage*.

La donnée sur V_{2n} des champs C_1 et C_2 et d'une forme différentielle extérieure Ω de degré 2, rang $2n$ (ou d'une métrique riemannienne indéfinie F) dont X_n et X'_n sont des éléments intégraux définit une structure que nous appellerons *presque parahermitienne* (de groupe structural $\mathring{U}_n$). Dans un voisinage U une telle structure peut être déterminée par la donnée de n formes de Pfaff paracomplexes ω_s telles que : $F = \Sigma \omega^s \bar{\omega}^s$, $\Omega = j\Sigma \omega^s \wedge \bar{\omega}^s$ ou par n autres formes $\varpi^l = \Sigma u^l_s \omega^s$ (où les u^l_s définissent en chaque point une transformation de $\mathring{U}_n$). La restriction à tout point $x \in U$ des ϖ^l constitue un « corepère parа-unitaire ». De même que pour les structures presque hermitiennes (*cf.* I)

on peut associer canoniquement à la structure une connexion affine définie par

$$d\omega^s = \Sigma\omega^k \wedge \omega^s_k + \Sigma(P^s_{kt} + jQ^s_{kt})\,\omega^k \wedge \omega^t + \Sigma(A^s_{kt} + jB^s_{kt})\,\bar{\omega}^k \wedge \bar{\omega}^t,$$

$$\omega^s_k + \bar{\omega}^k_s = 0, \qquad P^s_{kt} + P^s_{tk} = 0, \qquad Q^s_{kt} + Q^s_{tk} = 0, \qquad A^s_{kt} + A^s_{tk} = 0, \qquad B^s_{kt} + B^s_{tk} = 0.$$

On peut définir la première et la deuxième torsion de la connexion; les formes $\Omega^s_k = d\omega^s_k - \Sigma\omega^t_k \wedge \omega^k_t$ définissent la courbure. Comme dans I on définit des structures *isotropes* et *localement homogènes*; le même raisonnement conduit à

$$P^s_{kt} = Q^s_{kt} = A^s_{kt} = B^s_{kt} = 0; \qquad \Omega^s_l = \lambda\bar{\omega}^l \wedge \omega^s; \qquad \Omega^s_s = \lambda[\bar{\omega}^s \wedge \omega^s + \Sigma\bar{\omega}^k \wedge \omega^k],$$

où $\lambda =$ const. qu'on peut supposer négative ou nulle. En utilisant un raisonnement analogue à celui de Chern (²), on déduit :

THÉORÈME 1. — *Une structure presque parahermitienne isotrope en chaque point est localement homogène; cette structure est intégrable ou bien localement équivalente à une structure parahermitienne sur la variété* $P_n(R) \times P_n(R)$.

En se limitant aux changements de corepères unimodulaires, on définit une *isotropie restreinte* (*cf.* I).

THÉORÈME 2. — *Une structure presque parahermitienne isotrope d'une manière restreinte est isotrope ou bien localement équivalente à une structure presque parahermitienne sur la quadrique réelle* Q_6 (d'équation $Z^2 + X^1Y^1 + X^2Y^2 + X^3Y^3 = 1$).

Cette structure sur Q_6 admet comme groupe d'automorphismes le groupe G'_2, deuxième forme réelle du groupe complexe dont le groupe simple G_2 à 14 paramètres est la forme compacte (³). La structure peut être définie au moyen *d'octaves de Cayley de deuxième espèce*.

CALCUL ANALOGIQUE. — *Sur un principe nouveau de construction des machines électriques servant pour la recherche des racines des équations algébriques.* Note (*) de M. **DUSAN MITROVIC**, présentée par M. Henri Villat.

Le réseau électrique, représenté par la figure ci-après, consiste :

1° en générateurs : $G_0, G_1, G_2, \ldots, G_n$, dont les tensions sont réglables;

2° en impédances λ constantes et égales entre elles;

3° en impédances μ réglables simultanément.

A l'aide du voltmètre V, dont la consommation est négligeable, on peut mesurer I_0.

Le principe consiste à régler la partie réelle et la partie imaginaire de μ de

(²) *Annals of Math.*, 47, 1946, p. 115.

(³) E. CARTAN, *Ann. Sc. Éc. Norm. Sup.*, 31, 1914, p. 297.

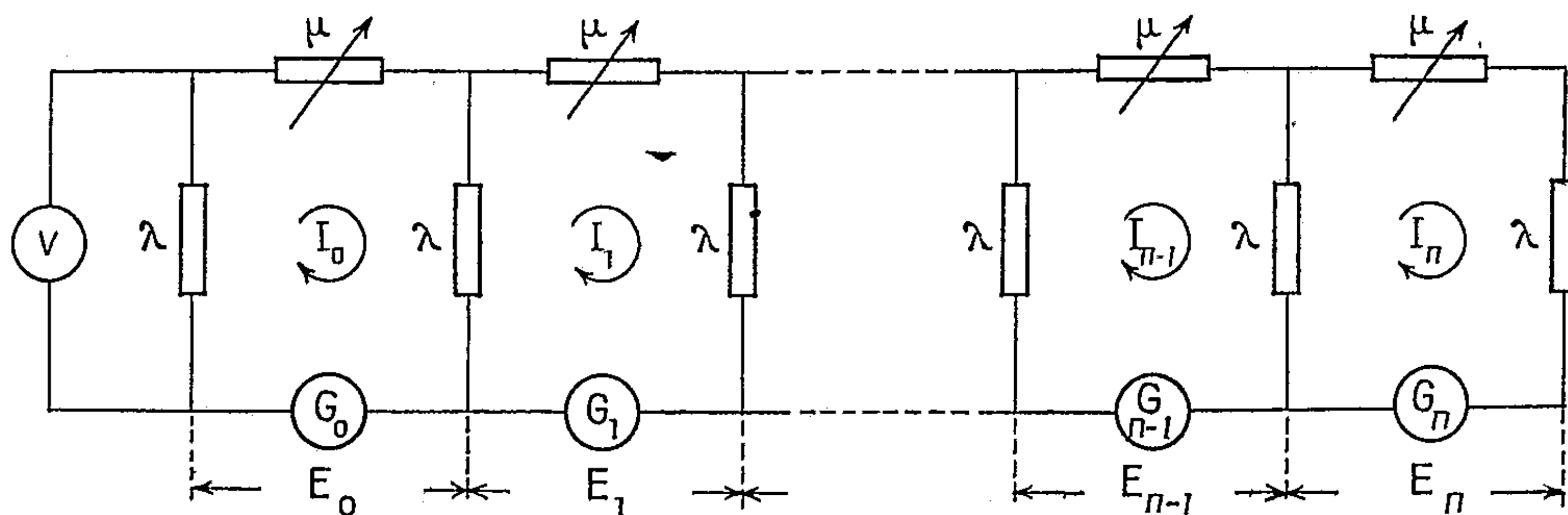
(*) Séance du 16 juin 1952.

telle manière que le courant I_0 soit nul. On montre qu'alors et à condition que sa partie réelle soit positive, μ/λ est racine de l'équation algébrique :

$$(1) \qquad \psi\left(\frac{\mu}{\lambda}\right)=\begin{vmatrix} E_0 & -1 & 0 & \dots & \dots & 0 \\ E_1 & 2+\frac{\mu}{\lambda} & -1 & \dots & \dots & 0 \\ E_2 & -1 & 2+\frac{\mu}{\lambda} & \dots & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ E_n & 0 & 0 & \dots & -1 & 2+\frac{\mu}{\lambda} \end{vmatrix}=0.$$

Ceci posé, soit donnée l'équation algébrique à coefficients complexes :

$$(2) \qquad \psi(z)=\sum_{p=0}^{p=n} a_p z^{n-p}=0.$$



En comparant (1) et (2) on montre que si l'on applique dans le réseau analogue les tensions définies par les relations suivantes :

$$(3) \qquad \left\{ \begin{aligned} k^{n-p}\frac{\psi^{(n-p)}(-2k)}{(n-p)!} &= E_p - E_{p-2}(n-p+1) + E_{p-4}\sum_{n=p}^{n=n}(n-p+1) \\ &\quad - E_{p-6}\sum_{\alpha=p}^{\alpha=n}\sum_{n=p}^{n=\alpha}(n-p+1) + E_{p-8}\sum_{\beta=p}^{\beta=n}\sum_{\alpha=p}^{\alpha=\beta}\sum_{n=p}^{n=\alpha}(n-p+1) \\ &\qquad (p=0,\ 1,\ 2,\ \dots,\ n) \end{aligned} \right.$$

(où les sommations multiples s'effectuent à partir du côté gauche), chaque racine de l'équation (2) sera donnée par

$$(4) \qquad z=k\frac{\mu}{i\lambda},$$

où k est un nombre réel arbitraire. Les E_i sont des *fonctions linéaires et homogènes des* a_i dont les coefficients peuvent être *calculés une fois pour toutes*; ainsi pour $n=4$ on a

$$E_0=a_0k^4;\quad E_1=-8a_0k^4+a_1k^3;\quad E_2=27a_0k^4-6a_1k^3+a_2k^2;$$
$$E_3=-48a_0k^4+14a_1k^3-4a_2k^2+a_3k;$$
$$E_4=42a_0k^4-14a_1k^3+5a_2k^2-2a_3k+a_4.$$

La réalisation technique des machines basées sur le principe exposé est tout à fait simple. Il y a lieu d'en distinguer trois types suivant que les coefficients des équations algébriques à résoudre sont complexes ou réels et dans ce dernier cas suivant que l'on recherche toutes les racines ou uniquement les racines réelles. Le dernier type est particulièrement intéressant par sa précision malgré un prix de revient très minime ainsi que le montrent les essais effectués aux Laboratoires des Mathématiques appliquées de l'Institut de la Recherche sur la structure de la matière à Belgrade et de la Faculté des Sciences de Toulouse.

D'autres applications du même principe et les détails complets seront donnés dans les *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse* (4e série, t. 16, 1952).

HYDRAULIQUE. — *Contribution à l'étude des vannes de fond.* Note (*) de MM. **Étienne Crausse**, **Georges Pouzens** et **Pierre Cachon**, transmise par M. Charles Camichel.

Comparaison des résultats observés sur une vanne de fond à mince paroi à ceux déduits du réseau des valeurs réduites. Mode d'emploi de ce réseau.

Ainsi que l'a montré l'un de nous (1), il est possible de traduire graphiquement les propriétés d'une vanne de fond en canal rectangulaire horizontal par l'emploi des valeurs réduites, ou valeurs rapportées à la profondeur critique du courant. Admettant que l'énergie spécifique se conserve entre l'amont et la section contractée de la veine issue de la vanne et que l'impulsion totale garde une même valeur entre cette section contractée et l'aval, on peut ainsi représenter par un réseau de courbes les relations entre les valeurs réduites h'_0, h'_2 et a', des profondeurs amont et aval h_0 et h_2 et de l'épaisseur a de la veine, que celle-ci soit noyée ou non. Ce réseau (*fig.* 2 de la Note citée) met notamment en évidence la zone (AOB) correspondant à l'écoulement en veine noyée. Nous avons procédé à la vérification expérimentale d'une telle méthode pour une vanne de fond à mince paroi, soulevée de $A = 4$ cm au-dessus du lit d'un canal sensiblement horizontal de section rectangulaire (largeur 20 cm), à parois latérales en verre. Les valeurs de h_0 et de h_2 étaient respectivement mesurées à 45 cm à l'amont et à 170 cm à l'aval de la vanne.

Désignant par q le débit unitaire, on a comparé, dans les cas suivants, les valeurs expérimentales aux courbes théoriques déduites du réseau donné figure 2 de la Note précitée, ces courbes théoriques étant tracées en adoptant pour le coefficient de contraction m la valeur constante 0,61, ce qui donne $a = mA = 2{,}44$ cm, tant en régime dénoyé que noyé. Raisonnons par exemple pour des valeurs croissantes de h_2.

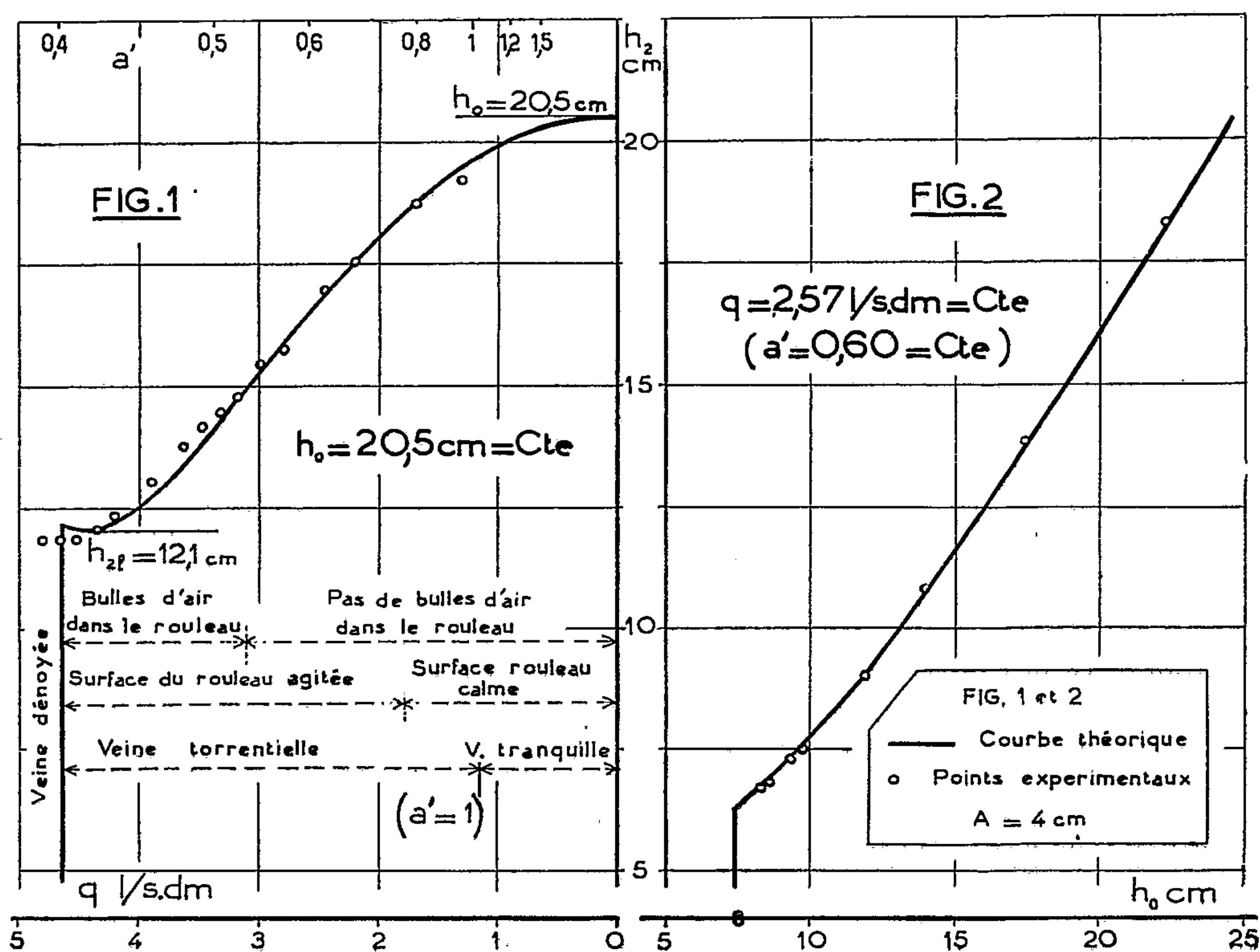
(*) Séance du 16 juin 1952.

(1) E. Crausse, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1126.

1° *Courbe* $h_2(q)$ *pour* $h_0 = 20{,}5$ cm $=$ *const.* — Pour une valeur de h_2 inférieure ou égale à la valeur limite h_{2l} séparant le régime dénoyé du régime noyé, le débit prend la valeur maximum q_M, indépendante de h_2 et calculable à partir de l'expression classique :

$$q_M = m\mathrm{A}\sqrt{\frac{2gh_0}{1+\frac{m\mathrm{A}}{h_0}}},$$

qui traduit la conservation de l'énergie entre l'amont de la vanne et la section contractée ($q_M = 4{,}63$ l/s.dm). On en déduit h'_0 et a', dont le point figuratif



se trouve sur la courbe OA du réseau séparant le régime dénoyé du régime noyé, ce qui donne h'_{2l} et par suite h_{2l}. Pour $h_2 > h_{2l}$, le débit dépend à la fois de h_0 et de h_2. On se donne alors diverses valeurs arbitraires de $q < q_M$, ce qui fixe, dans chaque cas, les valeurs correspondantes de h'_0 et de a', d'où l'on déduit h'_2 et par suite h_2. La ligne figurative ainsi suivie part de la courbe OA et progresse dans la zone AOB du réseau vers les valeurs croissantes de h'_0, h'_2 et a'. On peut donc tracer par points la courbe théorique $h_2(q)$, dont la figure 1 montre la comparaison avec les résultats expérimentaux. Contrairement à ce qui est parfois indiqué, on voit que, tout au moins dans notre cas, l'influence de la retenue aval sur le débit est peu sensible lorsque la veine est à peine noyée.

Si l'accord entre résultats théoriques et expérimentaux est bon pour les fortes valeurs de h_2, il n'en est pas tout à fait ainsi lorsque la veine est à peine noyée, bien que les écarts constatés sur le débit n'excèdent pas 3 % environ. On peut imputer de tels écarts à la présence de bulles d'air dans le rouleau surmontant la veine, d'ailleurs accompagnées d'une irrégularité très marquée de la surface libre de celui-ci (*fig.* 1). La veine, torrentielle aux faibles retenues aval, devient tranquille lorsque h_2 se rapproche de h_0.

2° *Courbes* $h_2(h_0)$ *pour* $q = 2{,}57$ l/s.dm $=$ *const.* — Le point figuratif du réseau se déplace ici sur la courbe $a' =$ const., ce qui montre que h_0 et h_2 vont constamment varier dans le même sens. Le débit a été choisi tel que l'on ait $a' = 0{,}60$. Le mode de calcul reste le même que précédemment. La figure 2 indique la bonne concordance entre les valeurs ainsi calculées et les valeurs expérimentales. Elle montre que la différence entre les profondeurs amont et aval est d'autant plus grande, pour un débit donné, que ces profondeurs sont elles-mêmes plus grandes, tout en diminuant en valeur relative, ce que décèle d'ailleurs directement l'examen du réseau de courbes donné figure 2 de la Note précitée.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur une nouvelle équation d'état des gaz.*

Note (*) de M. **Joseph Himpan**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Van der Waals a utilisé le « principe de correspondance » pour établir une équation d'état des gaz réels. Quoique cette équation reproduise assez bien qualitativement le comportement des gaz réels, au point de vue quantitatif elle est inapplicable dans la plupart des cas. D. Berthelot et Wohl ont bien essayé d'améliorer l'équation de Van der Waals, mais leurs équations sont restées d'une application limitée. D'autres auteurs se sont appliqués à réaliser des équations d'état empiriques ou semi-empiriques mais qui ne sont plus basées sur « le principe de correspondance ». On en trouvera la liste dans le tableau I.

Van der Waals considère qu'au point critique l'équation d'état $f(p, V, T) = 0$ admet une racine triple $V = V_c$; il en tire les deux constantes a et b et la troisième relation entre les coefficients de l'équation d'état fixe uniformément la valeur de l'expression RT_c/p_cV_c à la valeur 8/3. Le calcul fait sur les gaz réels montre que cette grandeur n'est jamais égale à 8/3, mais varie, selon chaque gaz, de 3 à 6 (H_2 : 3,26; O_2 : 3,42; CO_2 : 3,64; H_2O : 4,23; S_{vap} : 5,84).

L'équation que nous proposons tient compte de cette variation et nous avons posé $s = RT_c/p_cV_c$, que nous nommons « facteur critique ». De plus, pour permettre à l'équation d'état de représenter les phénomènes d'association au point critique ou la distorsion des données critiques dans la région du zéro absolu

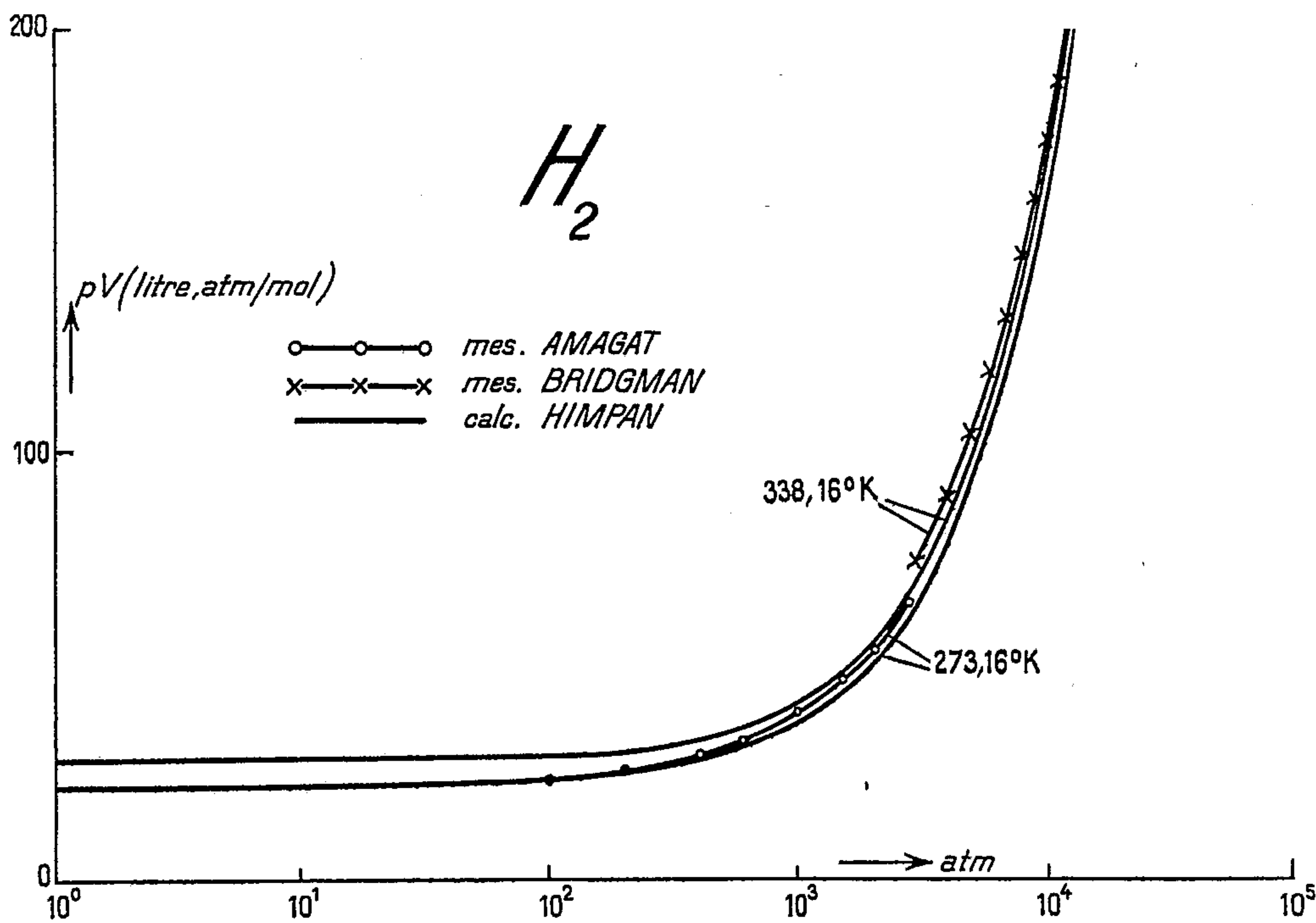
(*) Séance du 9 juin 1952.

TABLEAU I.

Auteurs.	Année.	Nombre de constantes empiriques.	Explicité en
Van der Waals	1873	2	P
Daniel Berthelot	1897	2	P
Dieterici	1905	2	P
Linde	1905	5	V
Kamerlingh Onnes	1912	26	P
Wohl	1914	3	P
Goodenough	1915	4	V
Keyes	1917	4	P
Bureau of Standards	1923	10	V
Leduc	1923	3	P
Beattie-Bridgeman	1928	5	P
Keyes et Al	1936	10	V
Benedict-Webb-Rubin	1940	8	P
Maron and Turnball	1942	12	V
Rocard	1949	4	P

par les forces intramoléculaires, nous avons introduit un exposant supplémentaire n($n = 1$ pour les gaz normaux) en écrivant :

$$\left\{ p + \frac{a}{T^n V(V-b)} \right\} \{ V - c \} = RT \tag{1}$$



Mesures et calculs faits sur les isothermes de H_2 à 273,16° K et 338,16° K.
(P. W. BRIDGMAN, *Proc. Amer. Acad. Arts Sci.*, vol. 59, 1923, p. 173-211).
(E. H. AMAGAT, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 6e série, 1893, p. 68-136).

Les quatre constantes a, b, c, n, particulières à chaque gaz, s'expriment en fonction des trois données critiques p_c, V_c, T_c et de la température de T_{BM} de Boyle-Mariotte relative à la pression zéro par : $a = 3V_c^2 p_c T_c^n / f_1$, $b = V_c f_2/3$, $c = V_c f_1/3$, $n = \ln(9/s f_1^2)/\ln(T_{BM,p=0}/T_c)$ dans lesquelles f_1 et f_2 sont des fonctions du facteur critique s.

Dans l'équation (1), comme dans l'équation de Van der Waals, on peut faire apparaître les « valeurs réduites » $\pi = p/p_c$, $\Omega = V/V_c$, $\tau = T/T_c$, et la « forme réduite » obtenue est

$$\left\{ \pi + \frac{3}{f_1 \tau^n \Omega \left(\Omega - \frac{f_2}{3}\right)} \right\} \left\{ \Omega - \frac{f_1}{3} \right\} = s\tau. \qquad (1')$$

La supériorité de la nouvelle équation d'état est démontrée par le tableau II et la figure 1.

TABLEAU II.

(*Isotherme de* CO_2 *à* 303,2 °K; T_C = 304,2 °K.)

p (mesuré : Amagat)	40,00	50,00	60,00	70,00
p (calculé : Wohl)	37,93	46,21	53,36	55,97
p (calculé : Beattie-Bridgeman)	52,04	72,13	100,46	166,67
p (calculé : Himpan)	39,30	48,96	58,76	69,50

MAGNÉTISME. — *Sur les propriétés magnétiques des solutions aqueuses de nitrate cuivrique.* Note de Mlle **Paulette Berthier**, MM. **Clément Courty** et **Jean Gauthier**, présentée par M. Gaston Dupouy.

Continuant l'étude des sels minéraux de l'ion Cu^{++} en solution aqueuse [1], voici les résultats obtenus avec les solutions de $(NO_3)_2Cu$, qui confirment à nouveau l'augmentation du paramagnétisme des sels cuivriques dissous, dès que la concentration devient très faible.

En réalité la courbe représentant, à la température de +20° C, les coefficients d'aimantation des solutions en fonction de leur molalité en sel dissous n'est pas une droite, et l'on peut, « grosso modo », entre les molalités « 6,3 et 4 », « 4 et 2,3 », « 2,3 et 0,8 », « 0,8 et 0,7 », respectivement, attribuer les valeurs 8,02, 8,06, 8,25, 9,14.10^{-6} au coefficient moyen du sel anhydre dissous. Aux molalités inférieurs à 0,07, la croissance du coefficient est considérable, mais, sa mesure manquant de précision, les valeurs comprises entre 10 et 53.10^{-6} sont des « ordres de grandeur ».

Nous avons pris pour le coefficient d'aimantation de l'eau les valeurs de H. Auer [2], qui montrent une faible variation avec la température. Cette précaution, que nous n'avions pas prise dans nos deux précédentes Notes [1] ne

(1) Voir *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 473 et **234**, 1952, p. 604.

(2) *Ann. Physik*, **18**, 1933, p. 593.

change rien à l'allure du phénomène observé, et se justifie par la grande fidélité que nous avons remarquée dans nos mesures.

					$10^6\chi$.			
N°.	$(NO_3)_2Cu$ % en poids.	t (°C).	Masse spécifique.	Molalité.	Solution.	Sel diss.	Sel à 20°C.	Solution à 20°C.
1...	54,401	2,4	1,67052	6,361	+3,968	7,900	8,00	4,023
2...	52,582	23,5	1,63301	5,912	3,837	7,95	8,04	3,886
3...	50,706	23	1,60326	5,484	3,673	7,94	8,03	3,714
4...	48,363	20,5	1,56769	4,993	3,496	8,00	8,01	3,502
5...	47,527	21,5	1,55165	4,829	3,410	7,97	8,01	3,430
6...	46,057	20	1,53150	4,552	4,299	8,01	8,01	3,299
7...	45,498	21	1,51709	4,451	3,237	7,98	8,01	3,249
8...	45,013	20	1,41833	4,364	3,217	8,03	8,03	3,217
9...	43,661	20	1,49198	4,132	3,112	8,06	8,06	3,112
10...	42,879	20,5	1,47989	4,002	3,010	7,98	7,99	3,016
11...	41,697	20,5	1,46323	3,826	2,930	8,04	8,05	2,936
12...	40,409	21	1,44046	3,616	2,776	7,93	7,96	2,785
13...	38,850	21	1,42403	3,387	2,656	7,97	8,00	2,665
14...	37,480	21	1,40086	3,197	2,557	8,02	8,05	2,566
15...	36,079	21	1,38311	3,009	2,440	8,04	8,06	2,448
16...	35,929	20	1,38056	2,990	2,401	7,97	7,99	2,409
17...	34,546	21	1,36366	2,814	2,321	8,09	8,11	2,331
18...	33,754	19	1,35258	2,717	2,247	8,07	8,04	2,238
19...	31,474	19,5	1,32313	2,449	2,107	8,27	8,25	2,103
20...	30,155	20	1,30492	2,302	1,944	8,12	8,12	1,944
21...	28,722	20	1,28679	2,148	1,805	8,07	8,07	1,805
22...	26,989	19,5	1,26749	1,971	1,664	8,12	8,10	1,660
23...	25,532	21	1,24595	1,828	1,520	8,06	8,08	1,527
24...	23,063	20	1,22116	1,598	1,305	8,07	8,07	1,305
25...	20,700	20	1,19535	1,392	1,154	8,34	8,34	1,154
26...	18,892	21	1,17342	1,249	1,004	8,41	8,44	1,009
27...	17,146	21	1,15668	1,103	0,901	8,74	8,77	0,906
28...	17,150	20	1,15591	1,104	0,811	8,22	8,22	0,811
29...	15,482	21,5	1,13801	0,977	0,671	8,27	8,32	0,678
30...	12,963	21	1,11399	0,793	0,417	8,07	8,09	0,420
31...	10,119	22	1,08601	0,600	0,186	8,25	8,31	0,192
32...	8,394	21,5	1,07780	0,488	0,111	9,20	9,25	0,115
33...	7,938	21,5	1,06610	0,460	0,012	8,52	8,56	0,015
34...	7,288	21	1,05967	0,419	−0,052	8,47	8,49	−0,050
35...	6,609	22	1,05409	0,377	−0,120	8,39	8,45	−0,116
36...	5,248	22	1,04215	0,294	−0,206	9,10	9,16	−0,203
37...	4,081	22	1,03162	0,227	−0,248	10,89	10,96	−0,245
38...	2,929	19	1,02294	0,161	−0,439	8,93	8,90	−0,440
39...	1,809	20	1,01209	0,098	−0,540	9,30	9,30	−0,540
40...	1,207	18	1,00752	0,065	−0,591	10,12	10,05	−0,591
41...	0,778	19	1,00434	0,042	−0,627	11,44	11,40	−0,627
42...	0,334	19,5	1,00085	0,018	−0,663	16,73	16,70	−0,663
43...	0,155	23,5	0,99822	0,008	−0,677	28,72	29,06	−0,676
44...	0,074	23	0,99806	0,004	−0,682	52,70	53,24	−0,682

Le coefficient $10^6\chi = +8{,}02$ du nitrate anhydre dissous aux très fortes concentrations conduirait, en prenant pour l'ion NO_3^- la valeur classique $-14{,}2.10^{-6}$, à la valeur $10^6\chi_A(Cu^{++}) = +1548{,}7$ compte tenu du diamagnétisme sous-jacent de Cu^{++}, évalué à -18.10^{-6}. Cela correspond à 1,92 magnéton de Bohr et 9,54 magnétons de Weiss, à $+20°C$.

SPECTROGRAPHIE. — *Détermination du rapport des concentrations atomiques de thorium et d'uranium dans les minéraux, par spectrographie X d'émission.* Note de Mme **Madeleine Tournay**, présentée par M. Charles Mauguin.

Cette étude a été réalisée avec un spectrographe type Cauchois, muni d'un mica travaillant dans l'air sur les plans 100.

Méthode. — On sait que dans le cas d'un système constitué de deux éléments chimiques A et *a*, l'équation reliant l'intensité des raies d'émission I et les concentrations atomiques *n* est de la forme $\log(I_A/I_a) = K + k\log(n_A/n_a)$, K et *k* étant deux constantes.

Dans le cas de l'uranium et du thorium, les deux raies $UL\beta_2(\lambda = 75\,314\,uX)$ et $ThL\beta_1(\lambda = 76\,363\,uX)$ sont suffisamment proches l'une de l'autre pour pouvoir être comparées directement, sans adjonction d'élément auxiliaire. De plus, il ne se place entre elles aucune raie du plomb, élément toujours présent dans les minéraux uranifères, qui fausserait les mesures.

D'après Siegbahn, l'intensité relative de ces deux raies, pour un nombre égal d'atomes, est $I(ThL\beta_1)/I(UL\beta_2) = 2{,}21$.

Si D_{Th} et D_U sont les déplacements fournis par le microphotomètre pour ces deux raies, les points de la courbe $\log(D_{Th}/D_U)$ en fonction de $\log(n_{Th}/n_U)$ pour des mélanges étalons UO_2 et ThO_2 de compositions connues, doivent être alignés sur une droite.

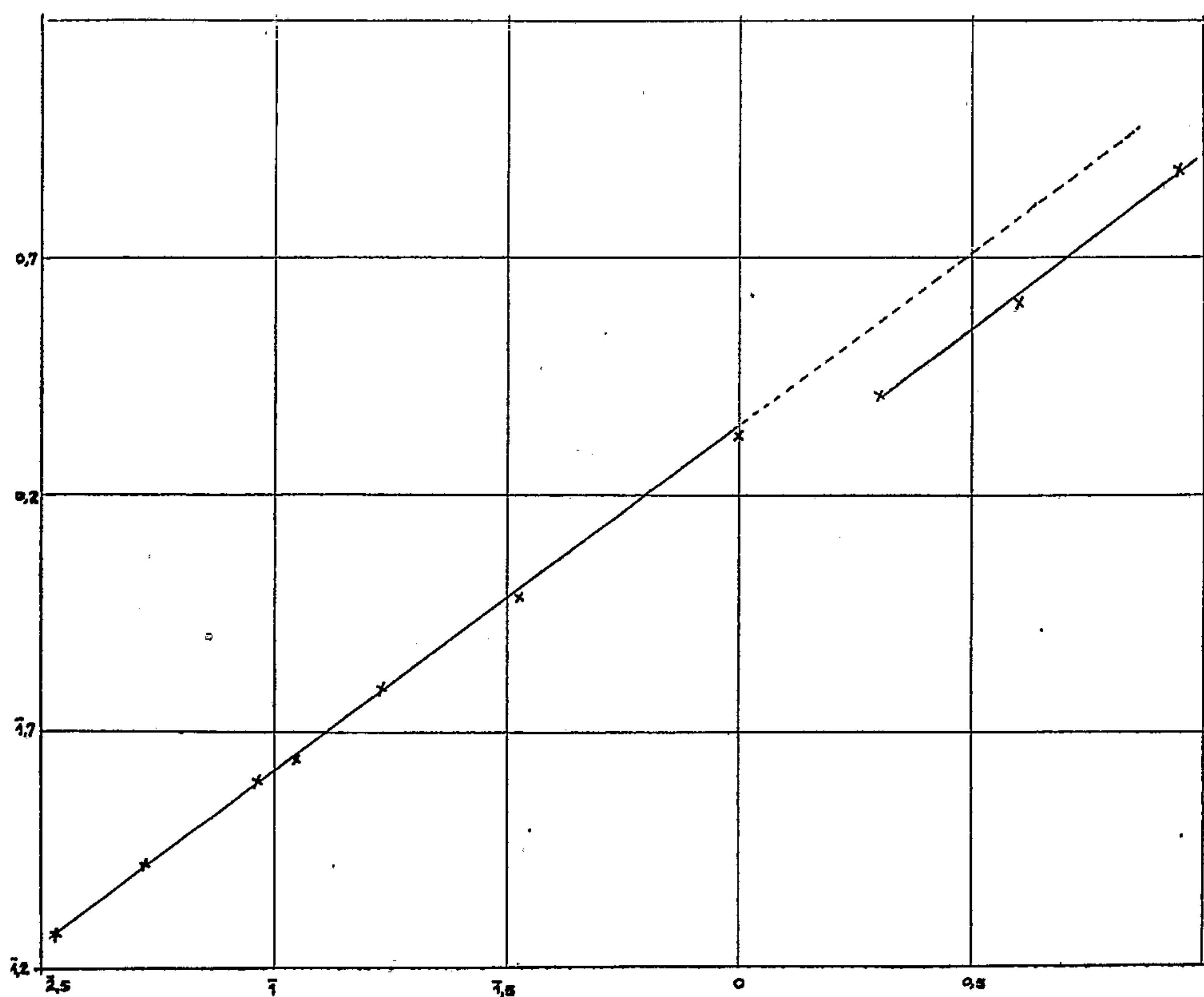
Les oxydes, quoique placés sur l'anticathode, et directement soumis aux électrons issus de la cathode, ne se volatilisent pas de façon sensible, et cette méthode présente un avantage de rapidité sur celle du rayonnement secondaire.

Résultats. — Le dosage de l'uranium et du thorium se fait commodément tant que le rapport (n_{Th}/n_U) varie entre 9 et 0,03. Les temps de pose sont compris entre 5 et 20 m, et chaque essai nécessite 2 à 3 mg de matière.

Les résultats qui apparaissent dans la courbe ci-après représentent la moyenne de trois mesures pour chaque étalon.

Limites de dosage. — Pour $(n_{Th}/n_U) > 2$, $\log(n_{Th}/n_U) > 0{,}301$. La droite est décalée parallèlement à la direction des autres dosages (direction caractéristique du film utilisé) parce que les temps de pose plus longs accroissent le fond continu, ce qui diminue les écarts d'intensité entre les raies. Les dosages ne seront pas faussés si l'on encadre l'échantillon à analyser par des étalons de teneur voisine, $n_{Th}/n_U > 9$, $\log(n_{Th}/n_U) > 0{,}954$. Les dosages ne sont plus possibles par cette méthode, au delà d'un certain noircissement du film, les

déviations du galvanomètre n'étant plus proportionnelles à l'intensité des raies. $n_{Th}/n_U < 0,03$, $\log(n_{Th}/n_U) < \bar{2},536$. Les raies Th L$\beta_1$ et U Lβ_2 présentent une trop grande différence d'intensité pour pouvoir être utilisées. On peut alors prendre Th Lβ_2($= 79192\,u$ X) et U Lβ_6($= 78678\,u$ X) qui donnent une droite parallèle à la droite ci-dessus. $n_{Th}/n_U < 0,02$. Les raies du thorium deviennent trop faibles. L'analyse qualitative est néanmoins possible jusqu'à $n_{Th}/n_U = 0,01$ par observation visuelle. Cette limite de détection serait meilleure



pour des éléments plus légers, le fond continu étant très important pour des éléments de petite longueur d'onde.

Précision et application. — Les points de la courbe ci-dessus correspondent à une erreur absolue calculée sur le pourcentage de n_{Th} par rapport à l'ensemble $n_{Th} + n_U$ inférieure à 1 % dans les quantités notables ($n_{Th}/n_U > 0,1$) et inférieure à 0,1 % dans les petites quantités.

L'erreur relative est au maximum de 5 %, mais peut descendre à 1 ou 2 % lorsqu'au cours d'une analyse on opère sur une petite partie de la courbe.

Il est à remarquer que si l'on faisait des mesures uniques au lieu de faire des moyennes, l'erreur relative pourrait atteindre 12 %. Ceci tient au fait que la quantité de matière utilisée pour chaque essai est trop faible pour que l'échantillon ait une composition homogène.

Cette méthode s'applique aux thorianites uraninites, broggërites, clévéites. Une vérification a été faite sur une thorianite de Ceylan : la valeur trouvée $n_{\text{Th}}/n_{\text{U}} = 6{,}25$ cadre avec les analyses chimiques de ce mineral.

SPECTROPHOTOMÉTRIE. — *Absorption de l'ozone à 18° au-dessous de* 3130 Å. Note (*) de M. **Ernest Vigroux**, présentée par M. Cabannes.

On déduit les coefficients d'absorption de l'ozone, par voie photométrique, à partir des coefficients déterminés par des dosages chimiques dans la région des bandes de Huggins ([1]). On évite ainsi les dosages, les raccords des séries de mesures sont peut-être mieux assurés et l'ensemble des résultats est plus homogène.

3112.....	1,05	2946.....	8,90	2752.....	66,4	2539.....	125
3109..	1,02	2941.....	9,50	2748.....	68,8	2529..	121
3106.....	1,12	2937.....	9,87	2738.....	72,2	2519.....	125
3104..	1,11	2931.....	10,7	2731.....	76,0	2508..	119
3100.....	1,19	2926.....	11,3	2728.....	77,3	2500.....	121
3098..	1,16	2918.....	12,4	2725.....	78,5	2495..	118
3092.....	1,35	2914.....	13,3	2722.....	79,4	2490.....	120
3085.....	1,48	2908.....	14,6	2717.....	81,5	2482..	115
3083..	1,46	2906.....	15,5	2715.....	81,9	2478.....	116
3077.....	1,62	2897.....	17,5	2710.....	84,0	2466..	110
3075..	1,59	2892.....	18,6	2702.....	87,0	2459.....	111
3066.....	1,90	2884.....	20,0			2448..	105
3061.....	2,01	2874.....	23,2	2697.....	88	2440.....	106
3059..	1,97	2871.....	23,8	2693..	86	2419..	97
3053.....	2,09	2864.....	25,6	2676.....	96	2417.....	98
3051..	2,06	2859.....	26,8	2671..	93	2404..	89
3037.....	2,76	2850.....	29,2	2656.....	104	2399.....	91
3036..	2,74	2845.....	30,9	2652..	102	2389..	84
3029.....	2,91	2841.....	31,7	2643.....	109		
3021.....	3,29	2833.....	35,4	2635..	106	2383.....	86
3016.....	3,55	2823.....	37,7	2624.....	114	2378.....	83
3004.....	4,19	2809.....	42,0	2617..	112	2371.....	79
2998.....	4,49	2799.....	46,1	2606.....	119	2364.....	77
2987.....	5,18	2792.....	48,6	2598..	115	2358.....	73
2982.....	5,50	2784.....	52,4	2587.....	124	2348.....	70
2977.....	5,85	2782.....	52,9	2579..	119	2341.....	68
2973.....	6,31	2773.....	57,6	2572.....	121	2333.....	63
2967.....	6,88	2763.....	62,1	2566..	119	2327.....	60
2959.....	7,86	2759.....	63,5	2553.....	126,5	2318.....	58
2948.....	8,76	2756.....	64,3	2546..	121	2305.....	51

(*) Séance du 4 juin 1952.

([1]) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 2439.

Au lieu d'utiliser un tube en croix, on s'est servi de deux tubes différents et voisins, reliés en série. On y fait circuler un courant d'oxygène ozonisé, fourni par un dispositif fonctionnant en régime permanent. L'absorption à travers le plus long des deux tubes (longueur l), utilisée dans la région spectrale comprise entre 3130 et 3400 Å, permet de déterminer les épaisseurs réduites e de la couche d'ozone, au moyen des coefficients d'absorption. On en déduit les épaisseurs réduites e' dans l'autre tube (longueur l') puisque, le mélange gazeux étant homogène, on a $e' = e\,l'/l$.

Quand on connaît e' et les densités optiques d de la couche d'ozone contenue dans le tube, on détermine les coefficients d'absorption, dans la région spectrale correspondante, par la relation $d = \mathrm{K}.e'$. En choisissant convenablement l et l', ainsi que le régime de fonctionnement ou les dimensions de l'ozoniseur, on étudie facilement tout le domaine de longueur d'onde inférieure à 3130 Å; on n'est limité du côté des courtes longueurs d'onde que par la sensibilité des plaques employées, car la pente des courbes de graduation finit par devenir faible. On a pu aller jusqu'à 2300 Å.

Le tableau contient les résultats obtenus en effectuant les moyennes sur de nombreux spectres, pris sur de multiples clichés.

Ces spectres ont été enregistrés sur un spectrographe ouvert à F/9, dont la dispersion entre 3125 et 2300 Å est 77 mm. La fente a une largeur de 30 μ.

La source est un tube à hydrogène.

La concordance de ces résultats avec les valeurs de Buisson et Fabry est excellente.

PHYSIQUE CRISTALLINE. — *Résultats expérimentaux de l'étude de la diffusion de la lumière par un monocristal de chlorure de sodium.* Note (*) de Mlle **Lucienne Taurel**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons étudié la diffusion de la lumière, à température ordinaire, par des cubes de chlorure de sodium synthétique diversement taillés. Soient OX, Y, Z les axes quaternaires du cristal; dans les cas examinés, le rayon incident fait un angle α avec OX dans le plan XOY. Le rayon diffusé est à 90° dans le même plan. Nous avons fait successivement $\alpha = 0°$, $\alpha = 22°,5$, $\alpha = 45°$.

L'usage d'un spectrographe nous a permis de travailler avec une longueur d'onde bien déterminée $\lambda = 4358$ Å; le montage utilisé est identique à celui qu'on emploie dans l'effet Raman en lumière polarisée; l'ouverture des faisceaux incidents et diffusés est inférieure à 1/15 de radian.

Le tableau ci-contre indique, pour chaque orientation, les intensités relatives observées. Dans chaque cas, les valeurs théoriques fournies par la

(*) Séance du 4 juin 1952.

théorie continue de la diffusion Rayleigh (1) sont également signalées. Les résultats expérimentaux fournis sont la moyenne d'au moins deux mesures faites dans des conditions différentes afin d'éliminer au mieux la lumière parasite.

α.	Champ électrique Incident. / Champ électrique Diffusé.	Parallèle à OZ. $i \perp$ OZ.	Parallèle à OZ. I // OZ.	Perpendiculaire à OZ. $i \perp$ OZ.	Perpendiculaire à OZ. I // OZ.
0°	expérimental	3,3	100	4,15	3,3
	théorique	0,61	100	0,37	0,61
22°,5	expérimental	4	165	14	2
	théorique	0,61	97	0,84	0,61
45°	expérimental	4,1	300	48	4
	théorique	0,61	91	1,19	0,61

On constate que la majeure partie de la lumière diffusée observée est due à la « fausse diffusion » par les imperfections du cristal. En première approximation nous négligerons la fraction moléculaire.

Les intensités de l'ordre de 3 ou 4 observées peuvent être attribuées à de la lumière parasite. Les deux faits les plus importants à interpréter sont l'augmentation considérable que subissent I (champ électrique parallèle à OZ) et i (champ électrique incident perpendiculaire à OZ), lorsqu'on passe de $\alpha = 0°$ à $\alpha = 45°$.

La variation de i (champ incident perpendiculaire à OZ) peut s'expliquer par des réflexions sur les failles qui existent dans le cristal (2). Le fait que i augmente légèrement pour $\alpha = 22°,5$ montre que les modèles que nous avons envisagés ne constituent qu'une approximation grossière de la réalité.

Si l'on admet que le pouvoir réflecteur est le même quelle que soit l'orientation du champ électrique de l'onde incidente, les intensités I qui ne seraient pas dues à une réflexion sur les failles auraient respectivement pour valeurs relatives : 96 pour $\alpha = 0°$, 151 pour $\alpha = 22°,5$, 252 pour $\alpha = 45°$.

Le tableau ci-dessous indique les résultats fournis par l'hypothèse de

	l_0 (Å).	$\alpha = 0°$.	$\alpha = 22°,5$.	$\alpha = 45°$.
Hypothèse A	2400	96	141	192
» B		96	750	1700
» A	2200	96	138	165
» B		96	415	830
» A	2000	96	131	165
» B		96	216	390
» A	1800	96	123	148
» B		**96**	**168**	**242**
» A	1600	96	115	131
» B		96	132	167

Hypothèse A : bâtonnets de longueur l_0; hypothèse B : parallélépipèdes à base carrée de côtés l_0.

(1) L. TAUREL et J. CHAPELLE, *J. Phys.*, **12**, 1951, p. 817.
(2) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 2443.

l'existence de failles dans le cristal (²). Il semble résulter de ce tableau que les failles existant dans le chlorure de sodium sont assimilables, en première approximation, à des parallélépipèdes à base carrée dont les côtés ont une longueur l_0 d'environ 1 800 Å.

D'autres cas d'observation, actuellement à l'étude, vérifient cette hypothèse.

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Absorption et fluorescence de quelques composés organiques purs et en solution.* Note de M. **Paul Pesteil**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les résultats expérimentaux qui suivent concernent l'absorption et la fluorescence du stilbène et de l'anthracène purs et en solution dans le dibenzyle et le tolane. Toutes ces substances ont été préparées et cristallisées par M. Pichat.

Ces quatre composés cristallisent dans le système monoclinique et leur structure a été étudiée en détail par Robertson [1]. On peut rapporter la molécule à trois axes rectangulaires L(parallèle à sa longueur), M(parallèle à sa largeur) et N(parallèle à la direction de la normale aux noyaux). Les cristaux ont été taillés suivant des parallélépipèdes rectangles dont les arêtes étaient parallèles aux trois axes de l'ellipsoïde *p*, *m*, *g*. Le tableau des carrés des cosinus directeurs se trouve à la fin de la Note. Remarquons que leurs valeurs très différentes pour le dibenzyle et le tolane permettent d'observer les molécules de stilbène en solution dans ces cristaux sous des angles différents.

Dans trois Notes [2], j'ai étudié la polarisation des bandes d'absorption et de fluorescence trouvées pour un cristal de stilbène. D'autres mesures, effectuées sur un autre échantillon, ont mis en évidence l'existence, dans le premier, de traces (10^{-4} environ) d'anthracène. Les Notes se rapportaient donc à la fluorescence et à l'absorption de l'anthracène en solution dans le stilbène cristallisé. Si l'on reprend mes résultats sous ce jour nouveau, on peut en tirer les conclusions suivantes : la polarisation des bandes d'absorption et de fluorescence de l'anthracène dans le stilbène montre que les vibrations correspondantes ne se font pas parallèlement à l'axe M de la molécule de stilbène. Les résultats de Bénel [3] et de Brodersen [4] indiquent que *les molécules d'anthracène ne sont pas parallèles à celles de stilbène.*

J'ai étudié l'absorption de cristaux de tolane contenant des traces d'anthracène. Les polarisations sont identiques à celles obtenues avec le stilbène contenant de l'anthracène; *les molécules d'anthracène ne se placent donc pas parallèlement à celles du tolane.*

(¹) *Proc. Roy. Soc.*, **140**, 1933, p. 79; **150**, 1935, p. 359; **142**, 1933, p. 674.

(²) Pesteil, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 377, 924 et 1356.

(³) *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 595.

(⁴) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1094.

Comme dans le cas du stilbène ([2]), les maxima semblent dédoublés ; le déplacement des bandes d'absorption du tolane vers les grandes fréquences par rapport à celles du stilbène laisse apercevoir deux pics supplémentaires vers 27 600 et 28 990 cm^{-1}. On observe aussi un déplacement de 100 cm^{-1} environ vers le visible lorsqu'on passe de la solution dans le stilbène à la solution dans le tolane.

Lorsqu'on fond le cristal, la fluorescence disparaît et seules les bandes qui étaient faibles à l'état cristallisé sont conservées à l'état liquide. Les nouvelles bandes d'absorption du soluté dans le cristal sont certainement dues à l'existence du champ cristallin qui change la structure électronique de la molécule, et liées à l'apparition de la fluorescence.

J'ai aussi étudié la courbe d'absorption d'une solution liquide d'anthracène à 1/7 400 dans le dibenzyle. Les maxima sont très voisins de ceux obtenus avec le tolane. On peut évaluer le coefficient d'absorption de l'anthracène à 37 000, pour le maximum le plus proche du visible, ce qui donne, si l'on suppose le vibrateur linéaire : $K = 37\,000 \times 3 \# 10^5$ (3 est l'inverse de la valeur moyenne du carré du cosinus directeur que fait l'axe M avec la direction d'observation).

J'ai aussi tracé les courbes de fluorescence de cristaux purs de stilbène et d'anthracène, de solutions d'anthracène dans le stilbène et le tolane et de stilbène dans le dibenzyle et le tolane à l'état cristallisé. Les courbes permettent de faire les deux remarques suivantes :

1° Il y a décalage de 500 cm^{-1} vers les hautes fréquences lorsqu'on dissout l'anthracène dans le stilbène ou le tolane.

3° Les décalages observés lorsqu'on passe du stilbène pur aux solutions dans le dibenzyle et le tolane sont de même sens que ceux des bandes d'absorption de ces substances ([5]).

J'ai enfin étudié la polarisation des bandes de fluorescence des cristaux purs et des solutions solides énumérées ci-dessus. Il résulte de ces polarisations (tableau ci-dessous) que la vibration émise est parallèle au petit axe M de la molécule, aux dépolarisations inévitables près, comme le prévoit d'ailleurs pour l'anthracène la théorie des orbitales moléculaires ([6]).

Carrés des cosinus directeurs.

	Dibenzyle (dib).			Stilbène (st).		
	L.	M.	N.	L.	M.	N.
p..........	0,839	0,123	0,028	0,381	0,086	0,527
m..........	0,048	0,682	0,269	0,048	0,682	0,269
g..........	0,103	0,194	0,696	0,553	0,231	0,197

([5]) *Tables annuelles des constantes*, 39, 1943, p. 47, 48 et 50.

([6]) Coulson, *Proc. Phys. Soc.*, 60, 1948, p. 257.

	Tolane (tol).			Anthracène (ant).		
p	0,478	0,059	0,457	0,847	0,005	0,150
m	0,048	0,682	0,269	0,015	0,771	0,214
g	0,469	0,259	0,268	0,133	0,222	0,645

Polarisation de la fluorescence.

Ant dans St	$\frac{m}{p} = \frac{1}{4,0}$	$\frac{p}{g} = 2,6$	$\frac{m}{g} = \frac{1}{1,6}$
St	$\frac{m}{p} = 2,5$	$\frac{p}{g} = \frac{1}{2,1}$	$\frac{m}{g} = 1,2$
St dans Tol	$\frac{m}{p} = 5,0$	$\frac{p}{g} = \frac{1}{3,5}$	$\frac{m}{g} = 1,4$
St dans dib	$\frac{m}{p} = 4,6$	$\frac{p}{g} = \frac{1}{1,2}$	$\frac{m}{g} = 3,5$
Ant	$\frac{m}{p} = 4,5$	$\frac{p}{g} = \frac{1}{1,3}$	$\frac{m}{g} = 2,9$

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Sur la fluctuation de la densité de grains des particules relativistes observées dans une émulsion nucléaire.* Note (*) de MM. **Max Morand** et **Tsai-Chü**, présentée par M. Eugène Darmois.

Étude de la densité de grains sur 3394 traces cosmiques de particules relativistes. La courbe a un maximum accusé, mais est moins dissymétrique que la courbe théorique de fluctuation de perte d'énergie.

1. Nous avons déterminé la densité de grains sur 3 394 traces réparties dans toute la profondeur d'une plaque Ilford G_5 exposée à Tamanrasset (¹) (1 400 m, 25°30′ lat. géomg. N). Nous avons éliminé 2 % des traces, possédant plusieurs sections dont la granulation est supérieure à deux fois celle qui correspond au minimum d'ionisation. On sait qu'il existe un minimum de granulation (ordre de grandeur 10 % pour les énergies correspondant à l'énergie de masse au repos) entre 1 et 10 (²) fois [ou 25 (³) fois] la valeur de cette énergie. D'autre part, on peut estimer (⁴) qu'il y a environ 30 % d'électrons et 70 % de particules pénétrantes; mais les électrons d'énergie inférieure à 0,5 MeV ont un angle moyen de scattering de 35° sur 100 μ (⁵) et n'interviennent pas dans nos mesures; enfin, il y a seulement 1,5 % de mésons avec une énergie inférieure à 200 MeV (⁶) (au niveau de la mer et à 45° de latitude). On peut en

(*) Séance du 16 juin 1952.

(¹) M. Morand et Tsai-Chü, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1875.

(²) Pickup et Voyvodic, *Phys. Rev.*, 80, 1950, p. 89.

(³) Morrish, *Phil. Mag.*, 43, 1952, p. 532.

(⁴) Rossi, *Rev. Mod. Phys.*, 20, 1948, p. 536.

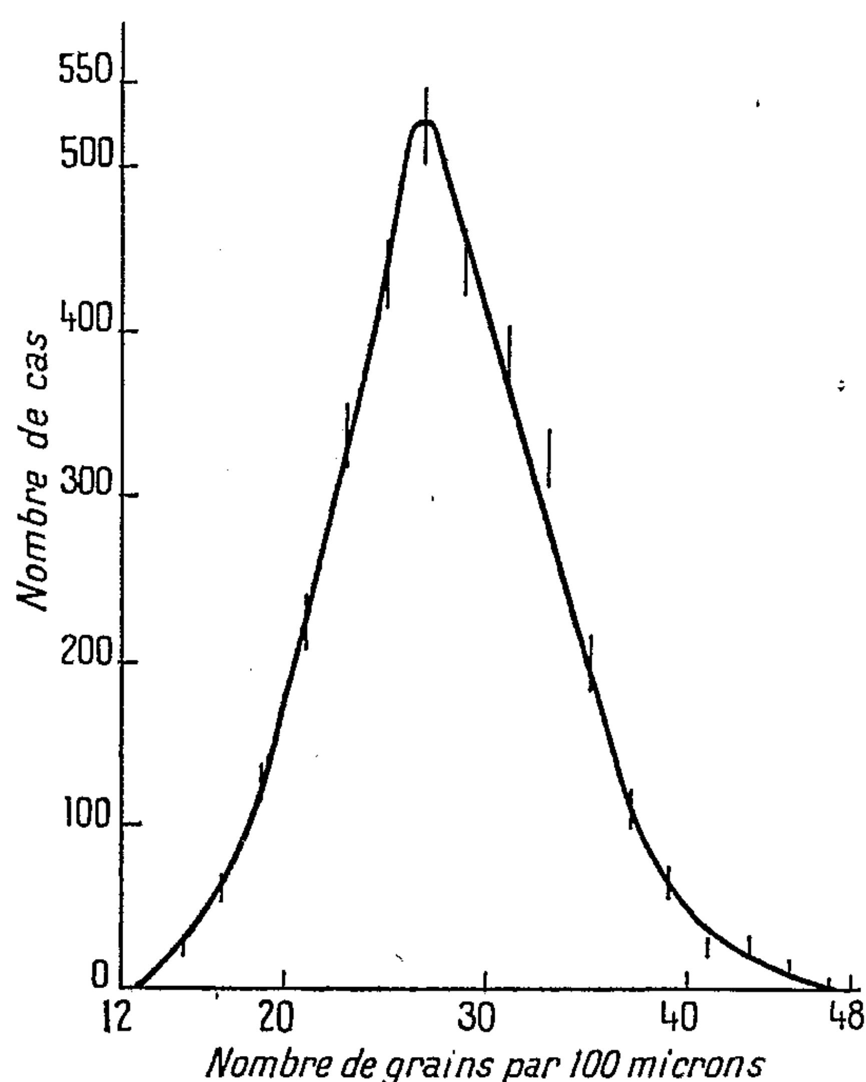
(⁵) Corson, *Phys. Rev.*, 80, 1950, p. 303.

(⁶) Janossy, *Cosmic Rays (Oxford)*, 1948, p. 169.

déduire que 95 % de nos traces, ou même plus, doivent avoir, à 10 % près, une granulation égale à celle du minimum d'ionisation.

La figure indique la distribution de la densité de grains observée, autour de la valeur correspondant au plateau de grande énergie, en tenant compte de l'inclinaison de chaque trace. Chaque trait représente l'écart statistique au point correspondant. La courbe passe par un maximum pour 27 grains pour 100 μ.

2. La courbe de straggling théorique (7), (8) est dissymétrique autour du maximum : elle descend beaucoup plus lentement du côté des grandes pertes



d'énergie. La courbe de la figure présente une dissymétrie moins accusée. Ce fait peut provenir de la technique même du comptage, car on ne peut compter que les grains au voisinage de la trace et dans un plan perpendiculaire à l'axe de visée. Mais cela peut aussi provenir des propriétés mêmes de l'émulsion, puisque certaines pertes d'énergie ne produisent aucun grain visible [grandeur finie des grains (9), (3) et radiation électromagnétique] ou ne les produisent pas avec un alignement permettant de les compter. La régularité de la courbe de fluctuation en densité semble donc simplement fournir un critère pour évaluer la précision de comptage des grains. D'autre part, puisque la valeur la plus

(7) LANDAU, *J. Phys. U. S. S. R.*, 8, 1944, p. 201.

(8) BLUNK et LEISEGANG, *Z. Physik*, 128, 1950, p. 500.

(9) BRIT, *J. App. Phys.*, 3, 1952, p. 11.

probable ne coïncide probablement pas avec la valeur moyenne, il serait peut-être intéressant d'étudier avec précision la courbe granulation-énergie, en partant des valeurs les plus probables au lieu des valeurs moyennes.

3. La répartition des *pertes d'énergie* a été étudiée expérimentalement par Birkhoff [10] et par Chen et Warshaw [11] sur les électrons, par Bowen et Roser [12] pour les mésons, par compteurs à scintillations. Hodgson [9] a également amorcé l'étude des fluctuations de *densité des grains* pour les particules relativistes dans une émulsion sensible. Tous ces résultats sont analogues aux nôtres, quoique, par leur dissymétrie, ils se rapprochent davantage de la courbe théorique relative aux *pertes d'énergie*. Enfin, il est utile d'observer que la longueur des cellules (réduite à 13,3 μ) choisie par Hodgson, a eu pour effet de masquer presque complètement l'emplacement du maximum.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur la rétention de vapeur d'eau par l'alumine et la silice.* Note de M. **Denis Papée**, présentée par M. Paul Pascal.

La rétention de vapeur d'eau par l'alumine et la silice est liée aux modifications de texture et surtout de structure subies par ces produits. Elle est achevée après parcours complet de la première isotherme d'adsorption, alors que la réorganisation de cette eau, qui conduit dans le cas des alumines à l'apparition d'une nouvelle phase, est un processus lent.

L'adsorption permanente ou rétention de vapeur d'eau par des variétés d'alumine et de silice a été mise en évidence dans une Note précédente [1]. Elle est caractérisée par la quantité de vapeur *m* qui ne se laisse plus désorber à la température de l'expérience (25°) après un cycle d'adsorption-désorption. Le tableau ci-contre indique les variations de *m* avec les conditions de traitement des échantillons, calcinés sous le vide d'une pompe à diffusion de mercure (SV) ou bien sous pression atmosphérique (PA). Les surfaces spécifiques sont calculées par la méthode B. E. T. à partir des mêmes isothermes; on indique la durée de dégazage nécessaire pour atteindre une pression résiduelle inférieure à 10^{-2} mm Hg.

Dans la plupart des cas, l'adsorption permanente varie parallèlement à la surface spécifique. Ainsi, les deux variétés d'alumine calcinées sous vide présentent une surface et une adsorption permanente plus élevées qu'après calcination sous pression atmosphérique à la même température. La valeur plus élevée de *m* pour la bœhmite calcinée à 800° peut être due au fait que la destruction de la structure de bœhmite ne s'achève qu'au-

(10) *Phys. Rev.*, 82, 1951, p. 448.
(11) *Phys. Rev.*, 84, 1951, p. 355.
(12) *Phys. Rev.*, 85, 1952, p. 992.
(1) D. Papée, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 952.

dessus de 400°. Toutefois, la variation de *m* est liée aux modifications de structure bien plus que ne l'est la variation de la surface. Pour la bœhmite, les surfaces des échantillons calcinés à 100 et 400° sont dans le rapport 72/100, les valeurs de *m* dans le rapport 18/100; l'augmentation de *m* dès 200° confirme le fait que la destruction de la bœhmite se fait progressivement. Pour la bayerite, *m* passe par un maximum à 250° qui correspond à la disparition totale du réseau de bayerite.

	Calcination			Surface	*m*	Dégazage
	mode.	t^o.	durée (h).	(m^2/g).	(gH_2O/100 g).	(h).
Bœhmite	SV	100	8	230	2,0	11
	»	200	5	239	6,5	12
	»	300	9	291	10,7	12
	»	400	6	319	11,2	14
	PA	400	14	193	4,5	5
	»	800	14	105	5,2	3
Bayerite	PA	125	10	159	0,7	5
	SV	200	3	200	4,6	7
	»	250	3	313	9,6	8
	»	400	4	298	8,2	8
	PA	400	14	234	4,0	4
	»	800	14	81	2,7	3
Gel de silice	PA	400	14	141	1,8	3
Silice précipitée	PA	400	14	154	2,4	3

L'adsorption permanente se poursuit aux pressions partielles élevées pour les échantillons calcinés sous vide. Dans le cas des températures de transformation, bœhmite : 300 et 400°, bayerite : 250°, la différence d'ordonnée entre la première isotherme d'adsorption et celle représentant les suivantes demeure importante jusqu'à $p/p_0 = 0{,}9$. La distinction entre l'adsorption physique et l'adsorption permanente est alors moins rigoureuse; une fraction de cette dernière semble liée d'une façon peu rigide : retenue jusqu'aux basses pressions, elle s'élimine au cours de la désorption de la couche monomoléculaire et rend le dégazage plus long. De ce fait, les isothermes d'adsorption et de désorption sont légèrement décalées dans le domaine des faibles pressions partielles; ce phénomène est reproductible. Seule, l'isotherme d'adsorption correspond à l'adsorption physique pure.

L'étude de l'élimination de l'eau retenue a été effectuée en opérant le dégazage à des températures croissantes. Le départ d'eau est progressif pour tous les produits et ne s'achève que vers 250°. L'adsorption réalisée ensuite redonne les résultats obtenus avec l'échantillon initial. Dans le cas du gel de silice PA, on retrouve la même valeur de *m*, mais la première isotherme d'adsorption ne présente plus la forme particulière signalée

précédemment ([1]), qui est due à la présence de vapeur d'eau au cours de la calcination.

Il résulte des observations précédentes que l'adsorption permanente est intimement liée aux modifications de structure subies par les produits. La stabilité de l'eau ainsi retenue conduit à penser qu'elle participe à la formation d'un composé avec le produit adsorbant.

Dans le cas du gel de silice calciné à 800°, la restauration de la texture sous l'influence de la vapeur d'eau a déjà été signalée ([2]). Elle est provoquée par la reconstitution de certains groupements OH.

Il est logique de penser que pour l'alumine c'est l'un de ses hydroxydes qui doit constituer le stade final de l'évolution.

La possibilité de reconstitution d'un hydroxyde (bœhmite) à l'autoclave à partir d'une alumine calcinée est connue depuis longtemps. Fricke et Jockers ([3]) ont obtenu une réhydratation en phase liquide à 100°, ce qui constitue un cas limite du traitement à l'autoclave. Imelik ([4]) a observé la formation d'hydroxydes d'alumine en saturant de vapeur d'eau à 37° un gel de bœhmite calciné, conditions qui se rapprochent de celles des mesures d'adsorption.

Nous avons obtenu indépendamment ce résultat à 25°. L'examen aux rayons X n'indique pas l'apparition d'une nouvelle phase pour un produit soumis seulement à quelques cycles d'adsorption-désorption. Celle-ci est décelée, par contre, après 5 jours de contact avec la vapeur d'eau dans l'appareil d'adsorption. Le phénomène est plus lent en atmosphère saturée de vapeur d'eau (25 jours), mais très rapide en phase liquide (1 jour). La valeur de m varie peu d'un essai à un autre. Nous pouvons en conclure que si la rétention irréversible de vapeur d'eau est un phénomène rapide, puisqu'elle est achevée après parcours complet de la première isotherme, la réorganisation de cette eau, qui conduit à l'apparition d'une nouvelle phase, est un processus lent.

CHIMIE THÉORIQUE. — *De la réactivité du naphtalène au cours d'une réaction d'addition.* Note (*) de M. **Odilon Chalvet** et Mme **Simone Odiot**, présentée par M. Louis de Broglie.

A l'aide du diagramme de la molécule de naphtalène calculé par la méthode L. C. A. O. ([1]), nous nous proposons de trouver l'ordre dans lequel se classent les sommets du points de vue de la réactivité due aux électrons π dans le cas de

([2]) A. Chrétien et D. Papée, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 214.

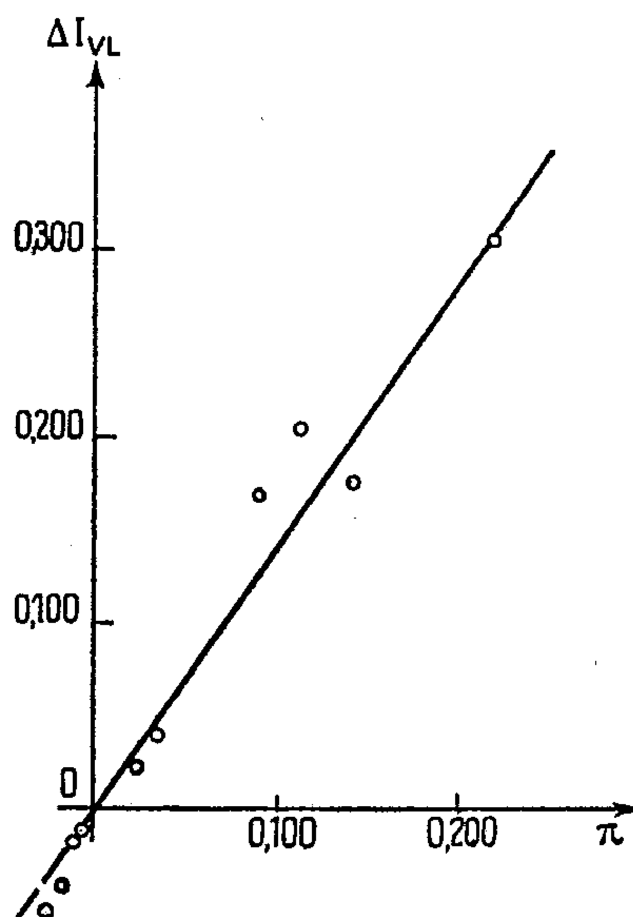
([3]) *Z. anorg. Chem.*, 262, 1950, p. 3.

([4]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1284.

(*) Séance du 16 juin 1952.

([1]) Coulson et Longuet-Higgins, *Revue scientifique*, 15, 1947, p. 929-937.

l'addition. Une première classification nous est donnée par le calcul des contributions des électrons π aux barrières de potentiel (B. P.) selon la méthode de



Wheland ([2]). Nous la comparerons à d'autres que nous résumons dans le tableau I dans lequel :

La colonne 2 donne la somme des indices de valence libre du premier sommet attaqué numéroté r, dans la molécule initiale soit $I\varphi_{L_r}$ et celui du deuxième sommet numéroté n dans le complexe intermédiaire après la première attaque, soit $I\varphi_{L'n}$ ([3]).

La colonne 3 indique la somme des indices de valence libre des sommets attaqués dans la molécule de naphtalène augmentée de la polarisabilité mutuelle π_{rn} affectée d'un certain coefficient de proportionnalité que nous avons déterminé égal à 1,4 ([4]). Cette troisième colonne se déduit de la seconde, en remarquant que la différence entre la valeur de l'indice de valence libre du deuxième sommet dans le complexe intermédiaire après la première attaque et sa valeur dans la molécule même du naphtalène, soit $\Delta I\varphi_L$, est en première approximation, proportionnelle à la polarisabilité mutuelle π_{rn} entre les deux sommets comme le montrent la courbe 1 et le tableau II.

La colonne 4 est relative à la somme des autopolarisabilités des deux sommets attaqués π_{rr} et π_{nn} augmentée de la polarisabilité mutuelle de ces deux sommets. Il existe, en effet, une relation entre autopolarisabilité et indice de valence libre ([5]).

([2]) *The theory of resonance*, New-York, 1944.
([3]) Chalvet, Daudel et Roux (sous presse).
([4]) *Loc. cit.*
([5]) Daudel, Chalvet et Roux, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 76.

La colonne 5, calculée par Hartmann ([6]), évalue les différences d'énergie de résonance du naphtalène et du composé final.

TABLEAU I.

Ordre d'attaque des sommets.	Colonnes 1. B. P.	2. $I\nu_{L_r} + I\nu_{L'_n}$.	3. $I\nu_{L_r} + I\nu_{L_n} + \pi_{rn}$.	4. $\pi_{rr} + \pi_{nn} + \pi_{rn}$.	5. ΔE_r (Hartmann).
1- 2.....	$2\alpha + 3{,}254\beta$	0,756	0,750	1,061	$\leqq 0{,}42$
1- 4.....	$2\alpha + 3{,}680\beta$	0,676	0,695	1,025	0,42
2- 3.....	$2\alpha + 3{,}611\beta$	0,613	0,558	0,920	0,46
1- 5.....	$2\alpha + 4{,}162\beta$	0,523	0,532	0,909	0,90
1- 9.....	$2\alpha + 4{,}162\beta$	0,523	0,477	0,862	0,90
1- 7.....	$2\alpha + 4{,}234\beta$	0,492	0,498	0,881	0,71
2- 6.....	$2\alpha + 4{,}474\beta$	0,448	0,450	0,843	0,90
2-10.....	$2\alpha + 4{,}692\beta$	0,387	0,370	0,784	1,43

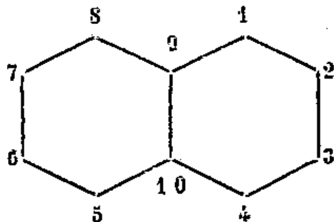


TABLEAU II.

N° des sommets.	Polarisabilités mutuelles.	$\Delta I\nu_L$.	N° des sommets.	Polarisabilités mutuelles.	$\Delta I\nu_L$.
1-2........	−0,213	+0,304	2-3........	−0,110	+0,209
1-3........	+0,018	−0,043	2-4........	+0,018	−0,046
1-4........	−0,139	+0,176	2-5........	+0,007	−0,011
1-5........	−0,023	+0,023	2-6........	−0,033	+0,044
1-6........	+0,007	−0,009	2-7........	0	0
1-7........	−0,033	+0,04	2-8........	−0,033	+0,049
1-8........	+0,027	−0,057			

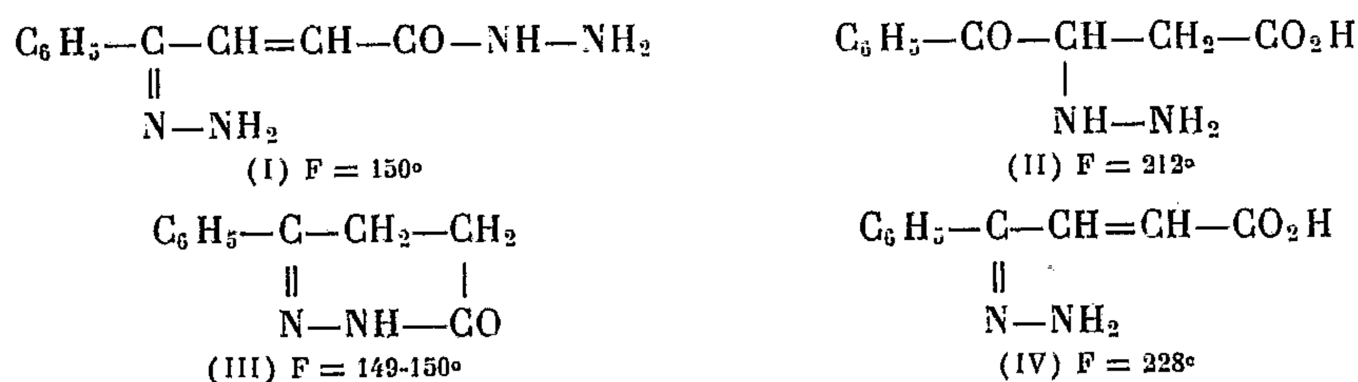
Nous remarquerons que la méthode faisant intervenir la grandeur dynamique (barrière de potentiel) et celles mettant en jeu les grandeurs statiques (Indices de valence libre, autopolarisabilités, etc.) concordent en général.

Elles s'accordent avec l'expérience pour donner comme sommets les plus réactifs 1-2 dans le cas de l'hydrogénation ([7]) par exemple et 1-4 vis-à-vis de la réaction de diène-synthèse ([8]).

([6]) *Z. Naturforschg*, 3 *a*, 1948, p. 29-34.
([7]) Cité dans HARTMANN (*loc. cit.*).
([8]) KLOETZEL et HERZOG, *J. Amer. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 1991.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques propriétés de l'hydrazone-hydrazide de l'acide β-benzoylacrylique*. Note de MM. **Raymond Delaby, Pierre Chabrier** et Mlle **Simone Danton**, présentée par M. Marcel Delépine.

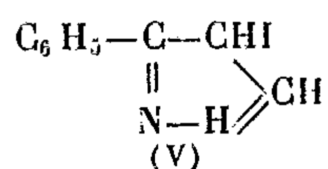
Dans une Note récente [1] nous avons indiqué les circonstances de formation de cet hydrazone-hydrazide (I) : action de l'hydrate d'hydrazine sur les esters de cet acide, quel que soit l'ester choisi. Ce même réactif donne l'hydrazide (II) avec l'acide β-benzoylacrylique libre [2], tandis qu'opposé à un ester saturé correspondant, le benzoylpropionate d'éthyle, il conduit à la phényl-3 pyridazinone-6 (III) [3]. En hydrolysant en milieu alcalin l'hydrazone-hydrazide, nous avons réussi à obtenir l'hydrazone de l'acide benzoylacrylique (IV) (P. M. trouvé par cryoscopie dans le camphre, 192; théorie, 190), composé soluble dans l'eau à chaud et non réducteur :



Nous décrivons ci-après de nouvelles propriétés de l'hydrazone-hydrazide (I).

Action de l'iode. — Une solution iodo-iodurée 0,5 N en excès, ajoutée à une solution maintenue vers 60° d'hydrazone-hydrazide dans du carbonate disodique, détermine la formation d'un abondant précipité, concurremment avec un dégagement gazeux. Le titrage de l'excès d'iode montre que quatre molécules de ce métalloïde sont nécessaires pour transformer une molécule du composé mis en œuvre.

Le précipité jaune recueilli, lavé au sulfite monosodique et recristallisé dans l'alcool à 40° C, est fusible à 135-136°. Il est identique à celui que l'on obtient en traitant, dans les mêmes conditions, l'hydrazone de l'acide benzoylacrylique (IV). Cette substance n'est pas réductrice et ne présente pas de caractère acide. Les résultats de l'analyse élémentaire conduisent à lui attribuer la structure du phényl-3 iodo-4 pyrazole (V)

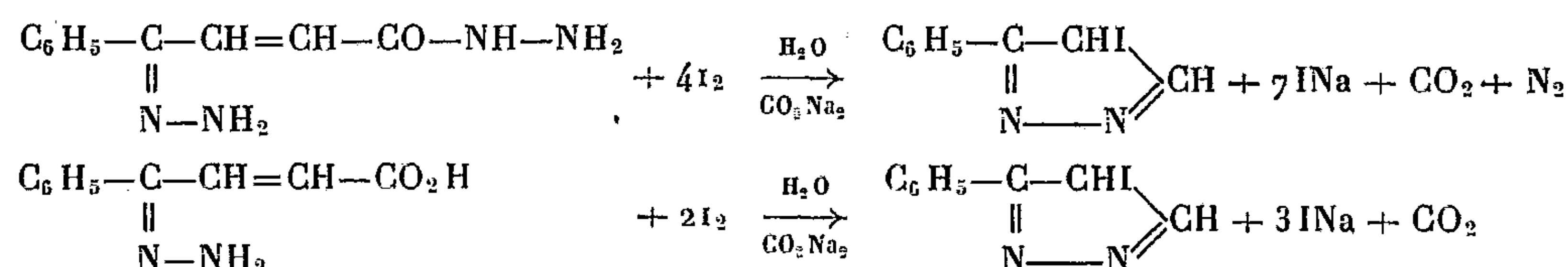


(1) R. Delaby, P. Chabrier et S. Danton, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1367.

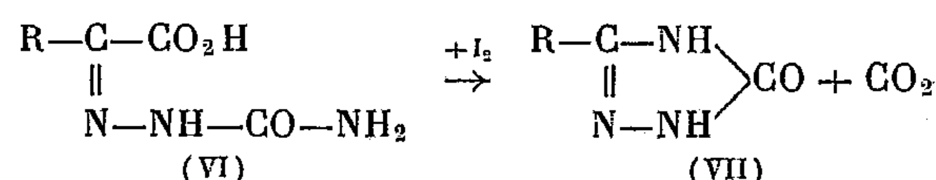
(2) J. Bougault et P. Chabrier, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1952.

(3) Th. Curtius, *J. prakt. Chem.*, 2e série, 50, 1894, p. 530; S. Gabriel et J. Colman, *Ber. Deutsch. Chem. Ges.*, 32, 1899, p. 399.

Ces deux réactions sont quantitatives; selon la nature de la matière première engagée, elles peuvent s'exprimer ainsi :



Cette décarboxylation accompagnant l'oxydation peut être rapprochée de celle observée par J. Bougault ([4]) qui obtint les oxotriazolines (VII) par action de l'iode sur les semicarbazones d'acides α-cétoniques (VI) :



Acylation. — L'acétylation par un excès d'anhydride acétique (2,5 fois la quantité théorique) de l'hydrazone-hydrazide (I), au bain-marie durant 2 h, donne le dérivé tétracétylé, F 172°, alors que la benzoylation par la technique classique de Schotten-Baumann aboutit à un dérivé dibenzoylé, F 246-247°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'action du bromure d'éthylmagnésium sur le dinitrile glutarique.* Note de M. **Jean Décombe**, présentée par M. Marcel Delépine.

On sait que la synthèse des cétones à partir des nitriles et des magnésiens, selon la méthode de Blaise, présente des anomalies dans le cas des nitriles aliphatiques. Bruylants ([1]) les explique par le caractère pseudo-acide de ces nitriles vis-à-vis des magnésiens (avec lesquels ils donnent un abondant dégagement gazeux) et par les propriétés condensantes de ces derniers vis-à-vis des nitriles.

En particulier, Bruylants ([2]) a montré dans le cas du dinitrile glutarique que l'on récupère la presque totalité du nitrile mis en œuvre et que les seuls produits formés, en quantité minime, sont : l'imino-nitrile résultant de la condensation d'une seule fonction nitrile et le dimère du nitrile initial. Blaise ([3]) met en évidence la formation d'une infime quantité de δ-dicétone normale et constate en outre la formation de produits divers qu'il n'a pas identifiés. Nous venons de reprendre l'étude de la condensation de $Br—Mg—C_2H_5$ avec le

([4]) *Bull. Soc. Chim. France*, **21**, 1917, p. 180; **25**, 1919, p. 384.

([1]) *Bull. Acad. Belg.*, 1922, p. 7 et *Bull. Soc. Chim. Belg.*, **31**, 1922, p. 184 et 421.

([2]) *Bull. Acad. Belg.*, 1921, p. 252 et 1923, p. 37.

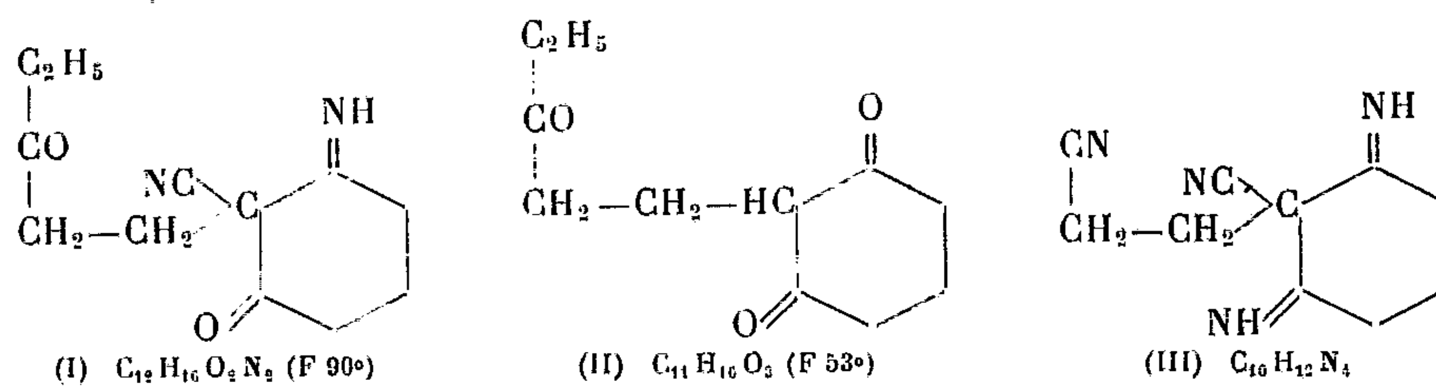
([3]) *Comptes rendus*, **173**, 1921, p. 313.

dinitrile glutarique dans des conditions qui ne laissent subsister aucune trace de nitrile initial.

La condensation a été conduite rapidement en milieu éthéro-toluénique, à raison de 2,25 mol de magnésien pour 1 mol de nitrile. Il se dégage 18 l de gaz. Le mélange réactionnel soumis à une vive agitation mécanique, est aussitôt chauffé pendant 3 h au bain-marie bouillant. Après refroidissement, on traite par l'acide sulfurique à 20 %, ajouté prudemment pour dissoudre exactement la magnésie. La solution toluénique décantée contient les produits neutres; la solution aqueuse restante traitée par l'ammoniaque en excès abandonne sous la forme d'une huile rouge, une fraction basique; enfin la solution ammoniacale résiduelle, traitée par l'acide chlorhydrique en excès et évaporée à sec au bain-marie, laisse un résidu riche en sels minéraux, dont on extrait par l'éther d'abord, par l'alcool ensuite, des fractions acides.

Fraction neutre (5 g). — La fraction neutre contient deux produits : l'un qui est soluble dans l'éther et que l'on caractérise facilement comme étant la δ-dicétone normale (1,5 g); l'autre qui est insoluble et qui après recristallisation dans la ligroïne fond à 90° (3 g).

Ce dernier donne à l'analyse : H % 7,66, C % 65,55, N % 11,50. Mais la cryoscopie dans le benzène donne : M = 230, ce qui conduit à la formule $C_{12}H_{16}O_2N_2$. Hydrolysé par l'acide chlorhydrique il se transforme en une substance fondant à 53°, ne contenant plus d'azote et dont l'analyse donne : H % 8,04, C % 66,80. Ces deux produits (F 90 et 53°) se combinent avec la semicarbazide pour donner des dérivés correspondant à l'élimination de deux molécules d'eau; nous leur attribuons les formules (I) et (II) dérivant d'une forme cyclisée (III) du dimère du dinitrile glutarique.

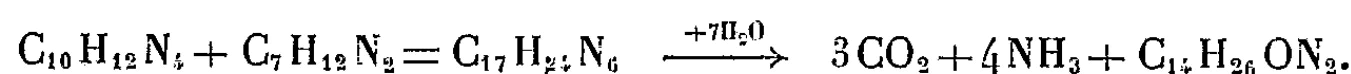


(I) $C_{12}H_{16}O_2N_2$ (F 90°) (II) $C_{11}H_{16}O_2$ (F 53°) (III) $C_{10}H_{12}N_4$

Fractions acides. — *a*. Le résidu éthéré (15,6 g) est distillé sous 13 mm. On isole de 120 à 210°, quatre fractions, sans point fixe. Mais toutes cristallisent plus ou moins complètement et fournissent une seule et même substance qui après recristallisation dans la ligroïne fond à 49°. Elle ne contient pas d'azote et donne à l'analyse : H % 8,80, C % 58,90; le titrage alcalimétrique conduit à la valeur 140 pour le poids moléculaire. C'est l'acide propionylbutyrique dérivant de l'iminonitrile.

b. Le résidu alcoolique (8 g) se présente sous la forme d'une masse brune indistillable, dont nous n'avons pas encore pu isoler jusqu'à présent de produit défini.

Fraction basique (86 g). — C'est de beaucoup la plus importante, mais son identification ne paraît pas simple. On l'a traitée de la manière suivante : l'huile rouge est additionnée d'acide chlorhydrique en excès et chauffée pendant 4 h au bain-marie bouillant. Après refroidissement, on ajoute un grand excès de potasse à 50 %, puis on extrait plusieurs fois par un mélange d'éther et d'alcool isobutylique; la solution séchée sur CO_3K_2 est évaporée et le résidu rectifié sous 20 mm. On sépare cinq fractions entre 100 et 210°, sans point fixe et on laisse un résidu indistillable (26 g). Les différentes fractions cristallisent plus ou moins complètement après quelques jours et fournissent un seul et même produit qui, après recristallisation dans la ligroïne, fond à 70°; il donne les résultats analytiques suivants : H % = 11,30, C % = 70,43, N % = 11,50, qui correspondent à une formule minima en C_{14} qui peut être comprise entre les limites $C_{14}H_{24}ON_2$ et $C_{14}H_{28}ON_2$. Il ne donne ni oxime, ni semi-carbazone; il ne réagit pas avec l'anhydride acétique, ni avec le brome, ni avec le permanganate à froid. Sa basicité est faible, car le titrage acidimétrique est impossible; mais il donne cependant avec l'acide picrique une combinaison fondant à 84° et contenant 14,8 % d'azote, ce qui correspond pour la base à un poids moléculaire de 243. Ce composé semble dériver d'une condensation du dimère du dinitrile glutarique avec l'imino-nitrile suivant un processus global analogue au suivant :



$$C_{10}H_{12}N_4 + C_7H_{12}N_2 = C_{17}H_{24}N_6 \xrightarrow{+7H_2O} 3CO_2 + 4NH_3 + C_{14}H_{26}ON_2.$$

Nous poursuivons l'étude de ce composé, et de ceux qui ont échappé aux investigations précédentes.

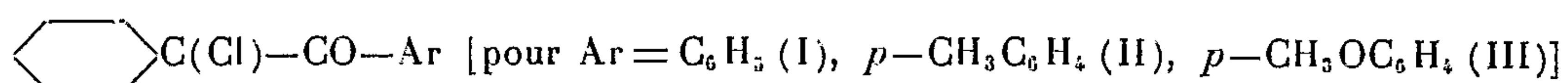
CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude des réactivités relatives de l'halogène et du carbonyle dans les cétones α-halogénées. I. Action des alcalis sur les cétones* ⬡C(Cl)—CO—Ar. Note de Mlle **Bianca Tchoubar**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Dans les cétones halogénées ⬡C(X)—CO—Ar les réactivités relatives des deux fonctions vis-à-vis de KOH ou de NaOH dépendent non seulement du radical Ar et de l'halogène, mais également de la nature du milieu réactionnel.

On considère habituellement que dans une cétone halogénée le caractère électrophile de l'atome de carbone du groupement carbonyle est exalté par le voisinage de l'halogène, attracteur d'électrons et que de ce fait la réactivité de la fonction cétone est augmentée vis-à-vis des réactifs nucléophiles. Inversement, il est admis que la réactivité de l'halogène est diminuée par suite de déplacement des électrons vers l'atome d'oxygène. Cette façon d'envisager l'interaction entre l'halogène et le carbonyle découle du fait que l'on considère les fonctions comme des entités isolées et indépendantes de la charpente

carbonée de la molécule. Or, l'expérience montre que l'action réciproque exercée par l'halogène et le carbonyle est en réalité beaucoup plus complexe. En effet, l'action d'un même réactif peut porter de préférence soit sur le carbonyle, soit sur l'halogène, suivant la structure de la cétone α-halogénée, suivant le milieu réactionnel ([1]) et évidemment suivant la nature de l'halogène. Autrement dit il existe entre les deux fonctions une compétition qui peut être plus ou moins marquée pour les différents réactifs mis en jeu et pour les différents milieux réactionnels.

Cette compétition se manifeste notamment lors de la déshalogénation alcaline des cétones α-halogénées ([2]), ([3]). Ainsi, l'étude des cétones chlorées



a montré que le radical Ar, d'une part, et la nature du milieu réactionnel, d'autre part, exercent une influence considérable sur les réactivités relatives de l'halogène et du carbonyle vis-à-vis des alcalis. En effet, le rapport de vitesse v_a/v_b des deux réactions (*a*) et (*b*) qui ont lieu lors de l'action de NaOH et de KOH anhydres ([4]) sur les solutions éthérées des (chloro-1 cyclohexyl) aryl cétones varie notablement en fonction de la nature du radical aromatique.

Ce rapport est égal pour les cétones (I), (II) et (III) respectivement à 6, 7 et 11. L'augmentation du rapport v_a/v_b qui accompagne le passage des composés (I) et (II) au composé (III) est due vraisemblablement au phénomène bien connu, à savoir que les substituants donneurs d'électrons en para ou en ortho diminuent la réactivité du carbonyle adjacent au noyau aromatique porteurs de ces substituants. Il est à noter en outre que le passage d'une cétone α-chlorée à la cétone α-bromée correspondante est également accompagné d'une augmentation très importante du rapport v_a/v_b ([5]). On sait en effet que les réactions de substitution sont plus rapides pour les dérivés bromés que pour les dérivés chlorés correspondants et que, par ailleurs, le carbonyle est moins activé par le brome que par le chlore en α, celui-ci étant plus électronégatif.

Quant à l'influence du milieu réactionnel, elle se traduit dans le cas des cétones étudiées par les faits suivants : la réactivité du carbonyle (réaction *b*) ne se manifeste que dans les solvants non hydroxylés (dioxane, éther, benzène

---

([1]) G. Richard, *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1938, p. 286; J. C. Aston et R. B. Greenburg, *J. Amer. Chem. Soc.*, 62, 1940, p. 2590; M. Mousseron, J. Julien et M. Canet, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 410 et 479.

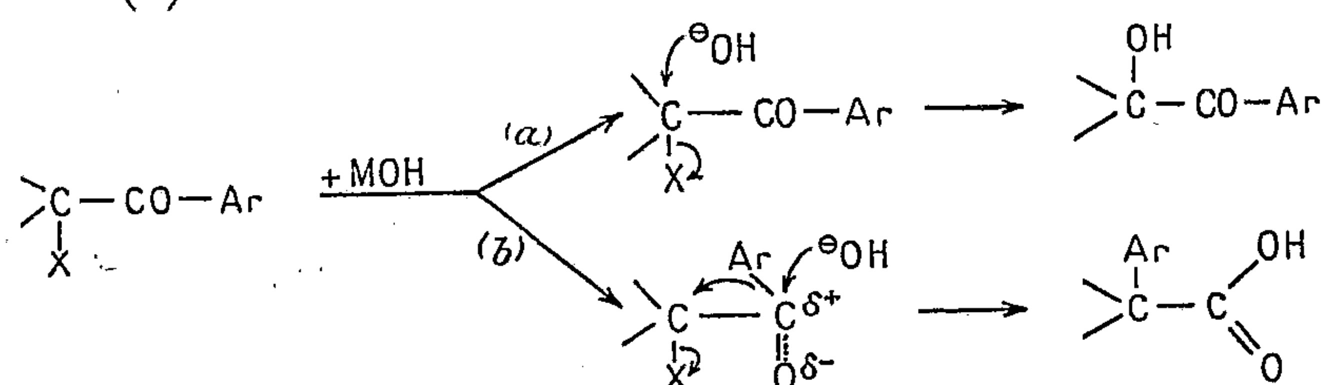
([2]) B. Tchoubar et O. Sackur, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1020.

([3]) M. Charpentier-Morize et B. Tchoubar, *Bull. Soc. Chim.*, 17, 1950, p. 416.

([4]) Le composé que nous avons initialement décrit comme étant le benzoyl-cyclohexène ([2]) est en réalité l'(hydroxy-1 cyclohexyl) phényl cétone.

([5]) Ce fait peut être rapproché des résultats de R. B. Loftfield (*J. Amer. Chem. Soc.*, **73**, 1951, p. 4707.)

anhydres) [6] et semble être particulièrement favorisée par les solvants hydrocarbonés (v_a/v_b est environ deux fois plus petit dans le benzène que dans l'éther), tandis que le solvant hydroxylé exalte la réactivité de la fonction halogène (réaction *a*). En effet, dans ces conditions, comme nous l'avons déjà signalé [2], seule la réaction de substitution (*a*) a lieu. De sorte que le choix convenable du milieu réactionnel permet d'orienter, du moins partiellement, l'action des alcalis soit vers la réaction de substitution (*a*), soit vers celle de transposition (*b*).



La (chloro-*l* cyclohexyl) phénylcétone [1], [2], la (*chloro-*1 *cyclohexyl*) *p-tolyl cétone* (II) (F 29°) et la (*chloro-*1 *cyclohexyl*) *p-anisyl cétone* (III) (F 76°) en solution éthérée conduisent sous l'action de Na OH anhydre à des mélanges formés de cétols et d'acides correspondants dont les teneurs en acides phényl-*l* cyclohexanecarboxylique [2], *p-tolyl-*1 *cyclohexanecarboxylique* (F 172°) et *p-anisyl-*1 *cyclohexanecarboxylique* (F 155°) sont respectivement égales à 15, 12 et 8 %. La (bromo-1 cyclohexyl) phénylcétone [7] dans les mêmes conditions ne donne que 2 à 3 % d'acide. L'action de NaOH sur (I) dans le benzène donne 25 à 30 % d'acide correspondant et seulement 2 % dans le dioxane à 0,2 % d'eau. Dans la potasse alcoolique, les cétones (I), (II) et (III) sont transformées avec des rendements théoriques en cétols correspondants.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Solubilité de l'acétylène dans divers liquides organiques.* Note (*) de MM. **Alfred Maillard** et **Werner Rosenthal**, présentée par M. Louis Hackspill.

La solubilité de l'acétylène dans l'acétone, la diméthylformamide (DMF) et le dioxane, est fortement influencée par la présence d'eau. Dans le cas du système DMF/NaI, la formation d'un dérivé d'addition NaI, 3DMF, stable a pu être mise en évidence, et quelques caractéristiques de ce composé ont pu être déterminées.

Le travail faisant l'objet de cette Note se rapporte à la solubilité de l'acétylène dans quelques solvants organiques seuls ou en mélange avec l'eau, ou renfermant en dissolution de l'iodure de sodium.

---

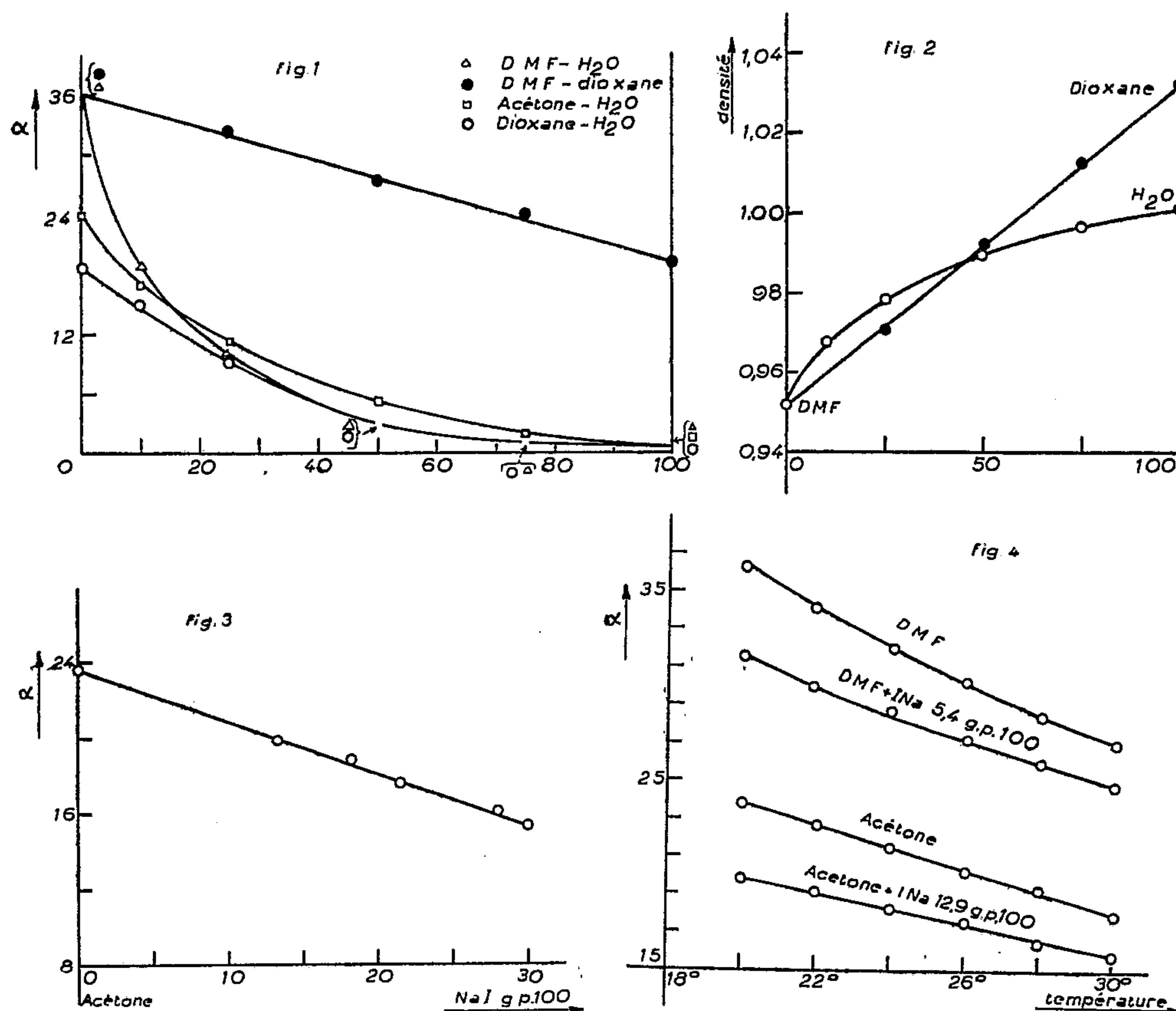
(6) La pyridine entrave la réaction (*b*). L'étude systématique du rôle joué par le solvant est en cours.

(7) L. Stevens et E. Farkas, *J. Amer. Chem. Soc.*, 74, 1952, p. 618,

(*) Séance du 16 juin 1952.

Le mode opératoire consiste à mesurer les pressions d'équilibre en fonction des quantités des corps en présence, la constance de la température étant assurée par un thermostat.

La solubilité à 20° de l'acétylène dans les solvants purs et dilués avec de l'eau (ou du dioxane) est traduite par les courbes de la figure 1, dans laquelle nous avons porté en abscisse la composition en poids des mélanges



liquides et en ordonnée le coefficient de solubilité d'Ostwald, α (rapport des concentrations en C_2H_2 dans la phase liquide à celle de la phase gazeuse). Pour la solubilité dans l'acétone pure, il existe un assez grand nombre de publications; il en existe une relative aux mélanges acétone-eau ([1]). Les nombres qui y sont donnés sont manifestement erronés.

Des courbes présentées, seule celle relative aux mélanges Diméthylformamide (DMF)/Dioxane est pratiquement une droite. A ce point de vue, il y a un parallélisme avec les courbes relatives à la densité (*fig.* 2).

Les mêmes mesures ont été faites sur les mêmes solvants dans lesquels on a dissous des quantités variables d'iodure de sodium.

([1]) Kremann et Hönel, *Monatsh. Chem.*, 34, 1913, p. 1089.

Dans le cas de l'acétone à 20°, le coefficient d'Ostwald subit une variation rectiligne en fonction de la quantité de NaI dissoute (droite de la *fig.* 3). On sait qu'à cette température, il existe un triacétonate d'iodure de sodium (INa, $3CH_3COCH_3$) (²), (³), (⁴); si l'on tient compte de la quantité d'acétone entrant ainsi en combinaison, on constate que l'acétone restant ne pourrait pas, à elle seule, dissoudre tout l'acétylène qui est effectivement en solution. La quantité de C_2H_2 dissoute en plus est sensiblement proportionnelle à la concentration en NaI.

On peut alors envisager une solubilité de C_2H_2 : 1° dans le triacétonate; 2° dans l'acétone libérée par la dissociation partielle de ce composé. Cette question est à l'étude.

Dans le cas de la DMF, nous avons pu préparer un composé d'addition avec l'iodure de sodium. Ce composé, sous forme d'aiguilles blanches, présente une extinction droite à axe principal (quadratique). Son point de fusion est de 95° et sa formule est NaI, 3DMF, donc analogue à celle du triacétonate. Il n'avait pas été signalé jusqu'à présent.

La dissolution de C_2H_2 dans la DMF se fait avec dégagement de chaleur. La variation de la solubilité de C_2H_2 dans la DMF et dans sa solution saturée à 20° en NaI (5,4 g pour 100 en NaI, densité 0,995), en fonction de la température, est représentée pour l'intervalle de 20 à 30° par les courbes de la figure 4. Elle n'est pas tout à fait rectiligne, et la comparaison avec les courbes relatives à l'acétone (même figure) montre que dans l'intervalle en question, l'effet de la température sur cette solubilité est plus marqué dans le cas de la DMF que dans le cas de l'acétone.

Si l'on tient compte de la quantité de DMF entrant ainsi en combinaison, on constate que la DMF restante a dissous sensiblement la même quantité de C_2H_2 qu'en absence de NaI. Le composé NaI, 3 DMF, comparé au triacétonate, ne dissout donc pas l'acétylène, ou s'il se dissocie en solution, montre une stabilité plus grande que celle du triacétonate.

GÉOLOGIE. — *Sur le Sparnacien fluvio-saumâtre et le Lutétien terrestre de Brézina (Sud-Oranais).* Note de M. **Paul Jodot**, présentée par M. Charles Jacob.

A la suite de la découverte de fossiles par M. Beneito à El Kohol, 15-20 km Sud-Est de Brézina dans un terrain rangé dans l'Albien (Carte géol. Algérie : 1/500 000ᵉ, Feuille Alger Sud), G. Lucas m'a communiqué quelques renseignements stratigraphiques sur le gisement :

(²) Shipsey et Werner, *J. Chem. Soc.*, 103, 1913, p. 1255.
(³) Macy et Thomas, *J. Amer. Soc.*, 48, 1926, p. 1547.
(⁴) Finkelstein, *Ber. Deutsch. Chem. Ges.*, 43, 1910, p. 1528.

Deux niveaux fossilifères, distants de 100 à 150 m, s'observent à la base d'une série détritique, rougeâtre, transgressive sur le Turonien :

A. Le niveau inférieur contient : *Potamides* (*Tylochrinus*) *brezinaensis* nov. sp., décrit autre part, qui se place entre *P. tuba* Desh. (Paléocène du Bassin de Paris) et *P. acutus* Donc. (Lutétien des Corbières), *Ampullaria* cf. *assermœnsis* Jod., non adulte, des fragments de bois sur lesquels sont fixés des Bryozoaires et peut-être aussi des Foraminifères ?

B. Les moulages très frustes de *Potamides* du calcaire dur et rosé, du niveau supérieur, interstratifié dans le complexe rouge, paraissent voisins, sinon identiques à l'espèce précédente.

C. Au-dessus, viennent des marnes, sans Foraminifères, à débris de Tortues et de Poissons.

D. Le tout est fortement redressé et recouvert en discordance angulaire par la série détritique qui contient, non loin de là, des calcaires argileux et des marnes à « *Amphidromus* » *Boriesi* Donc.

1. En s'appuyant aussi bien sur les caractères paléontologiques du *Potamides* que sur la présence d'*Ampullaria assermœnsis* Jod., qui accompagne *Pseudoceratodes Flandrini* Jod. dans le Sparnacien d'Assermo (Sud-Marocain), le même âge peut sans doute être attribué au gisement de Brézina.

L'existence dans le Sud-Oranais d'une rivière peuplée d'*Ampullaria*, se jetant dans une lagune à *Potamides*, implique la proximité de la mer. Celle-ci existait sous forme du détroit transsaharien éonummulitique qui reliait le golfe de Guinée au golfe du Sud-Constantinois-Sud-Tunisien, mais au lieu d'atteindre ce dernier golfe par Touggourt, comme je l'ai supposé [1], le sillon marin remontait du Sud au Nord, à partir du gisement de Tin Etiki (Bidon 5) à *Ostrea multicostata* Desh., jusqu'à Brézina. Là, se coudant à angle droit pour longer l'Atlas Saharien, le détroit atteignait le « Golfe Saharien infranummulitique » entre Laghouat et Ghardaïa, confirmant ainsi la prolongation occidentale de la mer paléocène envisagée par J. Flandrin [2] au Sud de l'Atlas Saharien.

A la même époque du Sparnacien, on constate une anomalie stratigraphique due à une modification du climat : la gangue rougeâtre de Brézina indique probablement un climat continental humide. Cette coloration ne s'observe ni à Assermo (Sud-Marocain), ni à Ouled Djellal (Sud-Constantinois), d'où vient le type de *Pseudoceratodes Flandrini* Jod. ; mais, comme R. Laffitte a relevé deux niveaux rouges dans la coupe du Londinien d'El Kantara (Aurès), on peut admettre qu'une phase pluviale a localement existé dans le Sud Algérien durant le Sparnacien.

2. Les moules internes de *Romanella Boriesi* Doncieux (*Amphidromus*) [3],

(1) *Voir* ma carte : *C. R. Somm. Séances Soc. Biogéographie*, n° 244, 1951, p. 132.

(2) *Bull. Carte Géol Algérie*, (2), *Stratigraphie*, n° 19, 1948, p. 153.

(3) J'ai exposé ailleurs, pourquoi le nom d'*Amphidromus* Albers, 1850, genre actuel de

que j'ai identifiés, dernièrement, sont conformes aux échantillons-types du Lutétien Supérieur (niveau inférieur) de Jonquières (Aude); ils viennent affirmer la présence de cet étage à Brézina.

L'existence de deux *Romanella* Jod., dont les espèces terrestres sont repérées en Algérie : *R. Boriesi* Donc., dans le Sud-Oranais, et *R. Hopei* M. de Serres, découvert à Boghari (département d'Alger) par J. Guillemot, prouvent que durant le Lutétien des relations paléogéographiques directes existaient entre le Nord de l'Afrique et le territoire s'étendant de la Provence aux Corbières.

GÉOPHYSIQUE. — *Sur les relations entre la variation de la rotation, l'oscillation libre et les tremblements de Terre.* Note de M. **Nicolas Stoyko**, présentée par M. André Danjon.

Depuis la publication du Mémoire de E. Brown [1] on a cherché la cause de la variation aléatoire de la durée de rotation de la Terre. On a cherché aussi la cause qui peut entretenir l'oscillation libre de la Terre et qui produit le déplacement du pôle (mouvement de Chandler).

E. Brown a cherché une corrélation entre la variation de la rotation et le nombre des tremblements de Terre en Grande-Bretagne et en Californie. D'autres auteurs ont cherché dans la même source la cause d'entretien de l'oscillation libre de la Terre, mais ils n'ont pu trouver de relation nette.

L'énergie des tremblements de Terre est très différente d'un tremblement à l'autre, donc le nombre des tremblements ne peut caractériser l'énergie mise en jeu qui seule peut nous donner quelques indications. De plus, il existe une différence entre les tremblements de Terre, dont le foyer se trouve près de la surface de la Terre ou en profondeur. Les premiers correspondent à une compression et les autres à une tension. Les tremblements de Terre, dont la profondeur de foyer dépasse 70 km et qui correspondent à une tension sont ceux qui doivent agir le plus sur la rotation et l'oscillation libre de la Terre.

Quand l'amplitude de l'oscillation propre de la Terre varie, la période doit varier aussi en fonction de l'amplitude, comme dans presque toutes les oscillations. C'est pourquoi, j'ai cherché les relations entre les tremblements de Terre profonds, la variation de la durée de rotation de la Terre, la période d'oscillation libre de la Terre et son amplitude.

---

l'Indo-Malaisie, ne peut être conservé aux fossiles nummulitiques. Je lui ai substitué celui de *Romanella* Jodot, dédié à Fr. Roman qui avait parfaitement remarqué cette anomalie.

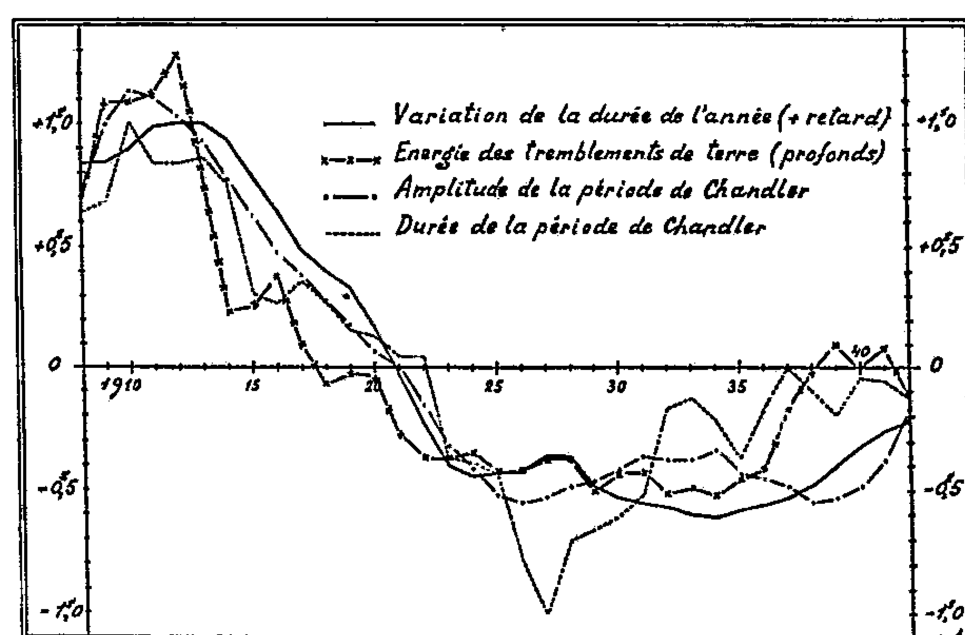
(1) *Transactions of the Astronomical Observatory of Yale University*, 3, 1926, p. 209-235.

J'ai pris pour les tremblements de Terre (T) profonds la valeur de l'énergie d'après B. Gutenberg et C. Richter ([2]). J'ai tiré de mes travaux précédents ([3]) les valeurs de la variation annuelle de la durée de rotation de la Terre (R). J'ai calculé l'amplitude (A) et la période (P) de Chandler en utilisant les résultats de M. P. Melchior ([4]) et de M. T. Nicolini ([5]). J'ai trouvé que la précision de la détermination de l'amplitude est beaucoup plus grande que celle de la période de Chandler.

J'ai utilisé la période de 1908 à 1942 en prenant pour chaque valeur annuelle la moyenne de cinq années consécutives. Donc, l'intervalle couvert est de 1906 à 1944. Les coefficients de corrélation trouvés sont les suivants :

$$(TR) = 0,886, \quad (TA) = 0,896, \quad (TP) = 0,866,$$
$$(RA) = 0,902, \quad (RP) = 0,875, \quad (PA) = 0,910.$$

Ainsi, on peut dire qu'il existe une relation nette entre les phénomènes



étudiés. J'ai trouvé, par la méthode des moindres carrés, les équations de récurrence suivantes :

$$R = 0,4335\,T + C_1 = 10,639\,A + C_2 = 21,954\,P + C_3 \qquad (1)$$
$$\pm 388 \qquad\qquad \pm 434 \qquad\qquad \pm 2,076$$

pour la variation de la durée annuelle (en secondes de temps) de la rotation de la Terre en fonction de l'énergie des tremblements de Terre (en 10^{26} erg/s), de l'amplitude (en secondes d'arc) et de la durée de la période de Chandler (en années).

Les résultats de la variation de la rotation de la Terre, ainsi que ceux

---

([2]) *Seismicity of the Earth*, Princeton, 1949, p. 21.

([3]) *Bulletin astronomique*, 15, 1950, p. 229.

([4]) *Bulletin de la Classe des Sciences de l'Académie Royale de Belgique*, 5e série, 37, 1951, p. 178 et 906.

([5]) *Contributi Astronomici di Capodimonte*, III, n° 10, 1949, p. 331.

calculés d'après la formule (1), par rapport à la moyenne de la période étudiée, sont représentés sur le graphique. On remarque une concordance très nette entre les quatre courbes. Donc, une seule cause doit agir sur la durée de la rotation et entretenir l'oscillation libre de la Terre. Cette cause doit être liée avec les tremblements de Terre profonds.

On peut supposer, avec E. Brown, l'existence, au-dessus de la zone des tremblements de Terre profonds, d'une couche, dont la matière se trouve au voisinage de son état critique. Les changements relativement faibles des conditions intérieures de la Terre peuvent produire un changement relativement grand de volume de cette couche et, par conséquent, produire un déplacement du centre de gravité et une variation du moment d'inertie de la Terre. Dans ce cas, si l'énergie produite par les tremblements de Terre profonds et qui agit sur cette couche augmente, l'amplitude du mouvement libre et sa période augmentent et la Terre commence à retarder dans sa rotation autour de son axe et, de plus, comme je l'ai déjà démontré ([6]), le champ magnétique de la Terre diminue.

ALGOLOGIE. — *Développement du carposporophyte chez le* Bertholdia neapolitana (*Berthold*) *Schmitz*. Note de M. **Jean Feldmann**, présentée par M. Roger Heim.

Chez *Bertholdia neapolitana*, les filaments de jonction issus du carpogone fécondé fusionnent avec des cellules végétatives constituant des cellules auxiliaires, mais celles-ci ne produisent pas de gonimoblastes, ceux-ci se développent sur le filament de jonction sans liaison directe avec la cellule auxiliaire. Il y a donc lieu d'étendre la notion de cellule auxiliaire à toutes cellules du gamétophyte se fusionnant avec le carposporophyte, qu'elles produisent ou non un gonimoblaste.

Le genre *Bertholdia* a été créé par Schmitz ([1]) pour une petite Rhodophycée (Calosiphoniacées, Gigartinales) découverte à Naples par Berthold qui l'avait rapportée d'abord au genre *Calosiphonia* ([2]).

Cette Algue n'avait pas été retrouvée lorsque je l'ai récoltée par dragage aux environs de Roscoff, dans la Baie de Morlaix. Ressemblant beaucoup au *Calosiphonia vermicularis* par son aspect extérieur et sa structure, elle en diffère, en particulier, par ses rameaux verticillés disposés par trois et non par quatre. Comme le *C. vermicularis*, le *Bertholdia* est monoïque, les spermatocystes étant groupés par trois ou quatre sur la cellule terminale des filaments verticillés.

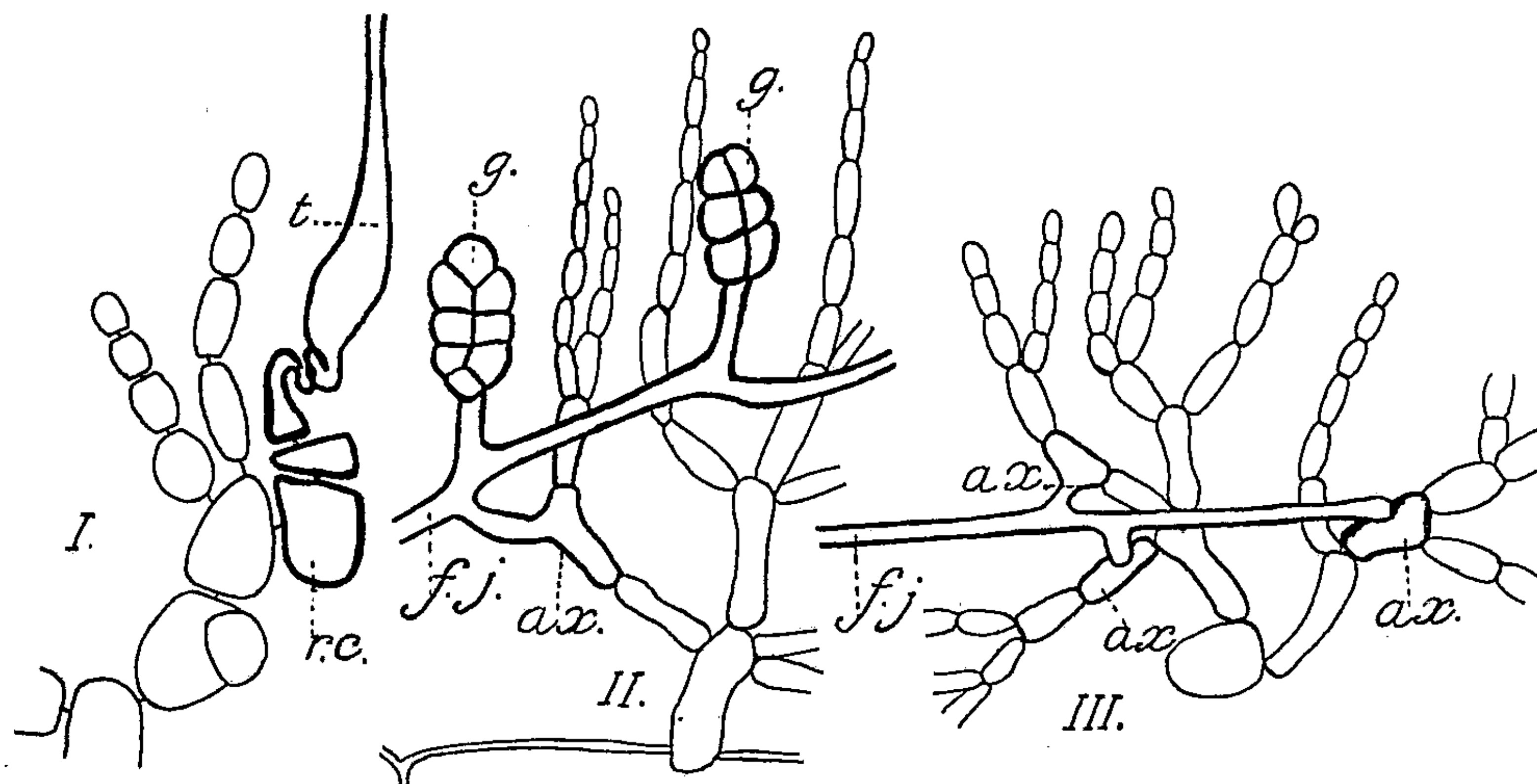
([6]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 80 et 234, 1952, p. 1798.

([1]) Fr. Schmitz et P. Hauptfleich, *Die Natürlichen Pflanzenfamilien*, I, n° 2, p. 226, Leipzig, 1897.

([2]) *Fauna und Flora des Golfes von Neapel*, Bd 12, Leipzig, 1884.

Le rameau carpogonial tricellulaire (*fig.* 1) est inséré sur une cellule végétative intercalaire d'une ramification normale d'un rameau court verticillé. Les trois cellules du rameau carpogonial (*rc*) sont disposées en file rectiligne et non repliées sur elles-mêmes comme chez le *Calosiphonia*. Le carpogone est surmonté d'un trichogyne (*t*) de forme très particulière rappelant beaucoup celui du *Calosiphonia*; il est enroulé en deux tours de spire à sa base puis renflé avant de se terminer en un long filament qui atteint l'extérieur de la gelée entourant la plante et vers l'extrémité duquel se fixent les spermaties.

Après la fécondation, le carpogone fusionne avec les cellules du rameau



carpogonial en une masse irrégulière d'où naît le carposporophyte constitué en général de quatre filaments (filaments de jonction) qui se développent entre les rameaux verticillés du gamétophyte où ils vont s'unir à des cellules auxiliaires.

Ces dernières sont constituées par des cellules végétatives intercalaires banales des rameaux verticillés, qui, avant d'être entrées en contact avec le filament de jonction, ne se distinguent des autres par aucun caractère de situation, de forme ou de structure cytologique.

Lorsqu'un filament de jonction arrive au voisinage d'une cellule destinée à devenir une cellule auxiliaire, celle-ci envoie souvent un prolongement qui entre en contact avec le filament de jonction, puis les membranes qui les séparent disparaissent au point de contact établissant une continuité cytoplasmique entre la cellule auxiliaire et le filament de jonction.

La cellule auxiliaire subit alors de grandes modifications cytologiques, ses rhodoplastes diminuent de volume, perdent leurs pigments et prennent l'aspect de gros chondriocontes; très souvent aussi son noyau se divise en deux. Il ne semble pas que le noyau diploïde pénètre dans la cellule auxiliaire, en tout cas il n'y demeure jamais, et le gonimoblaste, au lieu

de naître de la cellule auxiliaire, va se développer latéralement sur le filament de jonction qui, après sa fusion avec la cellule auxiliaire. a continué de s'accroître.

Parfois (*fig.* 2), après avoir formé un premier gonimoblaste (*g*), le filament de jonction (*fj*) en produit un second un peu plus loin sans avoir fusionné avec une nouvelle cellule auxiliaire. Dans d'autres cas (*fig.* 3), on assiste à la fusion successive du filament de jonction avec deux cellules auxiliaires (*ax*), distantes l'une de l'autre, avant de former un peu plus loin un gonimoblaste. Cette indépendance relative de la fusion du filament de jonction avec une cellule auxiliaire et de la formation du gonimoblaste n'est nulle part, chez les Floridées, aussi prononcée que chez les *Bertholdia.*

Si l'on admet, avec Kylin, qu'une vraie cellule auxiliaire est celle qui reçoit un noyau diploïde du filament de jonction et donne naissance à un gonimoblaste, il faut refuser ce titre aux cellules auxiliaires de *Bertholdia* et les considérer comme de simples cellules nourricières.

Étant donné les grandes affinités unissant le *Bertholdia* au *Calosiphonia,* qui possède des cellules auxiliaires typiques donnant naissance à un gonimoblaste, et l'importance systématique que l'on attribue dans la classification actuelle à la présence ou à l'absence de cellules auxiliaires, il est préférable d'admettre qu'il s'agit, chez le *Bertholdia,* de cellules auxiliaires peu différenciées mais homologues des vraies cellules auxiliaires. Il y a donc lieu d'étendre la notion de cellule auxiliaire aux cellules du gamétophyte qui fusionnent avec les filaments issus du carpogone fécondé, que ces cellules produisent ou non un gonimoblaste.

Les carpospores du *Bertholdia* germent en un filament qui se ramifie à son extrémité pour donner naissance à un thalle rampant discoïde qui, conservé 10 mois en culture, n'a pas reproduit la forme adulte.

Chez le *Bertholdia,* je n'ai observé que des plantes sexuées et jamais de tétrasporophyte. Il est donc possible que, comme chez le *Calosiphonia,* cette génération fasse défaut et que ces Algues soient haplobiontiques.

MYCOLOGIE. — *Rôle de l'anhydride carbonique dans le développement de la phase levure de* Sporotrichum schencki. Note de MM. **François Mariat** et **Édouard Drouhet**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Un milieu synthétique liquide ou gélosé contenant du sulfate d'ammonium, de la pyrimidine et de la biotine permet en présence d'un mélange CO_2-air à 5% de CO_2, le développement de la phase levure *S. schencki.* En présence d'air seul ou d'un mélange azote-air, ce même milieu ne donne que la phase mycélienne du champignon.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons montré que la forme levure

([1]) E. Drouhet et F. Mariat, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 433.

de *Sporotrichum schencki* qu'on ne trouve habituellement que dans les tissus animaux ou humains ou *in vitro* sur des milieux à base d'organes ou de sang, peut être obtenue dans un milieu liquide de composition connue contenant de l'hydrolysat de caséine, de la pyrimidine et de la biotine et agité à 37°. Ultérieurement, nous avons obtenu, dans les mêmes conditions de culture, la forme levure de *S. schencki* en remplaçant l'hydrolysat de caséine par divers acides aminés, en particulier l'arginine, le glycocolle ou l'alanine. L'hydrolysat de caséine ainsi que les acides aminés ci-dessus mentionnés sont des sources de CO_2; la biotine est connue comme fixateur de CO_2 [2]. Afin d'étudier l'influence éventuelle de l'anhydride carbonique déjà entrevue par Bullen [3], nous avons fait barboter un mélange d'air et de CO_2 dans des cultures de *Sporotrichum* en différents milieux.

On emploie le milieu de base décrit en note [4] avec comme source d'azote, soit du sulfate d'ammonium, soit de l'asparagine, soit de l'arginine (0,1 %). Les deux premiers de ces produits donnent en milieu liquide agité des formes filamenteuses, alors que l'arginine, comme l'hydrolysat de caséine, permet la formation de la phase levure. Chacun des milieux est réparti en trois séries de tubes que l'on ensemence avec des éléments levures de *Sporotrichum* (*S. schencki*, souche 32; 10^6 éléments pour 20 cm³ de milieu). Une des séries est cultivée avec barbotage d'un mélange d'air et de CO_2 à 5 % de CO_2, une autre avec barbotage d'air et la dernière sans barbotage. Le mélange gazeux est saturé d'eau et porté à 37°, température à laquelle s'effectue l'expérience. Le débit des gaz est de l'ordre de 25 cm³ par minute dans 20 cm³ de milieu. Le pH (7,1) reste constant pendant toute la durée de l'expérience. Le tableau résume les résultats qui sont notés après une semaine de culture.

	Conditions de culture		
Sources d'azote.	Barbotage CO_2-Air.	Barbotage air.	Sans barbotage.
$SO_4(NH_4)_2$	Levures	Mycélium Conidies	Mycélium Conidies
Asparagine	Levures	Mycélium Conidies	Mycélium Conidies
Arginine	Levures	Mycélium Conidies	Mycélium Conidies

Dans les tubes où a barboté le mélange d'air et de CO_2, seule la forme levure est obtenue, à l'exclusion de tout filament et ceci quelle que soit la source

(2) M. F. Utter et G. H. Wood, *Adv. Enzym.*, 12, 1951, p. 42-151.

(3) *Journ. Pathol. Bacteriol.*, 61, 1949, p. 117-120.

(4) Glucose : 3 g; sulfate de magnésium : 0,25 g; phosphate disodique : 3,30 g; phosphate monopotassique : 1,10 g; chlorure de potassium : 2,50 g; solution d'oligo-éléments de Berthelot : X gouttes; pyrimidine de la thiamine : 1.10^{-6}; biotine : 1.10^{-8}; eau distillée : 1 000 cm³.

d'azote. Les éléments sont en général assez allongés. Ils prennent la forme « en cigare » ou « en carotte » que l'on observe d'ordinaire *in vivo*; ils mesurent en moyenne $7,2 \times 2,6 \mu$ et portent de 1 à 4 bourgeons par élément. Dans les trois milieux où a barboté l'air, les organismes sont filamenteux et pourvus en général d'un nombre assez restreint de conidies. Dans la série où il n'y a pas eu de barbotage, les champignons sont également filamenteux mais abondamment sporulés. Ainsi le barbotage d'un mélange d'air et de CO_2 dans un milieu à base de sulfate d'ammonium, suffit à provoquer le développement de la phase levure de *S. schenckı.*

L'action déterminante du CO_2 est d'ailleurs confirmée par des expériences sur milieux solides. En effet, sur milieu synthétique gélosé (même formule que les milieux liquides; source d'azote : sulfate d'ammonium), le développement exclusif de la phase levure est obtenu en présence d'un mélange d'air et de CO_2 (5 % de CO_2). En présence d'air ou d'un mélange d'air et d'azote (5 % d'azote), on obtient sur ce même milieu uniquement la forme mycélienne.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Cécidogenèse de la galle de* Lasioptera Rubi *Heeger et rôle nourricier d'un mycélium symbiotique.* Note (*) de M. **Jean Meyer**, présentée par M. Louis Blaringhem.

La cécidogenèse de la pleurocécidie caulinaire de *Lasioptera Rubi* se fait par stimulation cambiale. Le fonctionnement de l'assise subéro-phellodermique peut être remplacé par celui d'arcs cambiaux libéro-ligneux typiques. L'absence de tissus nourriciers différenciés est compensée par la présence d'un mycélium parasite introduit par le cécidozoaire.

Les premiers stades cécidogènes de la Cécidomyide *Lasioptera Rubi* Heeger sur la tige de Ronce (*Rubus sp.*) ont été cueillis dans la nature au début de juin. Anatomiquement, ils diffèrent de ceux déjà décrits dans une Note précédente ([1]) et dus au Cynipide *Diastrophus Rubi* Htg : 1° par une attaque plus tardive (tige plus évoluée à anneau libéro-ligneux continu); 2° par la situation plus profonde des cavités larvaires primitives dans la région périmédullaire, intérieure au parenchyme des pôles ligneux.

La réaction des tissus également va être toute différente. Alors que *Diastrophus Rubi* inhibait la différenciation et la croissance en épaisseur de l'anneau conducteur, l'essentiel de l'action de *Lasioptera Rubi* peut se résumer en une stimulation cambiale libéro-ligneuse. L'hyperfonctionnement de l'assise génératrice saute aux yeux dans les cas d'attaques unilatérales montrant la croissance en épaisseur de l'anneau conducteur dans la région parasitée. Au niveau de certaines cavités larvaires, cette

(*) Séance du 16 juin 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 463.

croissance en épaisseur est encore accentuée par les recloisonnements périclinaux du parenchyme des pôles ligneux. Des cloisonnements en directions variables affectent alors le parenchyme médullaire avoisinant. L'écorce ne réagit guère que par une légère hypertrophie cellulaire. Douze jours plus tard, les jeunes galles présentent les modifications suivantes : 1° accentuation de la croissance en épaisseur de l'anneau conducteur; 2° légère migration des larves dans le parenchyme vasculaire; 3° recloisonnements périclinaux du parenchyme tanifère coiffant les fibres péricycliques et apparition par dédifférenciation d'un cambium arqué à concavité vers l'intérieur. Ce cambium différenciera bientôt des arcs libéro-ligneux normalement orientés à l'emplacement même où devait naître l'assise subéro-phellodermique.

En juillet, la galle atteint déjà 1 cm de diamètre et l'écorce a éclaté en de nombreux endroits. Mais l'assise subéro-phellodermique d'origine péricyclique n'a fonctionné normalement que dans les régions de la tige attaquées faiblement ou pas du tout. Par contre, dans les régions parasitées, elle est, le plus souvent, remplacée, en face des paquets de fibres péricycliques, par les arcs cambiaux libéro-ligneux signalés plus haut. La prolifération intense de ces néoplasmes secondaires et l'hyperfonctionnement de l'assise libéro-ligneuse normale ne sont pas suivis d'une croissance proportionnée de l'écorce. Cette dernière éclate parce que ses cellules hypertrophiées sont incapables de s'allonger tangentiellement et de subir des recloisonnements anticlinaux. Ceci contrairement à ce qui se passe dans le cas de *Diastrophus* où l'écorce suit la croissance des coques larvaires.

Le remplacement du périderme par des arcs conducteurs de même origine péricyclique mérite d'être signalé. C'est un nouvel exemple en faveur de la faible spécificité des tissus différenciés dont l'évolution, après différenciation, comme l'avait d'ailleurs montré Gautheret ([2]) dans les cultures de tissus, peut dévoiler des potentialités latentes totalement différentes. D'ailleurs de nombreux nodules libéro-ligneux se différencient au sein des tissus néoformés. Il en apparaît non seulement dans l'anneau ligneux, mais également plus à l'extérieur entre les paquets de fibres péricycliques et chevauchant partiellement sur le liber hyperplasié. Le bois est généralement central, mais peut également être périphérique. Ces nodules rappellent beaucoup les formations décrites par Gautheret ([2]) dans les cultures de tissus en présence d'acide indolacétique. Mlle Kulescha ([3]) a d'ailleurs montré que la Ronce est un matériel capable d'être cultivé en absence de substances de division dans le milieu; il élabore lui-même les auxines nécessaires. Il ne faut donc pas s'étonner de cette réaction en

---

([2]) *Année biologique*, 26, 1950, p. 719-740.

([3]) *Rev. gén. Bot.*, 59, 1952, p. 130-131.

présence d'un parasite qui fort probablement agit sur l'élaboration de ces substances. Tout porte à croire que l'action cécidogène de *Lasioptera Rubi* se borne à peu près à cela.

En effet, *Lasioptera Rubi* ne différenciera jamais une coque gallaire tapissée d'un tissu nourricier comme celui admirablement différencié de *Diastrophus Rubi* ([4]). Au premier abord, la galle de *Lasioptera* rappelle plutôt une simple mine, accompagnée d'une stimulation cambiale excessive et désordonnée. Pas de tissu nourricier cytologiquement différencié; par contre, et ceci contrairement aux observations de Ross ([4]), la cavité larvaire est toujours tapissée d'un mycélium de Septomycète, parasite des cellules bordantes. Les tissus éloignés de la larve en sont totalement dépourvus, ce qui nous permet d'admettre que les germes ont dû être introduits avec le cécidozoaire. J'ai aussi observé l'absence de tissus nourriciers, corrélative à la présence d'un mycélium autour de la cavité larvaire, dans le cas de *Lasioptera Eryngii* Vall. sur *Eryngium campestre* L. Dans le cas de *Lasioptera carophila* F. Lw. sur *Pimpinella Saxifraga* L., Ross ([5]) signale également ce fait. On peut donc penser que c'est là un caractère spécifique du genre *Lasioptera* qui se nourrirait essentiellement aux dépens de ce mycélium parasite du végétal et introduit par le cécidozoaire. La démonstration de la présence intracellulaire du champignon, dès les premiers stades cécidogènes de *L. Rubi*, fait tomber l'argument de Ross suivant lequel le mycélium ne deviendrait parasite qu'après l'empupement et qu'il opposait à la théorie symbiotique des galles « à ambroisie » de Neger ([6]). Il faut donc admettre, étant donné l'absence de tout tissu nourricier, que le mycélium est indispensable à la nutrition de la larve et que l'inoculation du champignon dans le tissu végétal n'a pu se faire que par l'intermédiaire du cécidozoaire, vues symbiotiques, d'ailleurs partagées aujourd'hui par MM. Van Leeuwen ([7]) et Goidanich ([8]) dans le cas d'autres Cécidomyides.

BIOLOGIE VÉGÉTALE — *Remarques sur la répartition des acides nucléiques à désoxy-pentose dans quelques organes reproducteurs des végétaux.* Note de Mme **Cécile Sosa-Bourdouil**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Les progrès simultanés de la génétique, de la biochimie du noyau et des chromosomes, ont conduit à attribuer un rôle de premier plan aux nucléoprotéines et plus particulièrement aux acides nucléiques à désoxy-

---

([4]) *Ber. d. deutsch. Botan. Gesellsch.*, **32**, 1914, p. 574-597.
([5]) *Z. Pflanzenkrankheiten*, **32**, 1922, p. 83-93.
([6]) *Ber. d. deutsch. Botan. Gesellsch.*, **27**, 1910, p. 455-480.
([7]) *Ann. Jard. Botan. Buitenzorg*, **49**, 1939, p. 27-42.
([8]) *Atti R. Accademia Sc. Torino*, **76**, 1941, p. 208-221.

pentose dans la transmission des caractères héréditaires. Pour certains auteurs, les acides nucléiques à désoxypentose constitueraient le support matériel de l'Hérédité.

La réaction de Feulgen employée en cytologie, celle de Dische utilisée à l'échelle analytique ont servi en général à caractériser ces derniers corps dans les cellules et les organes, et à établir leur répartition. Les données analytiques sont beaucoup plus restreintes en ce qui concerne les végétaux que les animaux.

Nous avons essayé de caractériser le désoxypentose par la réaction de Dische à la diphénylamine, appliquée à la fraction nucléique (extraite par l'acide trichloracétique à 5 % à chaud suivant Schneider) dans un certain nombre de pollens, d'ovules, de spores et aussi dans les oosphères et les anthérozoïdes du *Fucus vesiculosus*.

En ce qui concerne les pollens, nous avons caractérisé nettement l'existence de désoxypentose dans 10 genres sur 50 examinés du groupe des Angiospermes (1). Pour la seule famille des Renonculacées (2) quatre genres sur neuf examinés donnent des résultats positifs.

Parmi les Gymnospermes étudiés, cinq espèces appartenant aux genres *Ginkgo*, *Torreya*, *Araucaria*, *Cupressus*, *Podocarpus* ont donné des résultats positifs (1).

En ce qui concerne les ovules, pour les Angiospermes, la réaction est très nette dans tous les cas examinés qui sont : *Atropa Belladona*, *Lychnis dioïca*, *Papaver orientalis*, *Pœnia officinalis*, *Helleborus fœtidus*, *Narcissus pseudonarcissus*, *Iris germanica*, *Acanthus spinosus*, *Yucca filamentosa*, *Œnothera biennis*.

Dans les spores de Ptéridophytes les espèces examinées n'ont pas donné de réaction de Dische nettement positive. Chez *Selaginella spinulosa* aussi bien que chez *S. caulescens*, les microspores et les macrospores ont donné une réaction nulle. Par ailleurs, pour ces dernières, la teneur en acides nucléiques apparaît très faible si l'on se réfère au dosage après hydrolyse des bases puriques dans la fraction nucléique.

Chez les Algues (3), nous avons pu recueillir une quantité suffisante d'anthérozoïdes et d'oosphères mûrs (2 à 5 dgr./secs pour chaque dosage). La réaction est très intense en ce qui concerne les anthérozoïdes; elle est douteuse en ce qui concerne les oosphères.

Par ailleurs, des cytologistes ont pu constater l'éclipse de la réaction de Feulgen à certaines étapes de la vie des cellules reproductrices. D'après

(1) VIIIe *Congrès de Chimie biologique*, Paris, 1948 (*Bull. Soc. Chim. Biol.* 1949, 31, p. 69).

(2) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 990.

(3) 75e *Congrès des Sociétés savantes*, Rennes, 1950, p. 59.

toutes ces expériences, il paraît difficile de raisonner sur la constance des acides nucléiques à désoxypentose dans les organes de la reproduction chez les végétaux pour en déduire leur rôle dans l'Hérédité.

Ce qui paraît devoir être retenu pour le moment, c'est le rôle de ces corps dans le développement des organes très jeunes (4), et en particulier, dans les ovules d'Angiospermes qui, en puissance, sont de très jeunes graines. Nous avons constaté par ailleurs que la réaction de Dische disparaît progressivement après la fécondation pour tous les cas étudiés.

De plus, on remarque en ce qui concerne la répartition des acides désoxypentose-nucléiques qu'elle ne paraît pas directement en rapport avec la polarité sexuelle, puisque chez les Angiospermes étudiés, les ovules mûrs présentent une réaction positive, certains pollens mûrs présentant une réaction douteuse ou nulle. A l'inverse, chez les Algues, telles que le *Fucus vesiculosus*, la réaction des éléments mâles à l'état de maturité est seule nettement positive; dans les spores mâles et femelles de *Selaginella*, la réaction est nulle.

PHYSIOLOGIE. — *Contribution à l'étude des antigènes érythrocytaires chez la Poule*. Note (*) de M. **Jean Moullec** et Mlle **Andrée Tétry**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

L'un de nous (A. T.), commençant une étude sur les hétéro-agglutinines susceptibles d'exister dans le sérum humain vis-à-vis de certaines espèces animales, a examiné l'action agglutinante de nombreux sérums humains de groupes sanguins divers sur les globules rouges de quelques races de Poules. Un antigène hypothétique, désigné par *Gallus*, avait été mis en évidence chez certains spécimens appartenant à la race Leghorn dorée (1).

En poursuivant cette étude, nous avons pu voir que les faits semblent en réalité fort complexes. Les sérums humains agissent sur les globules rouges de Poules de façons très variées et il est possible que l'on puisse, grâce à eux, distinguer un certain nombre d'antigènes. Parmi ces diverses modalités, il en est une que nous croyons devoir isoler et dont nous voudrions donner ici quelques caractères principaux. En effet, en testant une série de sérums humains sélectionnés pour leur pouvoir agglutinant sur les globules rouges de Poules, nous avons remarqué que certains d'entre eux avaient une action sans nul doute liée au sexe.

La technique utilisée pour les tests d'agglutination est la suivante. Les globules rouges

(4) *Ann. Sc. Nat. Bot.*, (11e série, t. X), 1949, p. 158.

(*) Séance du 16 juin 1952.

(1) A. Tétry, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 231.

des animaux sont lavés et dilués de façon à former une suspension saline à 2 % environ. Sur ces suspensions globulaires, nous avons recherché le pouvoir agglutinant d'une série de sérums humains préalablement inactivés à 56° pendant 20 m. Les réactions ont été faites sur plaque d'opaline à la température du laboratoire, en mélangeant une goutte de chacun des sérums et une goutte de chacun des échantillons de globules et en faisant la lecture au bout de 15 m.

L'examen de 60 sérums de groupes sanguins divers a permis d'isoler trois échantillons qui, dans les conditions de l'expérience, agglutinaient les globules rouges des coqs, tandis que les globules rouges des poules n'étaient pas ou étaient très peu agglutinés. Ce premier examen d'orientation a été effectué sur 25 échantillons de globules rouges de poules et 18 échantillons de globules rouges de coqs appartenant à la race Leghorn dorée. Des tests parallèles sur des Bresses bleues n'ont pas permis de retrouver des résultats comparables.

L'un des trois sérums, que nous désignerons par B, était plus puissant que les autres. Il nous a servi à étudier 41 échantillons de sang de la race Leghorn blanche : 14 poules et 27 coqs. Nous avons retrouvé les résultats déjà obtenus chez les Leghorn dorées.

L'absence d'agglutination sur plaque, suivant la technique décrite plus haut, ne signifie d'ailleurs pas que le sérum étudié soit dépourvu de toute activité vis-à-vis des globules rouges de poules. Examinons par exemple son action sur plaque et son action en tubes après centrifugation, sur trois échantillons de globules de coqs et trois de globules de poules :

	Hématies de coqs.			Hématies de poules.		
	1.	10.	11.	1.	3.	12.
Sur lame..................	++	++	+	—	—	—
En tubes (centrif.).........	+++	+++	++	+	—	+.

On voit que la différence observée est une différence de degré d'agglutination, plutôt qu'une différence caractérisée par la présence de l'agglutination d'un côté, et par son absence complète de l'autre.

Les titrages effectués à la température de laboratoire permettent d'observer plus facilement le phénomène, comme le montre l'exemple ci-dessous :

		Dilutions du sérum humain					
		1/1.	1/2.	1/4.	1/8.	1/16.	1/32.
Hématies de coqs	741.....	+++	++	+	(+)	—	—
	1034.....	+++	+	(+)	—	—	—
Hématies de poules	1047.....	(+)	—	—	—	—	—
	796.....	(+)	—	—	—	—	—

Dans l'ensemble, toutes les réactions se font sur ce mode. Quelques exceptions toutefois peuvent être notées : un coq (sur un total de 45) avait des globules rouges particulièrement peu agglutinables, et quatre poules (sur un total de 39) avaient au contraire des globules rouges plus fortement agglutinés

que les autres. Il pourrait donc y avoir des variations d'ordre quantitatif de l'agglutinogène mis en évidence.

Pour interpréter ces faits, une hypothèse consiste à penser qu'il s'agit d'un phénomène de dosage analogue à ceux observés dans les groupes sanguins humains et notamment dans le système Rh. Par exemple, l'agglutinine anti-hr' (anti-C) du sérum agit avec beaucoup plus de puissance sur les globules qui contiennent l'antigène en double dose homozygote que sur ceux qui le contiennent en dose unique (hétérozygote).

Si l'antigène étudié dans la présente Note (nous le désignons par G^B) est le produit d'un gène situé sur le chromosome sexuel Z, le coq homogamétique ZZ, possède une double dose de cet antigène, tandis que la poule, hétérogamétique ZW, n'en possède qu'une seule. L'hypothèse du phénomène de dosage rendrait compte d'une façon satisfaisante des faits observés.

Signalons enfin que l'agglutinine anti-G^B paraît exister dans le sérum humain d'une façon assez permanente : deux prélèvements effectués à un an de distance chez la donneuse du sérum « B » ont permis d'observer la même agglutinine avec une puissance agglutinante sensiblement équivalente.

PHYSIOLOGIE. — *La synthèse du glycogène, à partir de quelques glucides et de certains de leurs dérivés, par l'Ascaris du Porc,* Ascaris lumbricoides *Linné* 1758. Note de MM. **Raymond Cavier** et **Jean Savel**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Nous nous proposons, dans ce travail, de préciser les modalités d'utilisation, par l'Ascaris, de différents sucres et de certains de leurs dérivés, en vue de la synthèse du glycogène, lequel constitue, pour ce Nématode, la forme de stockage des réserves glucidiques. Nous avons étudié, à ce propos, les voies possibles d'absorption et le rôle que peut jouer l'addition de vitamines au milieu de survie.

Nos expériences ont été conduites de la manière suivante : les animaux, prélevés avec les précautions exposées dans une précédente Note [1], sont conservés en milieu aseptique dans la solution de Tyrode modifiée (Baldwin modifié), selon le procédé décrit antérieurement [2]. Les animaux sont soumis au jeûne pendant 48 h; le glycogène est dosé, suivant une technique dérivée de celle de Pflüger [3], au début de l'expérience, puis, quotidiennement, pendant la période de jeûne; à la 48e heure, le produit à étudier est ajouté au milieu de survie et son utilisation est suivie par des dosages quotidiens du glycogène, pratiqués sur des lots d'ascaris. Nous avons remarqué que les Vers mâles et femelles se comportent sensiblement de la même manière pendant le jeûne et la nutrition hydrocar-

(1) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1216.
(2) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1403.
(3) *J. Biol. Chem.*, 100, 1933, p. 485.

bonée; si les mâles utilisent un peu plus vite leurs réserves glycogéniques, la restauration de celles-ci s'effectue avec une vitesse et une importance égales dans les deux sexes; aussi, nous avons mené nos expériences sur des groupes d'animaux comportant à la fois des mâles et des femelles.

Dans un premier cas, nous avons voulu savoir si le glucide est ingéré par les Vers, ou si son absorption se fait par la voie transcuticulaire; pour cela, nous avons opéré comparativement sur deux lots d'animaux; la bouche et l'orifice anal des animaux d'un des lots sont oblitérés par une ligature de fil de lin. (Dans ce cas particulier nous nous sommes adressés uniquement à des ascaris mâles, la vulve de la femelle pouvant apporter une cause d'erreur.) Le glycogène des vers mâles non ligaturés augmente graduellement pendant la période de nutrition glucosée et atteint 87 % de sa valeur initiale au bout de trois jours; au contraire les animaux ligaturés continuent à dépérir, leurs réserves s'épuisent et le taux de glycogène tombe à 0,56 %. Il apparaît donc que l'absorption transcuticulaire ne peut être envisagée, au moins dans le cas des glucides.

TABLEAU I.

A : Première série d'expériences sans vitamines; B : Deuxième série d'expériences, avec vitamines; dans les colonnes (1) sont indiquées les teneurs en glycogène exprimées en grammes pour 100; dans les colonnes (2), figurent les pourcentages de perte (signe –) ou de récupération (signe +), par rapport au chiffre initial.

Temps en jours.	Glucose.		Fructose.		Galactose.		Sorbose.		Maltose.		Saccharose.		Lactose.	
	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.
							A.							
							Période de jeûne.							
0.....	3,48	–	3,35	–	3,98	–	3,82	–	3,60	–	3,93	–	3,96	–
1.....	1,72	–50	2,13	–36,4	2,51	–37,4	–	–	1,90	–41,7	1,41	– 64,1	2,03	–48,7
2.....	1,39	–60	1,43	–57,3	1,22	–68	1,04	–72,9	1,11	–69,1	0,77	– 80,4	1,28	–67,6
							Période de nutrition hydrocarbonée.							
3.....	2,52	+72	2,01	+60	1,18	–70	2,55	+66,7	1,51	+41,6	0,85	+ 21,6	1,26	–68,1
4.....	2,90	+83	2,48	+74	1,22	–68	2,98	+78	2,69	+74,1	2,56	+ 65,1	0,80	–79,7
5.....	3,03	+87	2,98	+88	mort	–	3,14	+82	2,98	+82,7	3,28	+ 83,4	0,58	–85,3
							B.							
							Période de jeûne.							
0.....	3,7	–	3,81	–	3,55	–	3,55	–	4	–	3,75	–	3,10	–
1.....	1,52	–58,8	1,62	–57,4	–	–	–	–	2,1	–47,5	–	–	–	–
2.....	1,10	–70,2	1,02	–73,2	1,00	–71,5	1,01	–71,5	1,17	–70,7	1,20	– 68	1,07	–65,4
							Période de nutrition hydrocarbonée.							
3.....	2,85	+77	2,53	+66,3	0,82	–76,9	2,65	+74,6	2,50	+62,5	2,92	+ 77,8	0,79	–74,5
4.....	3,46	+93,5	3,28	+86	0,72	–79,7	2,80	+78,8	3,03	+75,7	3,76	+100	0,41	–86,7
5.....	3,60	+97,2	3,43	+90	0,38	–89,2	3,21	+90,4	3,30	+82,5	4,23	+112,1	0,38	–87,7

Pour étudier les possibilités d'utilisation de divers glucides par l'Ascaris, deux séries d'expériences ont été réalisées; dans la première, le milieu de survie est simplement additionné du produit à étudier dans la proportion de $5^0/_{00}$ g; dans la deuxième, nous avons voulu déterminer l'influence d'un apport vitaminique, en ajoutant au milieu de survie une solution polyvitaminique contenant les vitamines hydrosolubles les plus importantes ([4]); en effet, les conditions artificielles imposées aux animaux, d'une part, le fait de suspendre l'activité de la flore microbienne par un bactériostatique, d'autre part, étaient susceptibles de carencer les vers, particulièrement en facteurs du groupe B.

Dans ces conditions, nous avons essayé les substances suivantes : des

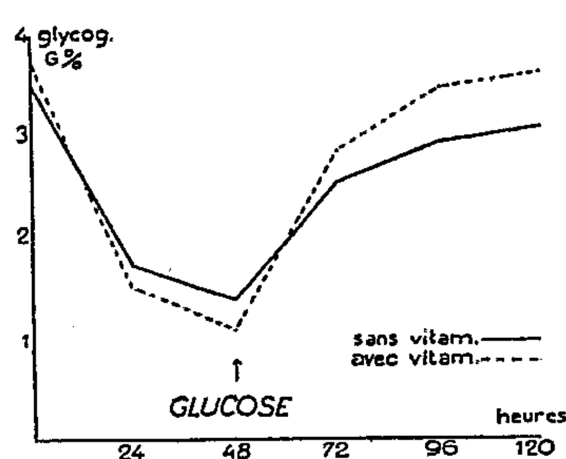


Fig. 1.

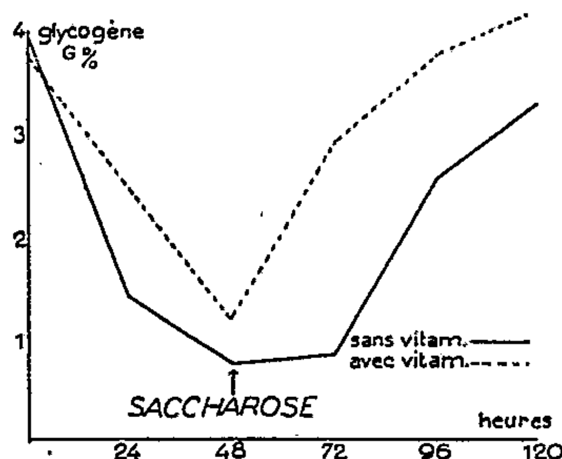


Fig. 2.

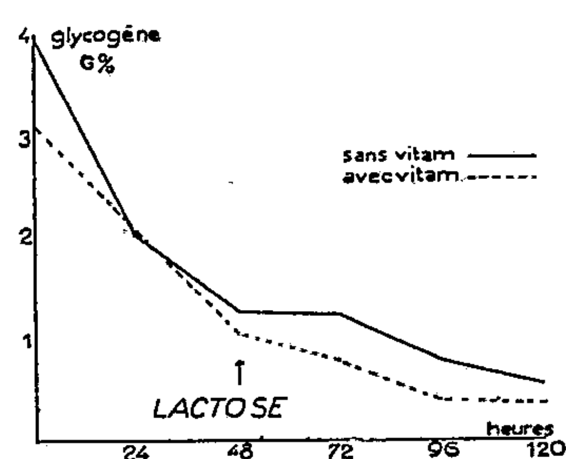


Fig. 3.

oses (glucose, fructose, sorbose, galactose, mannose), des osides (saccharose, maltose, lactose), des polyalcools (glycérol, mannitol, sorbitol, méso-inositol). Les principaux résultats de nos expériences sont résumés dans le tableau I. Les courbes des figures 1, 2, 3 objectivent les résultats obtenus avec le glucose, le saccharose et le lactose.

Conclusions. — Parmi les oses, seuls, le glucose, le fructose et le sorbose sont utilisés pour la glycogénopexie; le mannose et le galactose ne le sont pas; parmi les osides, le maltose et le saccharose sont métabolisés, mais non le lactose; il est intéressant de remarquer que le liquide cœlomique de l'Ascaris du Porc ne renferme pas de lactase, ainsi que l'un de nous l'a établi précédemment ([5]); les polyalcools ne semblent pas capables de servir à la mise en réserve du glycogène. Enfin, l'action des vitamines se fait bien plus sentir sur la vitesse de formation du glycogène que sur la quantité de ce polysaccharide finalement élaborée, et cela surtout dans le cas des osides métabolisables.

([4]) Teneur en vitamines du milieu de survie, en milligrammes pour 1 000 : vitamine B_1, 20; vitamine B_2, 6; vitamine P. P., 40; vitamine C, 1; acide pantothénique, 2.

([5]) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 33, 1951, p. 1391.

PSYCHOPHYSIOLOGIE. — *Action de l'anoxie expérimentale sur l'activité électrique corticale du Rat.* Note de M. **André Soulairac**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Hailman, Kessler et Gellhorn (1) ont montré qu'une diminution rapide de la pression barométrique provoque, lorsque l'on atteint une valeur de 190 mm de Hg, des périodes de silence ou des phases arythmiques de l'électroencéphalogramme du Rat, en même temps que diminue l'activité de l'animal et que disparaissent les réflexes de redressement. Les mêmes auteurs signalent que la susceptibilité des rythmes corticaux à l'anoxie varie selon les conditions expérimentales : l'administration de thyroxine, par exemple, augmente la sensibilité des animaux à la privation d'oxygène. Chez l'Homme, l'anoxie anoxique détermine des modifications des rythmes et des amplitudes de l'E. E. G. [Adrian et Matthews (2), Davis, Davis et Thompson (3)].

Au cours de recherches sur les modifications métaboliques du système nerveux central survenant dans différentes conditions expérimentales (4), j'ai été amené à étudier l'action de l'anoxie anoxique sur l'électrocorticogramme du Rat, en fonction de la durée de la période anoxique.

Les expériences furent exécutées sur des rats mâles albinos curarisés et non anesthésiés. Les enregistrements furent effectués directement sur le cortex dans les régions frontopariétales antérieures et occipitales postérieures, avec un enregistrement électrocardiographique de contrôle. L'animal est relié directement par la trachée à une pompe à respiration artificielle et l'anoxie totale est obtenue en supprimant toute arrivée d'air. La reprise respiratoire est pratiquée, après la période expérimentale, par la simple remise en marche de la pompe. L'enregistrement des potentiels corticaux permet de mesurer la durée d'anoxie nécessaire à la disparition des ondes cérébrales dans chaque localisation et l'intervalle de temps entre la reprise respiratoire et la réapparition de ces ondes.

Les résultats de ces expériences peuvent se résumer ainsi :

1° La durée d'anoxie nécessaire à la disparition de l'activité électrique corticale est une valeur très constante pour l'animal étudié (valeurs en secondes : cortex antérieur, 68,72 $\pm$ 2,00 et cortex postérieur, 91,68 $\pm$ 1,77).

2° Il existe une différence de sensibilité à l'anoxie entre les parties antérieures et les parties postérieures du cortex. L'activité électrique corti-

(1) *Proc. Soc. exp. Biol.*, New-York, 54, 1943, p. 74.

(2) *J. Physiol.*, **81**, 1934, p. 440.

(3) *Amer. J. Physiol.*, **123**, 1938, p. 51.

(4) A. Soulairac et P. Desclaux, *Revue Neurol.*, **85**, 1951, p. 81-94.

cale disparaît plus rapidement dans les régions antérieures que dans les régions postérieures. Inversement, après rétablissement de la respiration, l'activité électrique réapparaît plus lentement dans le cortex antérieur que dans le cortex postérieur.

3° La réapparition de l'activité électrique corticale se produit après une phase de latence d'autant plus grande que la durée de l'anoxie a été plus longue. La progression arithmétique de la durée d'anoxie (selon une progression de 60, 90, 120, 150 et 180 s) entraîne une progression géométrique de la latence nécessaire à la réapparition de l'activité corticale (selon une progression de 0, 20, 40, 80 et 160 s pour les régions antérieures et de 0, 15, 30, 60 et 120 s pour les régions postérieures).

On peut donc figurer la loi selon laquelle semble se dérouler le phénomène dans la formule suivante :

$$\frac{\text{latence } x}{\text{latence } y} = \log \frac{\text{anoxie } x}{\text{anoxie } y}.$$

PHYSIOLOGIE DES INSECTES. — *Catabolisme des purines chez le Collembole* Xenylla welchi *Folsom* (*Insecte Aptérygote*). Note de M. **Pierre Razet**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Actuellement, l'acide urique ne semble plus être, chez les Insectes, le seul terme du catabolisme purique. Si, dans certains cas, cette trioxypurine est excrétée sans être dégradée, il existe par contre de nombreuses espèces chez lesquelles le catabolisme va plus loin : on a observé l'excrétion d'allantoïne chez des Diptères Muscidæ (¹); Rocco, ayant constaté la présence d'allantoïnase et d'uricase chez de nombreux Coléoptères et Orthoptères, a conclu à l'excrétion d'acide allantoïque par ces Insectes (²); et récemment, ayant étudié le catabolisme des purines chez le Phasme *Carausius morosus* Br. (insecte Chéleutoptère), nous avons prouvé que ce catabolisme va jusqu'à l'acide allantoïque (³).

Il faut toutefois remarquer que les travaux effectués sur ce sujet ont eu pour objet des Insectes Ptérygotes; jamais, à notre connaissance, le catabolisme des purines n'a été étudié chez les Aptérygotes.

Récemment, nous avons rencontré le Collembole Poduridé *Xenylla welchi* Folsom (⁴), pullulant par plaques, dans des châssis de divers jardins

(¹) A. W. A. Brown, *Bioch.*, 32, 1938, p. 895; R. Truszkowski et S. Chajkinowna, *Bioch.*, 29, 1935. p. 2361.

(²) M. L. Rocco, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1947; 207, 1938, p. 1006.

(³) R. Poisson et P. Razet, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1804.

(⁴) Détermination due au Professeur J. R. Denis.

de Rennes. De semblables pullulations avaient déjà été signalées dans nos régions de l'Ouest ([5]).

Nous avons recueilli le maximum de ces Insectes, effectué des broyats et des macérations, et de la même façon que pour le *Carausius morosus* Br. (*op. cit.*), nous avons essayé respectivement l'action de ces macérations sur des solutions d'urate disodique, d'allantoïne, et d'allantoate potassique, en milieu tamponné, à 38°. Chaque fois, une solution témoin, sans apport de substance à transformer, permettait de déterminer la proportion réelle de la transformation, en déduisant ce qui est apporté par l'Insecte. Quelques gouttes de toluène prévenaient les fermentations bactériennes.

Le *Xenylla welchi* possède une uricase active; après 6 h, on retrouve, sous forme d'acide allantoïque, 8,3 % de l'urate disodique mis en présence de la macération. Nous avons aussi, dans ce cas, une forte variation du témoin, mais cette variation peut provenir à la fois d'une purine dégradée par l'action de l'uricase, ou d'allantoïne déjà formée et s'hydrolysant spontanément par suite du pH élevé. Il faut donc, avant de conclure comparer avec les résultats donnés par le témoin lors de la recherche de l'allantoïnase.

Cette seconde recherche donne aussi un résultat positif. L'allantoïnase de ce Collembole est très active, et amène l'hydrolyse, après 1 h, de 37,3 %, après 4 h, de 59 % de l'allantoïne ajoutée à la macération.

En corrélation avec la présence de deux enzymes, on note, chez l'Insecte, une quantité appréciable d'acide allantoïque libre, atteignant 0,3 mg/g d'insecte. Lors de la recherche de l'allantoïnase, cette quantité augmente notablement dès la première heure, et ne varie plus ensuite; le chiffre observé correspond à la transformation de 0,7 mg d'allantoïne par gramme d'insecte.

En comparant les résultats donnés par le témoin à la fois lors de la recherche de l'uricase et celle de l'allantoïnase, nous avons observé, dans le premier cas, une augmentation plus importante d'acide allantoïque. Ce fait semble s'expliquer grâce à un apport, par l'animal, d'une purine ensuite dégradée. Nous n'avons pu déterminer cette purine, cependant assez abondante, puisqu'elle permet la formation de 0,39 mg d'acide allantoïque par gramme d'insecte. L'acide urique n'a pu être caractérisé, et l'on peut émettre l'hypothèse qu'il est un produit transitoire, immédiatement transformé.

Enfin, le *Xenylla welchi* possède aussi de l'allantoïcase, et c'est, à notre connaissance, *le premier Insecte chez lequel cet enzyme est mis en évidence.* Son activité importante lui permet de dégrader, dès la première heure, 27 % de l'allantoate ajouté à la macération; le maximum de transformation,

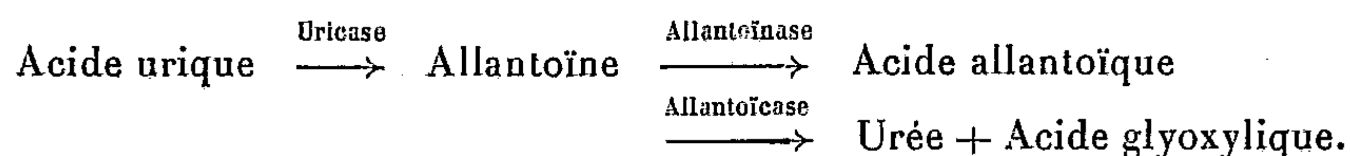
([5]) R. Poisson, *Bull. Soc. Linn. de Norm.*, 7e série, 10, 1927, p. 60.

atteignant 42 %, est obtenu au bout de 2 h. L'action de cet enzyme s'observe également dans la solution témoin, où l'on note, après 5 h, une quantité d'acide glyoxylique correspondant à l'hydrolyse de 0,67 mg d'acide allantoïque par gramme d'insecte.

La petite taille de nos sujets n'a pas permis d'obtenir une macération suffisamment concentrée pour effectuer la recherche de l'urée par le xanthydrol.

La recherche de l'uréase a donné un résultat négatif.

Le *Xenylla welchi* Folsom possède donc une uricolyse très poussée, qui lui permet de dégrader ses purines jusqu'à l'acide glyoxylique et l'urée, suivant le schéma :



On ne connaît pas, jusqu'ici, d'Insecte possédant un cycle complet, jusqu'à l'ammoniaque, de dégradation des purines.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Modifications expérimentales de la proportion des sexes chez un Nématode pseudogame.* Note de M. **Victor Nigon**, présentée par M. Maurice Caullery.

Dans un travail précédent [1], j'ai montré que, dans les élevages de *Rhabditis belari* Nigon, la proportion des sexes dépend d'un certain nombre de facteurs. Dans la descendance d'une même femelle, les mâles deviennent moins nombreux à mesure que celle-ci vieillit. En outre, une température élevée, ainsi qu'une substance non déterminée, extraite des cultures de cette espèce, exercent une influence dépressive sur le pourcentage des mâles. L'ensemble de ces facteurs agit sur le déterminisme du sexe par l'intermédiaire des processus cytologiques dont dépend, chez cette espèce, le développement des œufs. En effet, les mâles y sont fournis exclusivement par des œufs qui ont subi une amphimixie normale. Les femelles peuvent également naître à partir de ces œufs, mais elles dérivent plus généralement d'œufs à fécondation pseudogame, dans lesquels le spermatozoïde dégénère, sans se fusionner avec le pronucleus femelle. Les variations dans la proportion des sexes expriment une tendance variable au développement pseudogame : elles offrent une voie pour l'analyse de ce curieux phénomène, transition remarquable entre l'amphimixie et la parthénogenèse.

Le présent travail a pour objet de vérifier les conclusions précédentes sur des chiffres plus importants, obtenus avec une technique meilleure et

(1) *Ann. Sc. Nat.*, 11, 1949, p. 1-132.

de préciser les modalités de l'influence exercée sur l'indice andrique par des extraits de milieux de culture.

Les élevages ont été pratiqués par isolement de couples sur des gouttes de gélose nutritive. Les descendances fournies par chaque couple sont isolées et étudiées séparément tous les deux jours. Le développement et la reproduction des animaux s'effectuent à une température fixée à 13° C ± 0,2°. Les manipulations, aussi brèves que possible, se font dans une enceinte maintenue à 13° C ± 0,5°. On groupe ensuite les nombres de descendance fournis par des couples de même âge, afin de permettre une étude statistique de la variation en fonction de l'âge. Les totaux sont reportés dans la première ligne de chaque étage du tableau. Le troisième nombre de chaque étage (entre parenthèses) représente la proportion pour cent des mâles par rapport à l'ensemble de la descendance (indice andrique). La marge de sécurité envisagée correspond à $\pm 2\sigma$. Les nombres précédemment obtenus trouvent ici une excellente confirmation.

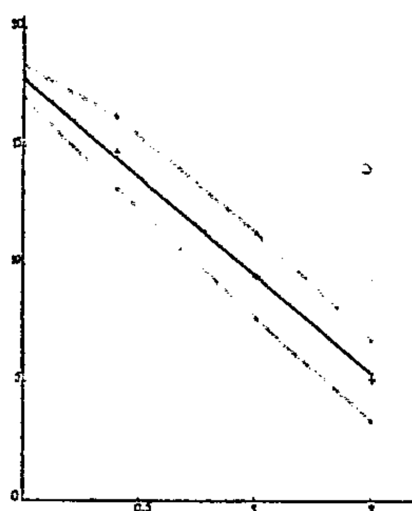
Jours depuis le début de la ponte.	Milieu standard. Pas d'extrait.		Extrait %. 0,4.		1.		1,5.	
	♂.	♀.	♂.	♀.	♂.	♀.	♂.	♀.
1er et 2e.....	2 032	9 465	311	1 803	102	976	36	677
	(17,67 ± 0,72)		(14,7 ± 1,5)		(9,5 ± 1,8)		(5,1 ± 1,7)	
3e et 4e.....	2 102	9 397	262	1 761	141	1 039	54	420
	(18,28 ± 0,72)		(13,0 ± 1,5)		(12,0 ± 1,9)		(11,4 ± 3)	
5e et 6e.....	1 093	6 936	147	1 394	95	900	42	356
	(13,61 ± 0,78)		(9,5 ± 1,5)		(9,5 ± 1,9)		(10,6 ± 3)	
7e et 8e.....	311	3 682	56	892	43	538	10	107
	(7,79 ± 0,84)		(5,9 ± 1,5)		(7,4 ± 2,2)		(9 ± 5)	
9e et 10e.....	35	687	20	353	22	384	–	
	(4,8 ± 1,6)		(5,4 ± 2,4)		(5,4 ± 2,2)		–	

L'extrait étudié a été préparé de la façon suivante : 5 l de milieu de culture usagé ont été desséchés à la température de 20° C. Le résidu a été lavé à l'éther et à l'alcool anhydre, puis épuisé par l'alcool à 70°. Ce dernier extrait, seul conservé, est ensuite additionné de 10 vol d'alcool absolu et porté à la température de — 40° C. Le précipité qui se forme est décanté, puis desséché. Il est ensuite incorporé en proportions variables à la gélose nutritive sur laquelle sont élevés les couples en expérience. Les résultats observés dans trois séries d'expériences sont reportés dans le tableau. Un essai utilisant une concentration de 2,3 % d'extrait a déterminé la stérilité complète des élevages.

Si l'on compare l'influence exercée par des concentrations croissantes d'extrait, on constate, dans les deux premières journées de la ponte, une chute croissante de la proportion des mâles. Cette sensibilité quantitative

à l'action de l'extrait paraît s'atténuer rapidement dans les jours qui suivent. Une partie de cette atténuation n'est peut-être qu'apparente et doit être rapportée à la valeur croissante de l'écart standard. Seule une analyse ultérieure permettra de préciser ce point. Pour les deux premiers jours, la traduction graphique des quatre points obtenus s'inscrit presque exactement sur une droite entièrement comprise entre les limites de sécurité.

Conclusion. — Les résultats de cette expérience ne permettent pas encore de formuler un jugement définitif sur l'hypothèse d'un rôle physiologique qui serait joué par une substance spécifique excrétée dans le milieu



En *abscisses*, concentration d'extrait dans le milieu. En *ordonnées*, indices andriques. En *trait plein*, droite de régression. En *traits interrompus*, limites de sécurité.

de culture. Ils confirment, en les appuyant sur des chiffres importants, les observations antérieures. L'établissement d'une relation quantitative entre la proportion d'extrait et l'indice andrique autorise l'espoir d'établir une méthode de dosage, instrument indispensable en vue d'aboutir à une définition chimique de la substance étudiée.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Castration chirurgicale chez un Crustacé Amphipode* (Orchestia gammarella) *et déterminisme des caractères sexuels secondaires. Premiers résultats.* Note (*) de Mme **Hélène Charniaux**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Les expériences de castration chez *Orchestia gammarella* montrent que les caractères sexuels secondaires mâles et certains caractères femelles comme le développement des oostégites sont indépendants des gonades. Par contre, la présence des soies ovigères paraît bien être sous la dépendance du fonctionnement ovarien.

La castration des Crustacés par ablation chirurgicale des gonades a été tentée sans succès par Stamati en 1888 (1) sur l'Écrevisse, par Przibram

(*) Séance du 16 juin 1952.

(1) *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 13.

en 1917 ([2]) sur le Crabe *Gelasimus pugnax*, par M. L. Le Roux en 1933 ([3]) sur *Gammarus duebeni*.

Haemmerli-Boveri ([4]) et M. L. Le Roux ont supprimé l'ovogenèse par irradiation au bromure de radium, l'un chez *Asellus aquaticus* (1926), l'autre chez *Gammarus duebeni* (1933). Callan (1940) par rayons X a inhibé la maturation des ovocytes de *Leander squilla* ([5]). Ces auteurs ont obtenu la disparition des caractères sexuels secondaires liés à l'incubation. Mais Callan écrit qu'il est regrettable que l'on ne puisse pratiquer la castration chirurgicale chez un Crustacé. En effet, la disparition des caractères sexuels secondaires après inhibition des ovaires par irradiation, ne permet pas de conclure qu'ils sont sous la dépendance du fonctionnement ovarien. On peut, tout aussi bien, déduire que les ovaires et les caractères sexuels secondaires sont également sensibles aux radiations, ou qu'ils dépendent tous deux d'un troisième facteur sensible aux radiations.

Opérant sur un Amphipode subterrestre, *Orchestia gammarella*, j'ai réussi à extirper les gonades mâles et femelles. J'ai obtenu la survie des opérés, qui accomplissent normalement leurs mues post-opératoires.

*Caractères sexuels secondaires des femelles d'*O. gammarella. — Lors de la mue de première différenciation morphologique externe du sexe apparaissent les oostégites. Ils grandissent à chaque mue; à la mue précédant la première ponte, ils se bordent de longues soies, dites ovigères. Ces soies servent à assurer une bonne fermeture de la chambre incubatrice dont les oostégites forment le plancher.

Les femelles pondent après chaque mue, pendant la période de reproduction (mars à octobre pour Roscoff). A la mue qui suit la dernière ponte et incubation, les soies ovigères disparaissent. Elles réapparaissent au printemps suivant.

L'étude histologique des soies ovigères qui n'avait pas été faite jusqu'ici, montre que les matrices sont semblables à celles des soies des appendices, et subsistent lorsque l'oostégite n'est plus bordé de soies ovigères. La genèse des futures soies ovigères au cours de l'intermue débute, comme pour les autres soies, au stade D'_{1a} ([6]) et se fait par le processus habituel de semi-invagination.

Durant la période de repos sexuel, l'invagination est très faible et l'oostégite n'est plus garni que de toutes petites soies d'environ 0,02 mm, alors qu'une soie ovigère mesure 0,8 mm.

([2]) *Arch. Entw. Mec.*, 43.

([3]) *Bull. biol. Fr. et Belg.*, suppl. 16.

([4]) *Z. vergl. Physiol.*, Bd, 4.

([5]) *J. exp. Biol.*, 17.

([6]) J'ai appliqué aux Amphipodes les divisions de l'intermue définies par Drach chez les Décapodes (*Arch. Zool. Exp.*, 88, 1952, N. et R.).

Effets de la castration chez les femelles. — J'ai pratiqué l'ovariotomie totale des femelles en période de reproduction. *Lorsque l'ablation est faite suffisamment tôt au cours de l'intermue,* avant le début de la période D (période préparatoire à la mue), *à la mue post-opératoire les oostégites perdent leurs soies ovigères.* Si l'ovariotomie est faite au cours de la période D, ce n'est qu'à la seconde mue que les soies ovigères disparaissent. Elles sont remplacées par de toutes petites soies. J'ai déjà obtenu 12 femelles complètement castrées; deux ont mué trois fois depuis l'ovariotomie.

Il n'est pas aisé d'extirper entièrement les ovaires; très souvent ils se déchirent et une portion de gonade se maintient en place. Dans cette portion, les ovocytes accomplissent normalement leur développement. Même lorsque 3 ou 4 ovocytes seulement ont pu se développer, alors qu'il en mûrit normalement une dizaine dans chaque ovaire, les soies ovigères se maintiennent. J'ai même constaté cette persistance chez des femelles incomplètement castrées, dont les réserves lipidiques étaient disparues (probablement par suite d'une lésion opératoire).

Ces premiers résultats paraissent prouver une action des gonades en activité sur les matrices des soies des oostégites. Cette action serait du type hormonal, puisqu'une faible fraction de la gonade suffit pour la provoquer.

L'action des ovaires sur la formation des soies ovigères sera confirmée si les injections de broyats ou des implantations entraînent la réapparition des soies ovigères chez les femelles castrées. Des expériences dans ce sens sont en cours.

Le développement des oostégites est-il sous la dépendance des ovaires ? Il faudrait pouvoir castrer de très jeunes femelles et des individus indifférenciés. Chez les femelles castrées, les oostégites amputés régénèrent normalement; ceci est en faveur de l'indépendance des oostégites à l'égard des ovaires. D'ailleurs, des mâles intersexués, dépourvus d'ovaires, peuvent présenter des oostégites de taille normale, mais jamais de soies ovigères.

Castration des mâles. — Chez les mâles, après l'apparition des pénis, les gnathopodes de la deuxième paire évoluent vers la forme mâle adulte, très différente de la forme femelle ([7]) en passant par des formes intermédiaires.

J'ai pratiqué l'ablation totale des gonades mâles chez des individus dont les gnathopodes n'ont pas encore atteint la forme adulte. La castration n'entraîne aucune modification dans leur évolution vers la forme adulte. Chez les mâles adultes, pour étudier l'effet de la castration, j'ai amputé un des gnathopodes de la deuxième paire. La régénération ([8]) chez les individus castrés est identique à celle que montrent les individus normaux.

([7]) *Bull. Biol. Fr. et Belg.*, 83, 1949, p. 158-176.

([8]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2142.

PHYSICOCHIMIE CELLULAIRE. — *Variation du pouvoir solvant de l'eau cellulaire en fonction de l'*incrément diélectrique *des molécules solutées.* Note de M. **Bernard A. Lindenberg** et Mlle **Simone Zuili**, présentée par M. Jacques Duclaux.

La solubilité des non-électrolytes diffusibles dans l'eau intracellulaire de la levure, relativement à celle dans l'eau extracellulaire, varie logarithmiquement avec leur polarité en solution : les alcools monohydriques, le glycol et le glycérol qui abaissent la constante diélectrique de l'eau ont une solubilité diminuée dans l'eau cellulaire; l'urée et la thiourée à incréments diélectriques positifs y sont, au contraire, plus solubles que dans l'eau extérieure.

Nous avons montré (1), (2) que le pouvoir de relargage d'un sel, caractérisé par la constante $k = \log$ (solubilité dans l'eau pure/solubilité dans l'eau salée), était approximativement proportionnel, dans les séries des alcools et cétones aliphatiques, au volume ou au nombre n d'atomes de carbone de la molécule relarguée. En solution molaire de ClNa, le quotient k/n est égal à 0,05 pour les alcools et à 0,032 pour les cétones, en rapport inverse avec les moments électriques respectifs, 1,7 et 2,75, de ces deux fonctions oxygénées.

Mais la véritable dépendance est entre le pouvoir de relargage salin et la polarité du non-électrolyte relargué, évaluée d'après son effet sur la constante diélectrique de l'eau, conformément à la théorie de Debye (3).

Rappelons, qu'en solution diluée, la constante diélectrique D est fonction de la concentration C du soluté en mol/l : $D = D_0 + \delta C$, D_0 étant la constante diélectrique du solvant pur. L'incrément diélectrique $\delta = dD/dC$ de la plupart des molécules organiques même polaires est négatif dans l'eau, leurs solutions aqueuses ayant une constante diélectrique inférieure à celle de l'eau pure. D'autre part, dans une série homologue, celle des alcools par exemple, la valeur de δ devient de plus en plus négative à mesure qu'augmente le nombre de groupes —CH_2 dans la molécule, en dépit de la constance du moment électrique, par suite de « dilution » de l'effet des dipôles par les groupes hydrocarbonés non polaires; le nombre de dipôles dans une mole de liquide demeure invariable, mais le nombre par unité de volume (grandeur déterminante pour la constante diélectrique) décroît (4), (5).

Nous nous sommes alors demandé si la solubilité dans l'eau cellulaire, chargée de sels ainsi que de cristalloïdes et de colloïdes organiques, n'était

(1) B. A. Lindenberg, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 721.
(2) B. A. Lindenberg, *Arch. Sc. Physiol.*, 4, 1950, p. 349.
(3) *Z. physik. Chem.*, 130, 1927, p. 56.
(4) P. Girard, *Trans. Faraday Soc.*, 30, 1934, p. 763.
(5) E. J. Cohn, *Ann. Rev. Biochem.*, 4, 1935, p. 93.

pas également sous la dépendance de la *polarité diélectrique* des solutés diffusibles.

Variation de la constante de relargage k(ClNa, *m*) *en fonction du décrément diélectrique des alcools dans l'eau.*

	k.	δ.	$\frac{k}{\delta}$.
CH_3OH	0,05	−1,4	0,0357
C_2H_5OH	0,095	−2,6	0,0365
C_3H_7OH	0,14	−4,0	0,035
C_3H_7OH *sec.*	0,15	−4,3	0,035
C_4H_9OH *tert.*	0,21	−6,3	0,0335

Nos recherches ont porté sur la levure de boulangerie, lavée à l'eau, sur laquelle nous avons déterminé le coefficient de répartition R = Quantité de soluté par gramme d'eau intracellulaire/Quantité de soluté par gramme d'eau extracellulaire, avec une erreur absolue maximum de ± 0,01, en utilisant la *méthode de dilution* consistant à observer la diminution de concentration que subit la solution du non-électrolyte du fait de sa mise en contact avec les cellules de levure pendant un temps suffisant pour amener l'équilibre de diffusion, à 5°.

La répartition est largement indépendante de la concentration du soluté perméant. En diffusion simultanée (à partir d'une solution diluée), chaque espèce moléculaire se partage comme si elle était seule en présence. L'addition de sel (ClNa, 0,1-0,5 *m*) à la solution du non-électrolyte modifie la répartition uniquement par effet de relargage.

La donnée R représente le coefficient de solubilité des molécules dans l'eau cellulaire *globale*-protoplasmique et vacuolaire-, de la levure, relativement à ce coefficient dans l'eau extracellulaire.

Les résultats d'expériences ci-dessous indiqués montrent que log R est fonction linéaire de l'incrément diélectrique δ que provoque dans l'eau le soluté organique, quelle que soit sa fonction polaire :

$$\log R = 0{,}02\,\delta - 0{,}05.$$

	R expérience.	R théorie.	log R.	δ dans l'eau.
Isopropanol	0,755	0,73	−0,136	−4,3
Éthanol	0,795	0,79	−0,102	−2,6
Glycérol	0,79	0,79	−0,102	−2,6
Glycol	0,82	0,82	−0,086	−1,8
Méthanol	0,83	0,835	−0,078	−1,4
Urée	1,01	1,01	+0,004	+2,7
Thiourée	1,08	1,07	+0,030	+4,0

La relation dégagée assigne à l'eau, d'incrément diélectrique nul, un « coefficient de solubilité » R de 0,89. Ce nombre signifie que la constante

diélectrique de l'eau cellulaire, globalement envisagée, est de 11 % environ inférieure à celle de l'eau pure. On conçoit alors que l'effet relatif de l'incrément ou du décrément diélectrique du soluté soit plus considérable dans le milieu hydrique cellulaire à constante diélectrique diminuée. Ainsi, les substances à δ négatif ont une *solubilité relative* (R) dans l'eau cellulaire inférieure à 0,89, d'autant plus inférieure que δ est plus négatif. Et *vice versa*, les molécules à δ positif ont une solubilité cellulaire supérieure à 0,89, atteignant l'unité dans le cas de l'urée à $\delta + 2,7$, le dépassant même dans le cas de la thiourée à $\delta + 4,0$.

Suivant donc la polarité diélectrique des molécules en solution, le milieu aqueux cellulaire peut exercer une action de relargage (*salting-out*) ou de solubilisation (*salting-in*). Cet effet solubilisant est responsable de l'accumulation de l'urée dans les globules rouges du sang humain, constatée par Ralls ([6]), comme il peut contribuer à l'accumulation cellulaire d'aminoacides et autres ions dipolaires.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la formation de peroxydes lipidiques dans la peau sous l'action de divers agents physiques.* Note de MM. **Pierre Dubouloz** et **Jean Dumas**, présentée par M. Léon Binet.

Le dosage des peroxydes lipidiques par la méthode de King confirme la formation de ces corps dans la peau du Rat sous l'action des agents physiques, en particulier des rayons X et du froid.

Dans des publications antérieures ([1]), ([2]) nous avons montré la formation de peroxydes lipidiques dans la peau du Rat, sous l'action d'agents physiques. Les rayons ultraviolets en provoquent l'apparition immédiate; le froid (neige carbonique), une brûlure, en quelques heures; les rayons X en quelques jours. Les quantités trouvées sont de l'ordre de 2.10^{-8} mol/cm² de peau, quel que soit l'agent en cause.

Ces faibles quantités ont été mesurées grâce à la méthode à la thiofluorescéine ([3]). Cependant, l'extrême sensibilité de ce réactif a pour corollaire une faible spécificité, car il est décoloré non seulement par l'iode, mais par certaines substances biologiques telles que l'hématine, ou les groupements disulfures.

Afin d'éliminer toute cause d'erreur, nous avons dosé simultanément les

---

([6]) *J. biol. Chem.*, 151, 1943, p. 529.

([1]) P. Dubouloz, *C. R. Soc. Biol.*, 144, 1950, p. 1080.

([2]) P. Dubouloz, *C. R. Soc. Biol.* (sous presse).

([3]) P. Dubouloz, M. F. Monge-Hedde et J. Fondarai, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 800, 1947, p. 900.

peroxydes lipidiques par notre technique et par la méthode de King, Roschen et Irwin ([4]) environ 50 fois moins sensible, mais dont la spécificité est, dans les conditions où nous opérons, indiscutable.

Cependant, il ne pouvait être question de doser par l'hyposulfite les faibles quantités d'iode libérées. Nous avons seulement comparé la couleur de l'iodure d'amidon formé à celle de préparations obtenues avec des quantités croissantes d'oléate d'éthyle peroxydé. La précision est médiocre, de l'ordre de 10^{-8} mol.

Deux séries d'expériences ont été faites.

Dans la première, un rat reçoit sur la peau du ventre 3 700 r par champ, par appareil de contact, sans filtre, sur 8 champs contigus de 2 cm de diamètre. La peau prélevée 9 jours après, coupée au microtome à congélation, est immédiatement agitée à trois reprises avec chaque fois 12 cm^3 d'acétone. Celle-ci est évaporée. Le résidu séché au SO_4Na_2 est repris par 50 cm^3 de chloroforme contenant 10 % d'alcool éthylique. On fait passer sur alumine pour chromatographie, et l'on dose sur 1/5 par la thiofluorescéine, sur les 4/5 par la méthode de King. On trouve 3.10^{-8} mol et 8.10^{-8} mol de peroxydes.

Dans la seconde, la peau abdominale entière d'un rat normal (soit 25 cm^2 environ), coupée aussitôt après la mort au microtome à congélation, est abandonnée 3 h à 37° dans du liquide de Tyrode. On dose les peroxydes extraits par l'acétone dans les mêmes conditions. On trouve sur le cinquième $9{,}4.10^{-8}$ par la méthode à la thiofluorescéine, 14.10^{-8} par la méthode de King sur les 4/5.

Sur une peau normale, coupée à la congélation, et immédiatement extraite, on ne trouve pas de peroxydes en quantité appréciable.

Ces expériences démontrent :

1° que les substances mises en évidence dans nos expériences antérieures sont bien des peroxydes lipidiques;

2° qu'il s'agit probablement en partie de lipides polyéniques, la méthode à la thiofluorescéine, comme celle au thiocyanate ([5]) et celle d'Hartmann et Glavind ([6]) donnant dans ce cas des valeurs très supérieures à la méthode de King.

On peut donc avancer comme hypothèse que la formation de peroxydes lipidiques, provoquée par tous les agents physiques amenant un état « inflammatoire » de la peau, est une étape dans la chaîne des réactions caractéristiques de cette altération cellulaire.

([4]) *Oil and Soap*, 10, 1933, p. 105.

([5]) J. L. Bolland, *Proc. Royal Soc. Lond.*, 186, 1946, p. 218.

([6]) *Acad. Chem. Scand.*, 3, 1949, p. 954.

MICROBIOLOGIE. — *Comportement de quelques spirochètes chez la Punaise* Cimex lectularius. Note (*) de MM. **Georges Blanc**, **Jean Bruneau** et **Alain Chabaud**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les spirochètes du groupe *Borrelia duttonii* et *B. merionesi* peuvent se maintenir virulents dans l'organisme de la Punaise des lits pendant un temps considérable, plus de 200 jours, alors que ceux du type *B. hispanica* et *B. persica* disparaissent en quelques jours; il y a là un caractère biologique qui sépare nettement ces deux groupes de spirochètes.

Le rôle joué par la Punaise des lits dans la transmission de la fièvre récurrente a fait l'objet de nombreux travaux. Seuls, des différents expérimentateurs, Rosenholz et Gilbert d'une part ([1]), Kleine et Krause d'autre part ([2]), ont réussi à infecter des punaises en leur faisant piquer des souris infectées de *Borrelia recurrentis*, ces punaises pouvant rester infectées pendant un laps de temps considérable. En réalité, la souche de spirochètes par eux étudiée n'avait plus les caractères de *B. recurrentis*, mais ceux de *B. duttonii* et des spirochètes de rongeurs. Il y avait eu soit contamination de laboratoire par ce premier, soit retour de *recurrentis* au type spirochète de rongeurs par passages successifs sur souris.

Nous avons repris l'étude du comportement de divers spirochètes chez la Punaise des lits tant au point de vue de l'intérêt qu'il peut présenter pour la connaissance du mode de transmission des fièvres récurrentes qu'à celui du classement des différentes espèces en groupes homogènes suivant l'ensemble de leurs caractères biologiques communs.

Dans cette Note préliminaire, nous présentons les résultats expérimentaux de recherches portant, d'une part sur le groupe *Borrelia duttonii* et de rongeurs (*B. merionesi*) et, d'autre part, sur le groupe *B. hispanica* *B. persica*. La détection de l'infection des punaises a été faite par inoculation de quelques individus broyés aux rongeurs sensibles : rat pour le groupe *duttonii*, cobaye pour le groupe *hispanica*.

B. duttonii. — Rappelons que Heisch ([3]) a obtenu l'infection de la Punaise (*Cimex hemipterus*) avec une souche de l'Afrique orientale. L'infection des punaises a été observée jusqu'au 12e jour. Nous avons fait nos expériences sur *Cimex lectularius* et utilisé une souche de *B. duttonii* du Congo belge.

Dans une première expérience des punaises au premier stade, nourries

(*) Séance du 16 juin 1952.

([1]) *Cent. Bakt. Orig.*, **103**, 1927, p. 348.

([2]) *Arch. Sch. Trop. Hyg.*, **38**, 1934, p. 426.

([3]) *East Afric. Med. J.*, **27**, 1950, p. 23.

sur un rat infecté, puis sur des rats neufs pendant 55 jours, se montrent infectées dès le 3e jour et le sont encore au 55e jour.

Une seconde expérience faite dans les mêmes conditions, mais avec des punaises de tous stades, se montre positive jusqu'au 30e jour, le dernier de l'expérience. Enfin, une troisième expérience poussée jusqu'au 150e jour après le repas infectant donne un résultat positif. Les sept punaises qui restent ce dernier jour infectent le rat.

B. merionesi. — Nos expériences ont été faites avec la souche isolée à Goulimine, Sud marocain, d'*Ornithodorus erraticus*, *v. minor* et de *Meriones shawi*. Elles sont trop nombreuses (17) pour être même résumées ici. Nous n'en donnons que les résultats généraux.

Des punaises infectées sur des rats peuvent le rester un laps de temps considérable, plus de 200 jours et cela même après un jeûne de plus de 100 jours. Une punaise infectée au premier stade larvaire garde son infection à tous les stades successifs, y compris le stade adulte. Dans aucun cas, les punaises n'ont transmis l'infection à leur descendance. Dans aucun cas elles n'ont infecté le rat par piqûre.

B. hispanica. — Souche marocaine, isolée d'*Ornithodorus erraticus v. major.*

Quatorze expériences ont été faites. Il en ressort que les punaises infectées sur cobayes perdent leur infection après 48 h.

B. persica. — Souche iranienne.

Six expériences, menées de 3 à 48 jours après le repas infectant ont été toutes négatives.

En résumé, à l'encontre du groupe *duttonii-merionesi*, les spirochètes du groupe *hispanica-persica* n'évoluent pas chez la Punaise des lits. Ce caractère s'ajoute à leurs autres caractères communs (1) qui en font un groupe nettement séparé du précédent.

CHIRURGIE. — *De l'influence du milieu sur la résistance mécanique des liens chirurgicaux.* Note (*) de Mlle **Édith Couillaud**, présentée par M. Robert Courrier.

Étude de liens chirurgicaux soumis à des conditions de milieu et de température voisines de la réalité d'emploi. Résultats.

Alors que dans la pratique courante, on mesure les résistances à la traction des liens chirurgicaux dans l'air et à la température ambiante, nous avons effectué ces déterminations dans des conditions se rapprochant

(1) G. Blanc, J. Bruneau et R. Pages, *Bull. Acad. Méd.*, 133, 1949, p. 600.

(*) Séance du 16 juin 1952.

le plus possible de celles d'une plaie suturée, après consultation d'un chirurgien des Hôpitaux d'Algérie (Blida).

Les éprouvettes, après un séjour en étuve, à 37° + 1° C, de durée variable, dans le liquide choisi, étaient insérées entre les deux rouleaux d'amarrage d'une machine de traction de précision. Cette machine avait été adaptée à ces essais, en particulier, par adjonction d'un bain à température constante dans lequel le fil était immergé pendant l'essai et d'un dispositif d'enregistrement des allongements pour suivre l'allure du phénomène.

Les types de liens ont été choisis de façon à comprendre des représentants de toutes les substances utilisées par les chirurgiens : cotons, lin, soie, fibres et tresse du genre « nylon », crin de Florence, fibres animales à résorption plus ou moins rapide du genre catgut et enfin des fils d'acier de trois diamètres différents ayant subi ou non une stérilisation.

Les nœuds initiaux ou terminaux intervenant pour beaucoup dans la solidité d'une suture dans les premiers jours, nous avons, dans chaque essai, fait figurer deux liens continus et deux liens identiques préalablement coupés en deux et raccordés par un nœud droit en leur milieu. Pour certaines substances particulièrement glissantes, on a dû faire un double ou même un triple nœud.

Pour nous rapprocher aussi exactement que possible des conditions de milieu du corps humain, nous avons choisi les liquides suivants :

1° Du sérum physiologique artificiel (7,5 g de NaCl pur par litre d'eau distillée);

2° Un bouillon de culture de trois bactéries (B. Coli, Staphylocoque et Pyocyanique) stérilisé après 48 h d'étuve à 37° C et additionné ensuite d'un tiers de sérum de cheval;

3° Du plasma sanguin.

Les résultats ont été les suivants :

1° *Résistance mécanique.* — A section égale, ce sont évidemment les fils d'acier qui ont la meilleure résistance, de l'ordre de 70 à 90 kg/mm² avec un allongement à la rupture d'environ 50 %, et la plus grande régularité dans les résultats; ce sont les seuls à présenter une limite élastique bien définie.

La résistance du lin, du crin de Florence et des fibres du genre « nylon » est d'environ moitié de celle de l'acier; celle de la tresse noire américaine (genre « nylon »), le quart; enfin, en passant par les différents catguts, le coton perlé et la soie, elle atteint le dixième de cette charge avec le coton à repriser. Toutefois, les allongements considérables présentés par les liens du genre « nylon » leur confèrent à ce point de vue particulier la même qualité que celle de l'acier.

La présence d'un nœud sur le fil provoque, du fait du cisaillement du fil sur lui-même dans le nœud, une chute de résistance de 25 % en moyenne,

pouvant même atteindre 50 % pour certaines fibres animales. L'acier a la meilleure tenue, la baisse de résistance étant seulement de l'ordre de 10 %.

2° *Durée de l'immersion dans le sérum physiologique.* — On peut classer les liens étudiés en trois catégories, d'après l'influence de la durée d'immersion (de zéro à 11 jours) :

a. Influence nulle ou négligeable pour certains produits de la famille des nylons tels qu'une fibre et la tresse noire américaine qui conserve jusqu'à 11 jours une grande constance dans les résultats. Dans cette catégorie doivent rentrer évidemment les aciers, du fait de leur inoxydabilité.

b. Accroissement léger d'allongement à la rupture pour la soie et les cotons; il atteint 7 % au bout de 5 jours pour un catgut à résorption ralentie et 100 % pour le lin après 11 jours.

c. Accroissement de résistance (50 %) et d'allongement (80 %), avec le temps, pour le crin de Florence, et chute de résistance d'environ 30 % pour les autres liens, soit après 24 h pour la seconde fibre artificielle, soit après 5 jours pour les catguts ordinaire et « renforcé ». Les allongements à la rupture baissent de 61 à 36 % pour la fibre artificielle et augmentent, au contraire, de 25 % pour les catguts.

3° *Influence du milieu.* — Les actions bactériologiques étant encore en cours d'étude, les résultats concernant l'influence des différents milieux feront l'objet d'une publication ultérieure.

A 16 h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 h 20 m.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 JUIN 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie que la prochaine séance annuelle des prix aura lieu le 15 décembre 1952.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Paul Karrer** est élu Associé étranger en remplacement de Sir *Charles Sherrington*, décédé, et M. **Maurice Fréchet** est élu Correspondant pour la Section de géométrie, en remplacement de M. *Guido Castelnuovo*, décédé.

DÉSIGNATIONS.

MM. **Gaston Julia** et **René Garnier** sont désignés pour représenter l'Académie au **IIIe Congrès autrichien des mathématiciens** qui se tiendra à Salzburg, du 9 au 14 septembre 1952.

MM. **Gaston Julia**, **Albert Caquot**, **Jean Chazy**, **Émile-Georges Barrillon**, **Albert Pérard**, **Pierre Jolibois**, **Donatien Cot**, **Hippolyte Parodi**, **Louis Leprince-Ringuet** et **Maurice Roy** sont désignés pour représenter l'Académie à la Cérémonie qui aura lieu le 5 juillet 1952, à l'École polytechnique, à Paris, pour célébrer le Centenaire des Maréchaux **Joffre**, **Foch** et **Fayolle**.

NOMINATIONS.

M. **Paul Montel** est désigné pour faire une lecture en la séance publique solennelle des cinq Académies, le 25 octobre 1952.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Maurice Vernet. *La vie et la mort.*

2° Union internationale pour la protection de la nature. *Procès-verbaux et rapports de la réunion technique tenue à La Haye, les* 20, 21 *et* 22 *septembre* 1951.

3° University of Tokyo. *Scientific Papers of the College of General Education.* Vol. I, n° 1.

Il signale également un fascicule polycopié : Conseil international des Unions scientifiques. VIe Assemblée générale, Amsterdam, 1-3 octobre 1952. *Texte des nouveaux statuts élaboré par le Comité exécutif, sur la proposition du Comité des Statuts.*

ALGÈBRE. — *Sur les quasi-groupes dont les logarithmétiques sont groupes.* Note de Mlle **Hélène Popova**, présentée par M. Jacques Hadamard.

La logarithmétique d'une algèbre non associative a été définie par Etherington (1) comme l'arithmétique des indices des puissances d'un élément général de l'algèbre.

Dans un travail antérieur (2), la logarithmétique, L_Q, d'un quasi-groupe fini Q se composant des éléments 1, 2, ..., n a été représentée par un ensemble de vecteurs $\{1^x, 2^x, \ldots, n^x\}$ où x est une puissance non associative. Les éléments de L_Q ont été appelés *quasi-nombres*, et la multiplication de deux quasi-nombres $\alpha = \{1^a, \ldots, n^a\}$ et $\beta = \{1^b, \ldots, n^b\}$ a été définie comme

$$\alpha\beta = \{1^{ab}, 2^{ab}, \ldots, n^{ab}\}.$$

Q a été appelé *plein* s'il est simple et n'a pas de sous-quasi-groupe d'un ordre k, tel que $1 < k < n$.

Le présent travail donne les conditions nécessaires et suffisantes pour que la logarithmétique d'un quasi-groupe fini soit un groupe par rapport à la multiplication. Une L_Q avec opération de multiplication seulement, est désignée par $L_Q(.)$. La multiplication en logarithmétique est toujours associative (3).

Chaque quasi-nombre $q = \{\ldots, j, \ldots\}$ de $L_Q(.)$ peut être représenté comme une matrice, si nous remplaçons l'élément j, de la $i^{\text{ème}}$ place du vecteur repré-

(1) *Journal of the London Math. Soc.*, 16, 1941, p. 48-55.
(2) H. Popova, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1936.
(3) I. M. H. Etherington, *Proceedings Royal Soc. Edinburgh*, 59, 1939, p. 153-162.

sentant q par un vecteur $(\ldots 1 \ldots)$ dans lequel le $j^{\text{ième}}$ élément est égal à 1 et les autres à zéro.

Pour que $L_Q(.)$ soit un groupe, les équations $ax = b$, $ya = b$ doivent avoir des solutions uniques x, y dans L_Q pour chaque paire de quasi-nombres a, b de L_Q.

THÉORÈME. — *Une condition nécessaire et suffisante pour que* $L_Q(.)$ *soit un groupe est*

$$k^a \neq r^a \tag{4}$$

pour toutes puissances non associatives a et des éléments k et r distincts de Q.

La nécessité de la condition (1) résulte du fait que l'équation

$$\{1^a, \ldots, k^a, \ldots, r^a, \ldots, n^a\}\{1^x, \ldots, n^x\} = \{1, 2, \ldots, n\}$$

n'a pas de solution dans L_Q pour $k^a = r^a = t$, puisque alors

$$\{1^{ax}, \ldots, t^x, \ldots, t^x, \ldots, n^{ax}\} = \{1, 2, \ldots, n\}$$

et $k = t^x = r$ où k et r sont deux éléments distincts de Q.

D'autre part, si (1) est valable dans L_Q, tous les quasi-nombres de $L_Q(.)$ peuvent être représentés par un ensemble de matrices de permutations fermé par rapport à la multiplication, et donc $L_Q(.)$ est un groupe.

COROLLAIRE I. — *Si* Q *est un quasi-groupe avec un seul générateur, et* $L_Q(.)$ *est un groupe,* Q *n'a pas d'éléments idempotents.*

Car, si l'élément i de Q est idempotent et si j est un générateur de Q, il existe un quasi-nombre, par exemple s, tel que $j^s = i$; comme on a aussi $i^s = i$, $L_Q(.)$ n'est pas un groupe.

COROLLAIRE II. — *Si* Q *est plein et que* $L_Q(.)$ *est un groupe, les ordres de* Q *et* L_Q *sont les mêmes.*

En effet, si les quasi-nombres de L_Q sont

$$\{i, a_2^{im_2}, \ldots, a_n^{im_n}\} \qquad (i = 1, \ldots, n;\ m_s = 1, \ldots, k_s),$$

où n est l'ordre de Q et [4] k_s est soit 1 soit n. Du théorème précédent, on tire que si $L_Q(.)$ est un groupe, $k_s = 1\ (s = 2, \ldots, n)$ et ainsi l'ordre de L_Q est n.

COROLLAIRE III. — *Si* Q *est plein, et si* $L_Q(.)$ *est un groupe, les vecteurs représentant les quasi-nombres de* L_Q *forment un carré latin.*

COROLLAIRE IV. — *Si* $L_Q(.)$ *est un groupe, les éléments de* Q *satisfont aux relations*

$$ii \neq jj, \qquad i(ii) \neq j(jj), \qquad (ii)i \neq (jj)j, \qquad (j \neq i)$$

et $i(ii) \neq (ii)$ *si* Q *est plein,* $i, j = 1, \ldots, n$.

COROLLAIRE V. — *Si* $L_Q(.)$ *est un groupe, son ordre ne peut être plus grand que l'ordre de* Q.

---

[4] H. POPOVA, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1937 (théorème 6).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le problème de Cauchy pour l'équation de Poisson et l'équation des ondes.* Note (*) de M. **Alexandre Weinstein**, présentée par M. Joseph Pérès.

Désignons par x le système de m variables $x_1, x_2, \ldots, x_m$ et écrivons, pour abréger, $u(x, t)$ au lieu de $u(x_1, x_2, \ldots, x_m, t)$. Soit k un nombre réel quelconque. Nous nous proposons de trouver une solution $u^k(x, t)$ de l'équation

$$(1) \qquad \Delta u^k = u^k_{tt} + kt^{-1} u^k_t$$

satisfaisant aux données de Cauchy

$$(2) \qquad u^k(x, 0) = f(x_1, x_2, \ldots, x_m), \qquad u^k_t(x, 0) = 0.$$

Le laplacien Δ est pris par rapport aux x. Certains cas particuliers de notre problème ont fait l'objet de plusieurs études depuis Poisson et même Euler (¹).

Signalons les *relations fondamentales* suivantes :

$$(3) \quad u^k_t(x, t) = tu^{k+2}(x, t), \qquad (k+1)\, u^{k+2}(x, 0) = \Delta u^k(x, 0), \qquad u^{k+2}_t(x, 0) = 0.$$

Posons d'abord $k = m - 1$. Dans ce cas, la solution du problème de Cauchy s'obtient, d'après Poisson, en prenant la moyenne de f sur une sphère de rayon t et de centre x dans un espace a m dimensions.

Pour $k > m - 1$, la solution est donnée par la formule

$$(4) \qquad u^k(x, t) = \frac{\omega_{k+1-m}}{\omega_{k+1}} \int \cdots \int f(x_1 + \alpha_1 t, \ldots, x_m + \alpha_m t) \times (1 - \alpha_1^2 - \ldots - \alpha_m^2)^{\frac{1}{2}(k-1-m)} d\alpha_1 \ldots d\alpha_m,$$

le domaine d'intégration étant défini par l'inégalité $\alpha_1^2 + \ldots + \alpha_m^2 \leqq 1$ et ω_s désignant l'aire d'une sphère de rayon unité dans l'espace à s dimensions. Notons que, pour $k = m, m+1, m+2, \ldots$, on obtient (4) par la célèbre méthode de la descente donnée par M. Hadamard. MM. Diaz et Weinberger ont vérifié la formule (4) pour toute valeur de $k > m - 1$.

Soit maintenant $k < m - 1$. Supposons d'abord $k \neq -1, -3, -5, \ldots$. Choisissons un entier n tel que $k + 2n \geqq m - 1$. Une application répétée de (3) nous donne alors la solution suivante du problème de Cauchy :

$$(5) \qquad u^k(x, t) = 2^{1-n}\Gamma^{-1}(n) \int_0^t (t^2 - r^2)^{n-1} u^{k+2n}(x, r)\, r\, dr + R_n,$$

(*) Séance du 23 juin 1952.

(¹) *Voir*, par exemple, G. Darboux, *Leçons sur la théorie générale des surfaces*, II, chap. III et IV, Paris, 1915, Gauthier-Villars.

où

$$(6)\qquad R_n = \sum_{h=1}^{n-1} \frac{\Delta^h f}{(k+1)(k+3)\ldots(k+2h-1)} \frac{t^{2h}}{2,4\ldots(2h)} + f$$

et Δ^h désigne le laplacien itéré d'ordre h. La fonction u^{k+2n} est donnée, dans le cas $k = m - 1 - 2n$, par la formule de la moyenne de Poisson. Si $k > m - 1 - 2n$, la fonction u^{k+2n} est donnée par une formule du type (4), où k est remplacé par $k + 2n$. En prenant, dans (5), $k = 0$, on obtient, sous forme nouvelle, la solution du problème de Cauchy pour l'équation des ondes.

Dans les cas exceptionnels $k = -1, -3, \ldots$, on vérifie aisément que le problème de Cauchy n'admet une solution que si la donnée f est une fonction polyharmonique d'ordre $(1/2)(1 - k)$ au plus. Cette solution sera alors un polynome en t de degré $-(k + 1)$ au plus. Signalons enfin que la solution de notre problème ne sera unique que pour k non négatif.

TOPOLOGIE CARTÉSIENNE. — *Étude des propriétés géométriques de certains domaines d'intégration, qu'on rencontre dans quelques problèmes de physique mathématique.* Note (*) de M. **Tullio Viola**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

A la suite d'une Note précédente on démontre deux théorèmes relatifs à la structure des domaines particuliers considérés, et l'on en déduit la démonstration d'une proposition fondamentale énoncée précédemment.

1. Dans une Note précédente [1] j'ai défini un type particulier de domaine ouvert A, que j'appellerai *régulier*, en affirmant la possibilité de résoudre le problème de compléter la définition d'une fonction réelle $\varphi(M)$ (donnée en A et pourvue de dérivées partielles premières continues et sommables), par tendance à la limite vers la frontière $\mathcal{F}A$. La présente Note a pour but de donner une démonstration de cette possibilité, en la déduisant très facilement des deux théorèmes suivants [2].

I. *Quel que soit $i = 1, 2, \ldots, h$, la frontière hypersuperficielle du produit $\Gamma_i \mathcal{F}A$, a une mesure hypersuperficielle nulle sur Γ_i.*

Démonstration. — Soit $\mathcal{F}_i^0$ ladite frontière hypersuperficielle, la notation mes_i indiquant la mesure lebesguienne hypersuperficielle, sur Γ_i, d'un ensemble quelconque de points de Γ_i. En vertu de la condition (I) (n° 2c), les

(*) Séance du 23 juin 1952.

(1) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 2513.

(2) On reprend, dans la suite, les raisonnements de la Note précédente dans tous leurs détails : les notations seront exactement conservées, et les références seront marquées du signe (I).

points Q de $\Gamma_i \mathcal{F} A$ (quel que soit i) auxquels le segment en question, de centre Q, n'existe pas, forment un ensemble N_i (éventuellement vide) ayant en tout cas une mesure lebesguienne hypersuperficielle nulle sur Γ_i.

$\text{mes}_i(\mathcal{F}_i^0 - N_i)$ étant égal à $\text{mes}_i \mathcal{F}_i^0$, il suffit de démontrer que

$$\text{mes}_i(\mathcal{F}_i^0 - N_i) = 0,$$

et ceci doit résulter de la propriété que tout point Q de $\mathcal{F}_i^0 - N_i$ appartient aussi à une autre portion Γ_j.

Toujours en vertu de la condition (I) (n° 2c), il existe un nombre $\delta = \delta(Q) > 0$ tel que, sur la frontière S_ρ de l'entourage circulaire de rayon ρ de Q, quel que soit $\rho < \delta$, on trouve soit des points extérieurs à A, soit des points de A : indiquons par A_ρ l'ensemble de ces derniers points.

Soit $\mathcal{F}^0(\rho)$ la frontière hypersuperficielle de A_ρ sur S_ρ. On a $\mathcal{F}^0(\rho) \subset \mathcal{F} A$. Un point isolé de $\mathcal{F}_i^0$ ne peut pas être d'accumulation pour des points hypersuperficiellement intérieurs à $\Gamma_i \mathcal{F} A$: s'il existait donc un nombre positif $\sigma \leqq \delta$ tel que $\mathcal{F}^0(\rho) \subset \Gamma_i$ pour tout $\rho < \sigma$, le point Q n'appartiendrait pas à $\mathcal{F}_i^0$. Par conséquent, il doit être possible de faire correspondre à chaque $\sigma \leqq \delta$, un nombre $\rho_\sigma < \sigma$ tel que $\mathcal{F}^0(\rho_\sigma)$ ne soit pas entièrement contenu dans Γ_i. Il s'ensuit l'existence de certains points de $\mathcal{F} A$ étrangers à Γ_i, aussi proches qu'on le veut de Q, donc appartenant à une portion Γ_j différente de Γ_i. Et, puisque Γ_j est un ensemble fermé, Q aussi appartient à Γ_j. C. Q. F. D.

II. *Quel que soit* $i = 1, 2, \ldots, h$, *la fermeture de* N_i *a une mesure hypersuperficielle nulle sur* Γ_i.

Démonstration. — Il suffit de démontrer que, si Δ est un domaine hypersuperficiel quelconque, contenu en $\Gamma_i \mathcal{F} A$ et à une distance positive soit de $\mathcal{F}_i^0$, soit de la somme $\Gamma_1 + \Gamma_2 + \ldots + \Gamma_{i-1} + \Gamma_{i+1} + \ldots + \Gamma_h$, le produit ΔN_i est un ensemble fermé.

Considérons un point quelconque Q de Δ, mais étranger à N_i. Il existe un entourage circulaire I de Q, tel que les points de I qui n'appartiennent pas à Γ_i, forment deux domaines ouverts, connexes et deux seuls : le domaine des points de A et celui des points extérieurs à A. Si I est suffisamment petit, il existe, passant par chaque point Q' de $I\Gamma_i$, un segment de centre Q' et parallèle à la normale à Γ_i en Q, moitié intérieur à A, et moitié extérieur. Donc N_i n'a pas de points dans I. Il est ainsi démontré que les points d'accumulation de ΔN appartiennent nécessairement à ΔN_i.

2. Soient A régulier et Δ une portion ouverte quelconque d'hypersurface, contenue en $\Gamma_i \mathcal{F} A$ (pour une certaine valeur de l'indice i), à une distance positive de $\mathcal{F}_i^0$, de N_i et de la somme $\Gamma_1 + \Gamma_2 + \ldots + L_{i-1} + \Gamma_{i+1} + \ldots + \Gamma_h$. Il est certainement possible de décomposer Δ en un nombre fini de portions ouvertes et de définir un verseur $\vec{\mu} = \vec{\mu}(Q)$ sur chacune de ces portions, de sorte que les conditions qui ont permis les considérations du (I) (n° 1), soient

satisfaites relativement à chaque portion. On peut obtenir précisément, dans la décomposition de Δ, que les portions nommées n'aient pas en commun, deux à deux, des points hypersuperficiellement intérieurs et que, par exemple, $\vec{\mu}$ soit constant sur chacune d'elles ([3]). *L'existence de la limite* (I) ([1]), *finie et indépendante de* $\vec{\mu}$, *est alors démontrée presque partout sur* $\Gamma_i \mathcal{F} A$, *quel que soit l'indice* $i = 1, 2, \ldots, h$, *donc aussi sur* $\mathcal{F} A$.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur les variations séculaires des nœuds et inclinaisons des planètes.* Note de M. **Marcel Mayot**, présentée par M. Jean Chazy.

On calcule les termes séculaires (périodes, amplitudes et phases) pour les différentes planètes, en tenant compte de Pluton, et l'on examine l'influence des valeurs des masses sur la précision des résultats.

Le calcul des variations séculaires des éléments des orbites planétaires, lorsqu'on se limite aux termes du premier ordre par rapport aux excentricités et inclinaisons selon la théorie de Lagrange, a été effectué récemment par Dirk Brouwer et A. J. J. van Woerkom ([1]) sans tenir compte de Pluton.

J'ai repris ce calcul en adoptant les données de Nicholson ([2]) pour Pluton; pour les huit planètes principales, j'utilise les données de la *Connaissance des Temps*, notamment les masses de Newcomb. Le système de référence adopté est le plan invariable, défini par rapport à l'écliptique de 1900 par l'inclinaison et le nœud

$$i = 1^\circ 39' 45'', \qquad \Omega = 106^\circ 45'.$$

Chaque groupe de variables obliques s'exprime pour la planète de rang i par les solutions d'un système différentiel classique

$$(1) \qquad p_i = \Sigma M_{ik} \sin(\nu_k t + \mu_k), \qquad q_i = \Sigma M_{ik} \cos(\nu_k t + \mu_k),$$

où k varie de 1 à 9.

Les fréquences ν_k sont les valeurs propres d'une matrice A du neuvième ordre, dont les éléments a_{ik} sont des fonctions des grands axes et des masses des planètes. Les calculs ont été effectués par la méthode de Jacobi en déterminant, par approximations successives, une matrice de transformation K orthogonale et normale, telle que l'on ait

$$(2) \qquad K^{-1} A K = N,$$

N se réduisant à sa diagonale principale.

([3]) Coïncidant avec le verseur normal à Γ_i (en un certain point, arbitrairement choisi de la portion) et pénétrant dans A (*voir* la démonstration du théorème II).

([1]) *Astronomical Papers*, vol. XIII, 1950, p. 91.

([2]) *Astrophysical Journal*, 73, 1931, p. 1.

Les phases μ_k s'expriment à l'aide des éléments a_{ik} de la matrice K et des conditions initiales; on calcule parallèlement les amplitudes M_{ik} relatives à chaque planète. Une des racines, ν_9, est nulle, et par l'utilisation du plan invariable les sommes (1) sont réduites à huit termes.

Les résultats numériques sont donnés dans le tableau ci-dessous, en secondes par an pour les fréquences, et en minutes pour les amplitudes aux neuf dernières lignes :

Fréquences...	25",740.	18",745.	17",634.	6",570.	5",200.	2",910.	0",920.	0",608.
Phases.......	122°56'.	251°36'.	292°27'.	313°18'.	15°10'.	310°57'.	98°12'.	119°36'.
Mercure.......	3'	14'	4'	−122'	431'	−11'	10'	15'
Vénus.........	− 2	− 93	−24	35	41	− 7	9	−14
Terre.........	12	85	16	28	29	− 6	9	−14
Mars..........	31	−124	173	6	4	− 4	8	−13
Jupiter........	−22	–	–	–	–	− 3	8	−13
Saturne.......	54	–	–	–	–	− 3	7	−12
Uranus........	− 2	–	–	–	–	60	− 14	9
Neptune.......	–	–	–	–	–	− 7	−112	107
Pluton........	–	–	–	–	–	–	614	317

La précision obtenue est liée à celle des coefficients a_{ik} et dépend principalement des masses des planètes; on peut préciser les variations dues à l'influence de chacune de ces masses. En suivant toujours la méthode de Jacobi, on peut écrire pour les fréquences

$$\delta\nu_i = \Sigma\alpha_{ij}\alpha_{ik}\delta a_{jk}, \qquad j \text{ et } k \text{ variant de 1 à 9,} \tag{3}$$

ou, en ne tenant compte que de l'imprécision des masses,

$$\delta\nu_i = \Sigma\gamma_{ik}\frac{\delta m_k}{m_k}, \qquad k \text{ variant de 1 à 9.} \tag{4}$$

On trouve de même les variations des phases μ_k et des amplitudes M_{ik} à partir de celles des éléments de la matrice K :

$$\delta\alpha_{ij} = \Sigma\varepsilon_{ijk}\frac{\delta m_k}{m_k}. \tag{5}$$

Les seuls termes sensibles pour les fréquences proviennent de Mercure et Pluton : ils sont de l'ordre de 10^{-3}, en secondes d'arc par an; pour les amplitudes, les variations sont relativement plus importantes et de l'ordre de la minute. La présence de Pluton remplace le terme à longue période de Brouwer par deux autres de périodes voisines; les autres périodes sont légèrement modifiées, en particulier la plus courte période est allongée. Les amplitudes conservent leur ordre de grandeur.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les changements dans la conductibilité électrique des métaux lors de la fusion.* Note (*) de Mlle **Geneviève Sutra**, présentée par M. Eugène Darmois.

La conductivité électrique des métaux subit un changement brusque au point de fusion. Contrairement aux résultats admis jusqu'ici, on montre qu'il faut relier cette variation brusque à celle du volume.

La résistivité électrique des métaux augmente ou diminue brusquement au point de fusion. Peu après l'apparition de la théorie électronique des métaux, E. Wagner (1) a essayé de rendre compte de ce changement à l'aide de la théorie de Drude-Lorentz. Il avait d'abord admis que le rapport des conductibilités σ_s/σ_l avait des valeurs simples telles que 4(Hg), 2(Zn), 3/2(Na), 1/2(Bi). Pour rendre compte de ces valeurs, il lui fallut admettre que le libre parcours moyen des électrons variait brusquement au point de fusion et d'une façon assez incompréhensible. En tout cas sa conclusion formelle était que « de telles variations ne pouvaient être expliquées par les faibles variations de volume lors de la fusion ».

Une tentative plus récente est due à Fröhlich (2). Pour les métaux solides, une formule semi-empirique donne la conductibilité sous la forme

$$\sigma = 1650 \frac{A\,\theta^2 \nu}{ZT}, \tag{1}$$

Z, nombre atomique; θ, température caractéristique de Debye; ν, nombre d'électrons libres par atome; A, constante pour un métal donné. Si l'on admet que ν reste le même quand on passe du solide au liquide, on en tire, au point de fusion,

$$\frac{\sigma_s}{\sigma_l} = \left(\frac{\theta_D^s}{\theta_D^l}\right)^2. \tag{2}$$

Le rapport des (θ) peut se calculer à partir de la chaleur de fusion moyennant certaines hypothèses sur la somme d'état aux températures élevées; on trouve finalement

$$\frac{\sigma_s}{\sigma_l} = \exp\left(\frac{2L_f}{3RT_f}\right), \tag{3}$$

où L_f est la chaleur de fusion. Cette formule rend compte convenablement des valeurs du rapport en question pour quelques métaux, mais elle est entière-

(*) Séance du 23 juin 1952.

(1) *Ann. Physik*, 33, 1910, p. 1484.

(2) *Elektronentheorie der Metalle*, Berlin, 1936.

ment en défaut pour Hg, Ga et Bi comme le montrent les nombres suivants :

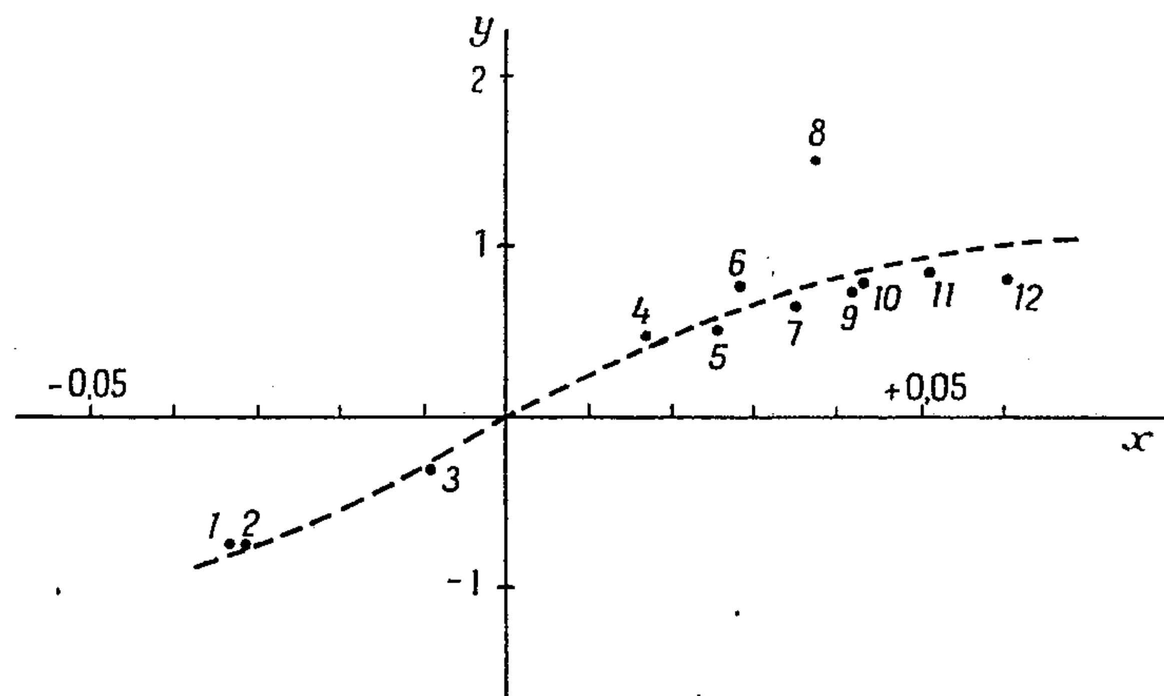
Métal.	K.	Cu.	Ag.	Hg.	Al.	Ga.	Bi.
$\frac{\sigma_s}{\sigma_l}$ exp........	1,6	2,1	1,9	4,2	1,6	0,48	0,40
» calc........	1,8	2,0	2,0	2,37	2,0	4,4	5,0

Si l'on admet que le libre parcours moyen et la vitesse d'agitation des électrons sont à peu près les mêmes dans le métal solide et le métal liquide, il faut admettre que le nombre des électrons libres dans Bi liquide est 12 fois plus faible que dans Bi solide. Cette même conclusion était déjà celle de Mott ([3]).

Je voudrais d'abord montrer qu'il existe une corrélation très nette entre la variation relative de résistivité et la variation relative de volume lors de la fusion. Dans ce but, et après une discussion critique des valeurs de la littérature dont je donnerai ailleurs le détail, j'ai établi le tableau I. Dans ce tableau, $\Delta V/V$ est la variation relative de volume, $\Delta\rho/\rho_m$ la variation relative de résistivité; ρ_m est la moyenne géométrique de ρ_s et de ρ_l.

Métal.	$\frac{\Delta V}{V}$.	$\frac{\Delta\rho}{\rho_m}$.	Métal.	$\frac{\Delta V}{V}$.	$\frac{\Delta\rho}{\rho_m}$.
Bi...........	− 0,0335	− 0,75	Pb...........	0,035	0,66
Ga...........	− 0,032	− 0,76	Hg...........	0,037	1,53
Sb...........	− 0,0095	− 0,34	Cu...........	0,0415	0,75
Li...........	+ 0,0165	+ 0,49	Zn...........	0,042	0,80
K...........	0,0255	0,50	Au...........	0,051	0,85
Sn...........	0,028	0,78	Al...........	0,060	0,79

La figure représente les points $x = \Delta V/V$, $y = \Delta\rho/\rho_m$; les numéros se rapportent aux métaux de la colonne de gauche du tableau dans l'ordre Bi-Al.



La courbe pointillée laisse nettement Hg en dehors, mais groupe convenablement les autres points. Contrairement à la conclusion de Wagner, il semble

([3]) *Proc. Roy. Soc.*, 146 A, 1934, p. 465.

donc nécessaire de relier la variation de la résistivité à celle du volume. J'espère montrer que cela est possible à condition de modifier convenablement les formules de la théorie électronique des métaux.

OPTIQUE. — *Surfaces à plans de polarisation multiples. Application à la télévision.* Note de M. **Pierre Toulon**, présentée par M. Camille Gutton.

Depuis la thèse d'Herapath à la Faculté des Sciences de Lyon, on connaît le moyen de fabriquer artificiellement des microcristaux (notamment de sulfate d'iodo-quinine) qui polarisent la lumière. Une suspension colloïdale de ces petits cristaux orientés artificiellement, par exemple à l'aide d'un champ électrique ou magnétique, dans une matière plastique transparente liquide et susceptible d'être durcie rapidement, permet d'obtenir des feuilles qui polarisent la lumière, et remplacent avantageusement les nicols ou tourmalines pour beaucoup d'applications. M. Land et ses collaborateurs ont trouvé depuis, de nombreux cristaux qui polarisent aussi la lumière, et proposé de nombreuses méthodes pour réaliser ces feuilles, connues aujourd'hui commercialement sous le nom de Polaroïd. Dans de telles feuilles, le plan de polarisation est le même sur toute l'étendue de la surface.

J'ai étudié récemment des feuilles polarisantes dans lesquelles le plan de polarisation varie d'une façon régulière et continue lorsqu'on se déplace sur la surface, par exemple des feuilles rectangulaires dans lesquelles le plan de polarisation est le même, suivant un des côtés du rectangle (OY par exemple), tandis qu'il varie régulièrement suivant l'autre côté (OX). La distance qui sépare deux lignes ayant même plan de polarisation (le plan de polarisation a varié régulièrement de 180° dans l'intervalle) constitue le « pas » caractéristique de la feuille. En disposant l'une derrière l'autre deux feuilles ayant même pas, on peut, grâce à une translation de l'une des feuilles de la moitié du pas, moduler la lumière d'une façon progressive sur toute la surface, quelle que soit son étendue. Si les pas des deux surfaces sont différents, ou si la génératrice d'une des feuilles est inclinée par rapport à l'autre, on obtient des phénomènes de « moiré » : notamment un déplacement relativement lent suivant OX d'une des surfaces permet d'obtenir un déplacement apparent très rapide de la ligne où se produit l'obturation de la lumière. Le plan de polarisation peut aussi varier différemment suivant deux directions de la surface, notamment perpendiculaires, ce qui permet d'obtenir de nombreux résultats.

La nouvelle méthode a été appliquée avec succès à la fabrication d'écrans à couleurs changeantes destinés à la télévision en couleur : la surface du tube à faisceau cathodique récepteur est, par exemple, recouverte d'un

écran comprenant une multitude d'éléments trichromes enchevêtrés; à chaque monochrome est associé un élément de surface polarisante ayant une orientation appropriée. En déplaçant, relativement lentement, cet écran par rapport à des feuilles à plan de polarisation continuellement variable décrites ci-dessus, on parvient à modifier la couleur à une cadence très rapide..

SPECTROPHOTOMÉTRIE. — *Absorption de l'ozone dans le domaine spectral situé au-dessous de* 3130 Å. *Effet de la température.* Note (*) de M. **Ernest Vigroux**, présentée par M. Jean Cabannes.

On a prolongé l'étude de l'influence de la température sur l'absorption de l'ozone dans la région spectrale située au-dessous de 3130 Å, en se limitant toutefois aux températures inférieures à 18°.

Le spectrographe, ouvert à F/9, a une dispersion de 77 mm entre 3125 et 2300 Å et la source est un tube à hydrogène. On obtient les paliers de température en opposant le refroidissement de la carboglace et l'effet Joule développé dans un conducteur, enroulé régulièrement sur le tube d'absorption. On relève les températures au moyen d'un thermométre à résistance placé à l'intérieur du tube d'absorption.

A une quelconque t des températures choisies, on calcule pour chaque longueur d'onde et sur chaque cliché les rapports $d : d_{18}$ des densités optiques à t^{o} et à 18° de la même couche d'ozone et l'on prend la moyenne arithmétique de ces rapports, relevés sur les divers clichés. Ces moyennes sont réunies dans le tableau suivant :

	—92°.	—75°.	—59°.	—44°.	—30°.
3112	0,90	0,88	0,88	0,91	0,92
3..109	0,88	0,87	0,88	0,90	0,91
3100	0,88	0,89	0,88	0,91	0,92
3098	0,87	0,87	0,88	0,90	0,91
3085	0,90	0,90	0,90	0,91	0,93
3083	0,89	0,90	0,89	0,91	0,93
3077	0,89	0,90	0,89	0,91	0,93
3075	0,87	0,88	0,89	0,91	0,93
3061	0,92	0,91	0,91	0,93	0,94
3059	0,89	0,90	0,90	0,91	0,93
3053	0,90	0,90	0,90	0,92	0,94
3051	0,89	0,89	0,89	0,91	0,93
3037	0,90	0,92	0,91	0,93	0,95
3036	0,89	0,90	0,90	0,92	0,94
3029	0,90	0,90	0,90	0,92	0,94
3016	0,90	0,91	0,91	0,92	0,95

(*) Séance du 4 juin 1952.

	— 92°.	— 75°.	— 59°.	— 44°.	— 30°.
3004	0,90	0,91	0,91	0,92	0,95
2998	0,90	0,91	0,91	0,92	0,95
2987	0,92	0,93	0,93	0,94	0,95
2982	0,92	0,92	0,93	0,94	0,96
2977	0,92	0,92	0,93	0,94	0,96
2973	0,93	0,93	0,93	0,94	0,95
2967	0,92	0,93	0,93	0,94	0,96
2959	0,91	0,92	0,92	0,94	0,96
2946	0,92	0,92	0,92	0,93	0,96
2942	0,91	0,92	0,92	0,93	0,96
2931	0,91	0,92	0,92	0,93	0,96
2926	0,92	0,92	0,92	0,94	0,96
2918	0,91	0,92	0,92	0,93	0,95
2914	0,92	0,92	0,93	0,93	0,95
2906	0,92	0,94	0,94	0,94	0,96
2897	0,92	0,93	0,92	0,93	0,96
2892	0,91	0,92	0,92	0,92	0,95
2884	0,91	0,92	0,92	0,93	0,96
2871	0,92	0,93	0,93	0,94	0,96
2864	0,92	0,93	0,92	0,93	0,96
2859	0,92	0,93	0,93	0,94	0,97
2845	0,93	0,94	0,94	0,95	0,97
2841	0,93	0,94	0,94	0,95	0,97
2833	0,95	0,95	0,95	0,96	0,97
2823	0,94	0,95	0,95	0,95	0,97
2809	0,96	0,95	0,96	0,96	0,97
2799	0,96	0,96	0,96	0,96	0,98
2784	0,96	0,96	0,96	0,96	0,97
2773	0,96	0,96	0,96	0,96	0,98
2759	0,96	0,96	0,96	0,96	0,97
2754	0,95	0,96	0,96	0,96	0,98
2748	0,97	0,97	0,97	0,97	0,98
2738	0,97	0,97	0,97	0,96	0,98
2731	0,97	0,97	0,97	0,97	0,98
2717	0,97	0,98	0,98	0,98	0,98
2710	0,97	0,97	0,97	0,98	0,98
2697	0,97	0,97	0,97	0,97	0,98
2693	0,96	0,97	0,96	0,96	0,97
2676	0,97	0,98	0,97	0,98	0,98
2671	0,95	0,97	0,96	0,97	0,97
2656	0,96	0,97	0,97	0,97	0,98
2652	0,95	0,96	0,97	0,97	0,97
2643	0,96	0,97	0,97	0,97	0,98
2635	0,95	0,96	0,96	0,96	0,97
2624	0,96	0,97	0,97	0,97	0,98
2617	0,95	0,96	0,97	0,97	0,97
2606	0,96	0,98	0,98	0,97	0,98
2598	0,95	0,96	0,97	0,97	0,97

	—92°.	—75°.	—59°.	—44°.	—30°.
2587	0,97	0,98	0,96	0,98	0,98
2579	0,96	0,97	0,97	0,97	0,97
2572	0,96	0,98	0,97	0,97	0,98
2566	0,96	0,97	0,97	0,96	0,97
2553	0,97	0,98	0,98	0,97	0,98
2546	0,95	0,96	0,96	0,96	0,97
2539	0,96	0,97	0,97	0,97	0,98
2529	0,96	0,97	0,97	0,97	0,98
2519	0,96	0,97	0,98	0,97	0,98
2508	0,95	0,97	0,97	0,97	0,98
2500	0,96	0,98	0,98	0,98	0,98
2495	0,96	0,97	0,97	0,97	0,98
2490	0,96	0,98	0,98	0,97	0,98
2482	0,96	0,97	0,97	0,97	0,98
2478	0,96	0,98	0,98	0,97	0,98
2466	0,96	0,98	0,98	0,97	0,98
2459	0,97	0,98	0,98	0,97	0,98
2448	0,96	0,97	0,97	0,97	0,98

On voit que l'effet de température diminue à mesure que la longueur d'onde décroît et finit par devenir peu sensible, et ceci paraît en bon accord avec certains résultats obtenus dans le spectre visible (¹), (²), (³).

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Mesures des fluctuations d'un photomultiplicateur.* Note de M. **François Lenouvel**, présentée par M. André Danjon.

La mesure des très faibles flux lumineux nécessite l'utilisation d'un photomultiplicateur. La comparaison entre la valeur théorique des fluctuations d'un tel récepteur et les valeurs réellement observées fournit un critère quantitatif de la qualité d'un photomultiplicateur donné. Nous décrivons un procédé de mesure qui permet cette comparaison et nous donnons les résultats obtenus avec un photomultiplicateur à 19 étages analogue à ceux décrits antérieurement (¹).

Le courant de sortie d'un multiplicateur à 19 étages peut se mesurer directement au moyen d'un galvanomètre G (²). Le bruit de fond (effet Schottky) se superpose au courant moyen. La valeur quadratique moyenne des fluctuations correspondantes d'un récepteur théorique idéal est connue (¹). Nous proposons pour la détermination de la valeur quadratique moyenne des fluctuations réellement observées, le montage suivant (*fig.* 1).

(¹) Mme Lefebvre, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 653.
(²) Humphrey et Badger, *Journal of chemical physics*, 15, 1947, p. 794.
(³) Vigroux, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 272.

(¹) *J. Phys. Rad.*, 10, 1949, p. 235.
(²) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 385.

Une lentille L donne du filament F d'une lampe une image sur le miroir M du galvanomètre G. Un cache E placé contre la lentille L a une image E après réflexion dans le miroir M.

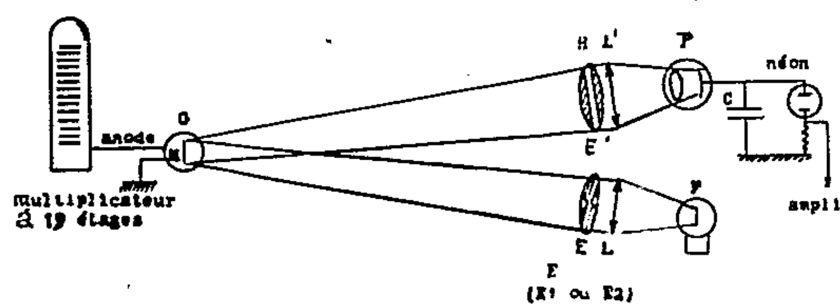


Fig. 1.

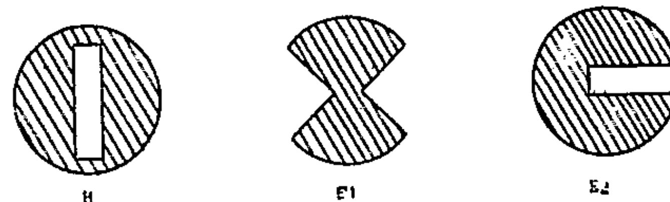


Fig. 2.

On dispose le montage pour que E et L' soient de mêmes dimensions. L'image E' se forme sur un cache H et la lentille L' donne du miroir M une image dans le plan de la cathode d'une cellule photoélectrique P. Tous les photons issus de F qui ont pu traverser les diaphragmes successifs atteignent la cellule P dont on mesure le courant au moyen d'un circuit intégrateur (condensateur C). Une lampe à néon en parallèle sur C assure la décharge du condensateur dès que sa charge atteint une certaine valeur. Un amplificateur permet d'enregistrer l'instant de cette décharge. En faisant varier la forme du cache E (*fig.* 2), on peut mesurer :

soit la valeur quadratique moyenne des fluctuations : cache E_1 ;

soit la valeur moyenne du courant anode : cache E_2.

D'autres caches permettraient d'introduire d'autres fonctions des fluctuations.

Nous donnons (*fig.* 3) l'aspect de la position des images E'_1 et E'_2 devant le cache H pour le courant moyen (figures supérieures) et pour une fluctuation de valeur Δi (figures inférieures).

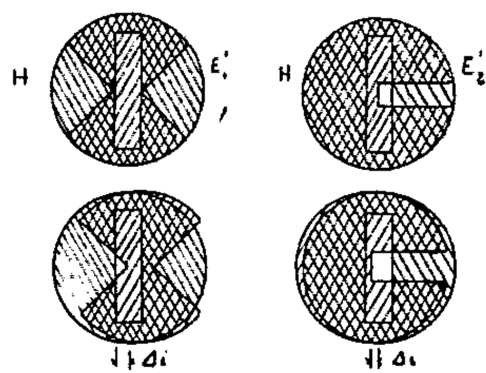


Fig. 3.

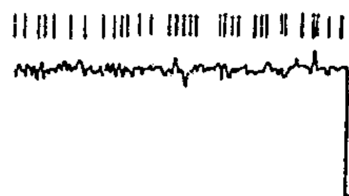


Fig. 4.

Avec le cache E_1, une fluctuation Δi laisse rentrer sur la cellule P une plage uniformément éclairée de surface proportionnelle à l'aire du triangle, c'est-à-dire à $\overline{\Delta i}^2$. Le flux reçu pendant un temps t varie comme l'intégrale $\int_0^t \overline{\Delta i}^2 dt$.

Dès que cette intégrale aura atteint une valeur déterminée par les caractéristiques du montage (brillance de F, dimensions des caches, constantes

de G, sensibilité de P et tension d'allumage et d'extinction de la lampe à néon) il y aura inscription d'un top. Un étalonnage préalable de l'appareil a été effectué en faisant passer dans G des courants constants connus.

Nous donnons (*fig.* 4) une reproduction d'un enregistrement où figure aussi l'enregistrement direct de la déviation du galvanomètre, c'est-à-dire le courant anode avec ses fluctuations. Il y a concordance entre les faibles fluctuations et le nombre de tops par unité de temps.

Avec le cache E_2, le triangle de « surface libre » est remplacé par un rectangle dont un côté a une dimension fixe pendant que l'autre varie proportionnellement à Δi. On voit immédiatement que le cache E_2 permet de déterminer la valeur de l'intégrale $\int_0^t \Delta i\,dt$ à une constante près, car la valeur moyenne du courant anode n'est pas déterminée à partir du courant seul, mais à partir d'un niveau i_m inférieur au niveau minimum du courant anode $i+\Delta i$.

Résultats numériques. — Le galvanomètre G a une sensibilité de 10^{-10} A/mm à 1 m et une bande passante de 0,4 Hz. Le tableau suivant donne la comparaison entre :

la valeur théorique de la fluctuation quadratique moyenne calculée par la formule donnée dans (¹) et la valeur mesurée.

On donne également la valeur moyenne de la multiplication totale et la valeur du courant moyen anode.

Multiplication en 10^6.	Valeurs de $\sqrt{\overline{\Delta i^2}}$ en 10^{-10} A. Théoriques.	Mesurées.	Observations.
7,2......	0,5	0,9	courant d'obscurité $i = 1,7.10^{-9}$ A
15,5......	0,9	1,2	» $i = 2,9.10^{-9}$
22,5......	1,3	1,5	» $i = 3,7.10^{-9}$
34,5......	1,8	2,2	» $i = 5,3.10^{-9}$
22,5......	2,2	2,5	cathode éclairée 10^{-8} A
22,5......	8,0	11,0	courant total $1,5.10^{-7}$ A

On constate que le photomultiplicateur étudié n'est pas loin du récepteur théorique idéal.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Compteur à étincelles pour le dépistage des contaminations α et le dosage des neutrons thermiques.* Note (*) de M. **Pierre Savel**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'auteur décrit un compteur à étincelles du type Rosemblum et indique deux applications intéressantes pour la protection du personnel utilisant des radioéléments émetteurs α ou des sources de neutrons.

(*) Séance du 23 juin 1952.

En vue de déceler la contamination des laboratoires où se manipulent des radioéléments émetteurs α, nous avons entrepris la construction d'un compteur à étincelles du type Rosemblum ([1]) en y apportant certaines modifications.

Un compteur à un seul fil ayant donné de bons résultats, nous avons pensé augmenter son efficacité en multipliant le nombre des fils; après différents essais nous avons établi un modèle ([2]) (*fig.* 1) qui se compose d'un bâti en plexiglas sur lequel est fixée une plaque de laiton poli de 4×4 cm; au-dessus de cette plaque et à 1,5 mm sont tendus 20 fils de tungstène de 0,1 mm de diamètre. Une tension continue de 4 000 V est appliquée entre les fils et la plaque de laiton, le passage d'une particule fortement ionisante (α) au voisinage du fil provoque une étincelle. L'impulsion ainsi produite est transmise à la grille d'une lampe de puissance fortement polarisée. Dans le circuit plaque de cette lampe se trouve un totalisateur mécanique de type courant (*fig.* 2).

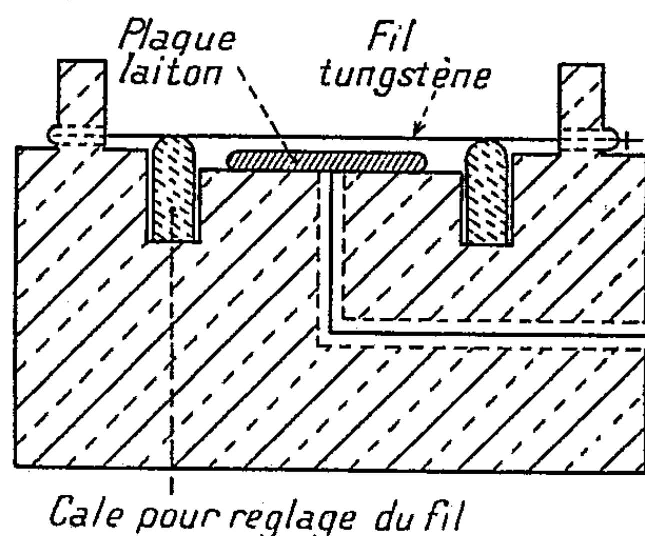


Fig. 1.

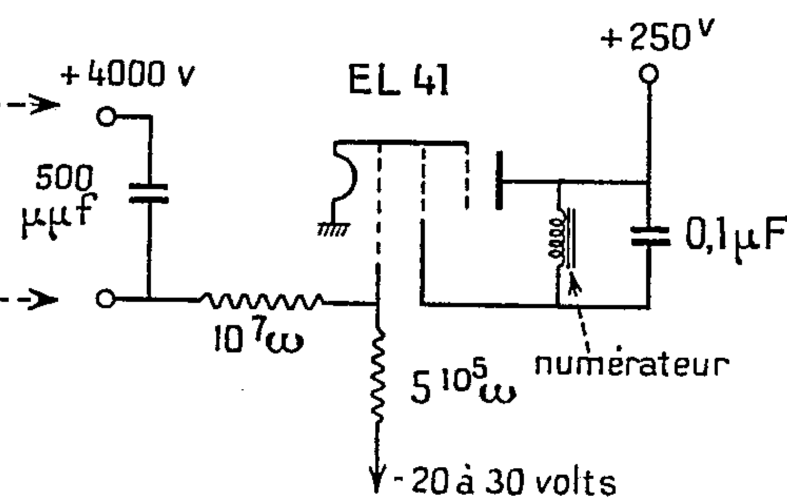


Fig. 2.

Pour un taux de comptage voisin de 100 par minute on obtient un palier de 300 à 400 V ; dans ces conditions on a pu utiliser pour la tension de 4 000 V un oscillateur HF analogue à celui que l'on trouve dans les récepteurs de télévision, sa stabilité est suffisante pour ce type d'appareil et l'on a même pu employer une seule alimentation pour l'amplificateur et la haute tension.

L'efficacité du compteur pour les rayons α a été déterminée en disposant au-dessus des fils, et à une distance variant de 5 à 15 mm, soit une plaque de nickel sur laquelle on avait déposé électrolytiquement 0,3 mg/cm² d'uranium, soit une plaque d'uranium métallique. Dans les deux cas on a trouvé que 1 impulsion/minute correspondait au passage de 10 ± 1.5 rayons α par minute dans le compteur; la dose de tolérance actuellement admise pour une surface égale à celle du compteur étant de 20 rayons α/mn on ne devra donc pas observer

([1]) CHANG et ROSEMBLUM, *Phys. Rev.*, 67, 1945, p. 222.

([2]) Notre compteur était en fonctionnement lorsqu'a paru la Note de R. D. CONNOR, *J. Sc. Instr.*, 29, 1952, p. 12, décrivant un appareil similaire.

plus de 2 décharges/m pour respecter les règles de sécurité. Le mouvement propre au laboratoire est de 4 impulsions/h.

Dosage des neutrons thermiques. — Un problème important pour la protection du personnel travaillant avec des sources de neutrons, ou près des piles à uranium, des cyclotrons ou autres accélérateurs de particules, est celui de connaître la dose neutronique en présence d'un rayonnement quelquefois très intense des photons. Des appareils existent, mais sont en général compliqués et presque toujours sensibles au rayonnement γ; le compteur que nous venons de décrire étant uniquement sensible aux rayons α, nous avons pensé utliser cette propriété pour le dosage des neutrons lents.

En effet, si nous plaçons à quelques millimètres au-dessus des fils un écran de bore ordinaire, le passage de neutrons lents dans cet écran va provoquer la création de rayons α qui pourront être comptés : nous avons pu augmenter l'efficacité de ce système par un facteur 8 en déposant une couche mince de bore sur la plaque de laiton du compteur.

Pour l'étalonnage, le compteur est fixé au centre d'un bloc de paraffine de 20 cm de côté, la source de neutrons (500 mg RaBe) était située à 30 cm de ce bloc; dans ces conditions le flux de neutrons lents traversant le compteur, mesuré avec un détecteur de Mn étalonné, et avec une chambre de bore spéciale, est de 600 ± 30 neutrons/cm²/s et l'on compte 98 ± 5 impulsions/mn; 1 impulsion/mn du compteur de surface 16 cm² correspond au passage de 6 neutrons/cm²/s. La dose de tolérance actuellement admise pour la sécurité du personnel étant de 1 250 neutrons/cm²/s elle correspond à 200 impulsions/mn du compteur. Il est donc facile de mesurer en quelques minutes des doses voisines du 1/100 de la dose de tolérance.

Remarque. — Certaines réactions (n, α) provoquées par les neutrons lents conduisent à la création d'un isotope stable difficile à mettre en évidence, car la section efficace est très faible. D'après le rendement de notre compteur on peut calculer qu'en utilisant un flux de neutrons lents issu de la pile Zoé de 5.10^{-8} neutrons/cm²/s, il est possible de déceler rapidement une réaction (n, α) dont la section efficace est voisine de 10^{-29} cm². Par exemple la réaction $^{64}Zn(n, \alpha)^{61}Ni$ mise en évidence par Mme Faraggi et M. Bernas [3] dont la section efficace a été trouvée voisine de $1,5.10^{-29}$ cm² donnerait environ 1,5 à 2 impulsions/mn.

Bien que cette méthode ne permette pas de mesurer l'énergie des particules α émises au cours de ces réactions, son application facile et rapide permettrait de sélectionner les cas intéressants et de gagner un temps considérable.

---

(3) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1684.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la désintégration* β^- *de* $^{80}_{35}Br$. Note (*) de Mme **Jeanne Laberrigue-Frolow**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Au cours d'un travail fait précédemment (1), le spectre β^- de $^{80}_{35}Br$ obtenu à l'aide d'un spectrographe magnétique à focalisation à 180°, avait été analysé suivant la méthode de Fermi. Cette analyse mettait en évidence la complexité du spectre β^-.

Les études du $^{80}_{35}Br$ faites jusqu'alors au spectrographe (2), (3), (4) ne signalaient pas cette complexité, alors que Bleuler et Zunti (5), analysant la courbe d'absorption des β^-, l'affirmaient.

C'est pourquoi, afin d'éliminer l'hypothèse d'une déformation du spectre due au spectrographe utilisé, j'ai repris avec des sources de même nature que précédemment (1), l'étude du spectre β^- de $^{80}_{35}Br$ à l'aide d'un spectrographe à lentille magnétique épaisse, muni d'un diaphragme hélicoïdal éliminant les β^+ et dans lequel la diffusion ne déformait pas le spectre de plus de 1 %. Les spectres β^- obtenus sont reproduits sur la figure 1; les $E_{\beta_{max}}$ sont voisins : $(2,11 \pm 0,01)$ MeV pour le spectrographe à focalisation à 180°; $(1,99 \pm 0,01)$ MeV pour le spectrographe à lentille magnétique.

Les spectres coïncident jusqu'à 4500 H_ρ; au-dessus de cette valeur, le spectre obtenu avec le spectrographe à focalisation à 180° se place nettement au-dessus de l'autre. Cependant dans les deux cas, la décomposition de Fermi indique l'existence d'au moins deux spectres, le second ayant une limite supérieure d'énergie $E_{\beta_2 max} = 1.1$ MeV. Les intensités relatives étant 85 % pour le premier spectre et 15 % pour le second (*fig.* 1).

Les produits *ft* se rapportant à ces deux spectres sont 4.10^5 et $1,8.10^4$: ils indiquent des transitions permises.

Ceci suggère l'hypothèse d'un niveau excité, situé à 1 MeV environ au-dessus du niveau fondamental dans $^{80}_{36}Kr$ (*fig.* 2).

Aucune raie d'électrons de conversion n'ayant été observée lors de l'étude du spectre β^-, j'ai recherché les γ qui pourraient accompagner la désintégration β^- de $^{80}_{35}Br$.

Les sources utilisées contenaient $^{80}_{35}Br + ^{82}_{35}Br$. $^{82}_{35}Br$ émet huit raies γ (6), ce qui rendait délicate l'étude du rayonnement γ de $^{80}_{35}Br$.

(*) Séance du 23 juin 1952.

(1) J. Laberrigue-Frolow, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1201.

(2) Alichanov, Alichanian Djelepov, *Physikalishe Zeitschrift der Soviet Union*, 1936, p. 10-78.

(3) Djelepov, Antoneva et Chestapolova, *D. A. N.-U. R. S. S.*, 64, n° 3, 1949.

(4) Lidofsky, Macklin et Wu, *Phys. Rev.*, 78, 1950, p. 318 A.

(5) *Helvet. Phys. Acta*, 19, 1946, p. 375.

(6) P. Hubert et Laberrigue, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2420.

Des recherches ont été effectuées à l'aide d'un spectrographe à lentille dans la région voisine et supérieure à 1 MeV. Aucun γ dû à ${}^{80}_{35}Br$ n'a été décelé dans ce domaine d'énergie.

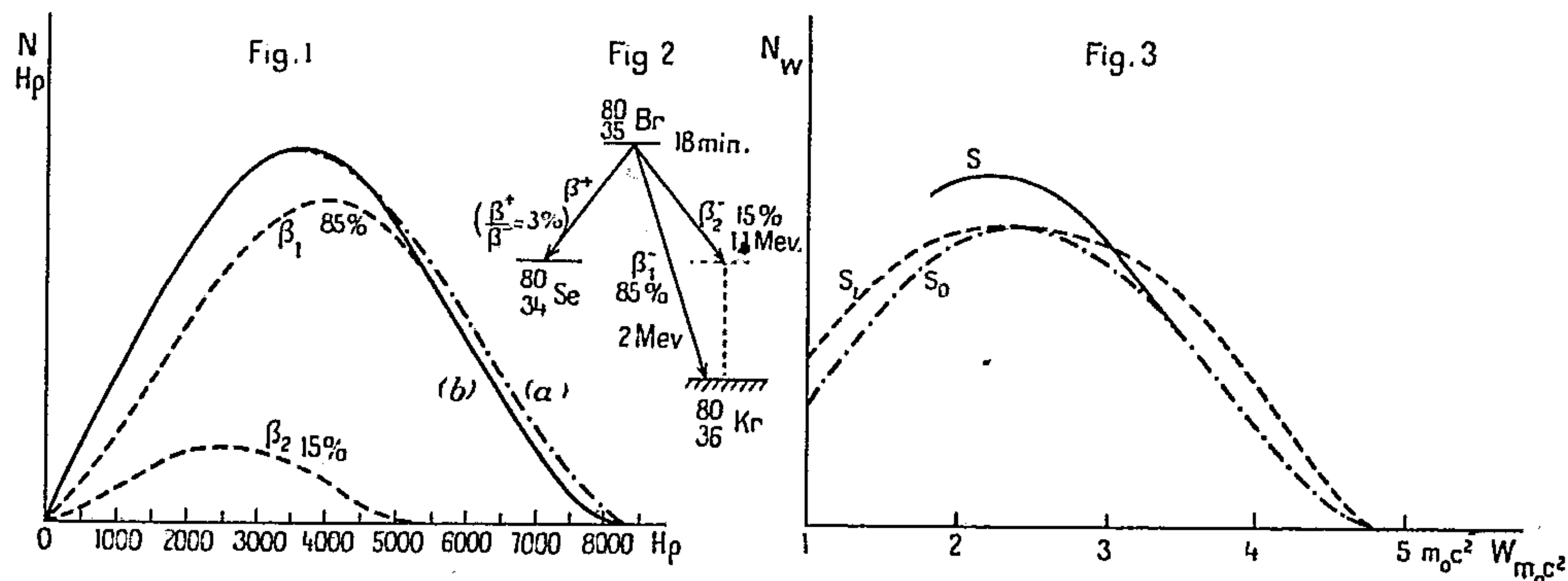


Fig. 1. — Spectre β^- de ${}^{80}_{35}Br$. (*a*) : obtenu avec un spectrographe à focalisation à 180°. (*b*) : obtenu avec un spectrographe à lentille magnétique.

Fig. 2. — Schéma de niveau du ${}^{80}_{36}Kr$.

Fig. 3. — Formes du spectre β^- de ${}^{80}_{35}Br$.
S_0 : permise ($\Delta J = 1$, non); S_1 : interdite d'ordre 1 ($\Delta J = 2$, oui); S : expérimentale.

Par absorption des électrons secondaires et avec une source de ${}^{80}_{35}Br$ (18 mn) obtenue par la méthode de séparation physique des isomères nucléaires (inutilisable pour les autres expériences en raison de la grande quantité de matière), on obtient une courbe d'absorption correspondant à des γ de 0,51 MeV. Une estimation de leur proportion, faite par comparaison avec une source de ${}^{64}_{29}Cu$ permet de les identifier aux γ d'annihilation des β^+ émis par ${}^{80}_{35}Br$.

Des mesures de coïncidences ont également été effectuées :

1° avec le spectrographe à lentille magnétique et des compteurs γ : aucune coïncidence due à ${}^{80}_{35}Br$ n'a été observée;

2° avec un compteur β cloche et un compteur γ toroïdal du type indiqué par Siegbahn ([7]) et construit par nous. Les coïncidences β-γ observées avec une source de ${}^{80}_{35}Br + {}^{82}_{35}Br$ ont été étudiées : leur période indique qu'elles sont toutes dues à ${}^{82}_{35}Br$ (35 h).

Les résultats obtenus montrent donc une contradiction entre la décomposition de Fermi du spectre β^- et l'inexistence d'électrons de conversion ou de γ accompagnant la désintégration β^- de ${}^{80}_{35}Br$.

D'après les produits *ft*, la transition β^- est permise. D'autre part, $\Delta J = 1$, mais on ne sait rien sur le changement de parité.

Le spectre expérimental a été comparé aux spectres théoriques : S_0 permis ($\Delta J = 0, 1$ non) et S_1, ($\Delta J = 2$, oui) interdit du premier ordre (*fig.* 3). Des

([7]) Siegbahn et Slatis, *Ark. Mat. Assr. Fys.*, 36 A, 1948, p. 22.

calculs ont été également faits, dans le cas de l'interaction T pour voir s'il pourrait y avoir changement de parité avec $\Delta J = 1$.

Les résultats de ces comparaisons semblent prouver que le spectre β^-, coïncidant avec S_0 jusqu'à 1,1 MeV, a bien une forme permise et est complexe. La seule explication possible paraît alors être, si l'on admet la décomposition de Fermi, une interdiction totale de la transition γ dans $^{80}_{36}Kr$, à moins d'admettre un mélange d'interactions, qu'il reste à déterminer et tel que la forme du spectre β^- soit notablement déformée, dans le cas $\Delta J = 1$, oui.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Coefficients d'autodiffusion de* Cl^- *dans les monocristaux de* ClNa. Note (*) de M. **Marius Chemla**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Le coefficient de diffusion de l'ion $^{36}Cl^-$ dans des monocristaux de ClNa a été mesuré à des températures comprises entre 650 et 760°C. L'énergie d'activation trouvée est égale à 2,70 eV.

Poursuivant des études de migrations d'ions radioactifs dans le ClNa solide, nous nous sommes proposé de mesurer les coefficients de diffusion de Cl^-; d'une part, pour les comparer à ceux de ^{32}P et ^{35}S précédemment étudiés (1) et, d'autre part, pour évaluer la contribution de cet ion à la conductivité du cristal. Dans ces expériences, la diffusion est suivie à l'aide de l'isotope radioactif ^{36}Cl dont la répartition est déterminée par la méthode déjà décrite.

Les couches minces de Cl*Na sont déposées sur les lames monocristallines de ClNa (1,1 × 1,1 × 0,25 cm) par échange isotopique ; pour cela le cristal inactif, mis en contact avec une source de sel radioactif dans un tube de verre scellé sous vide, est porté à 660° C. Il se produit alors, par l'intermédiaire de la phase vapeur, un échange d'atomes entre les deux surfaces en présence : ainsi au bout de 10 mn, 85 % de l'activité initiale s'est déposée sur le ClNa en une couche d'épaisseur inférieure à 2/100 de millimètre.

Les échantillons ainsi préparés, enfermés dans des tubes scellés sous vide, sont introduits dans un four électrique porté à des températures comprises entre 650 et 760° C, et y sont maintenus pendant des temps variables (17 h à 760° C et 136 h à 650° C); dans ces conditions la pénétration de l'activité est de l'ordre de 0,5 mm. Les cristaux sont ensuite retirés du four et après clivage des bords ils sont découpés au microtome; les mesures d'activité portent sur des couches de 90 μ (45 dans le cas de faibles pénétrations); elles sont effectuées au moyen d'un compteur cloche à fenêtre mince (1,72 mg/cm²) et conduisent à des courbes de répartition analogues à celle de la figure 1. Le coefficient de

(*) Séance du 23 juin 1952.

(1) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 2064.

diffusion D est calculé en portant le logarithme de l'activité des tranches (Log a) en fonction du carré x^2 de leur distance à la surface (*fig.* 2); la droite obtenue a une pente égale à $-1/4\,Dt$.

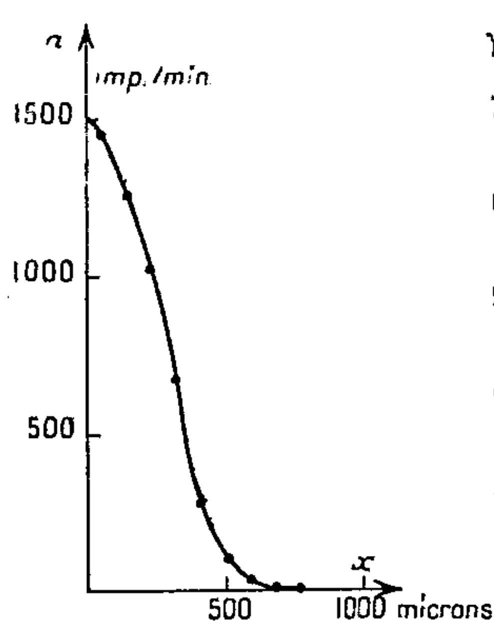


Fig. 1.

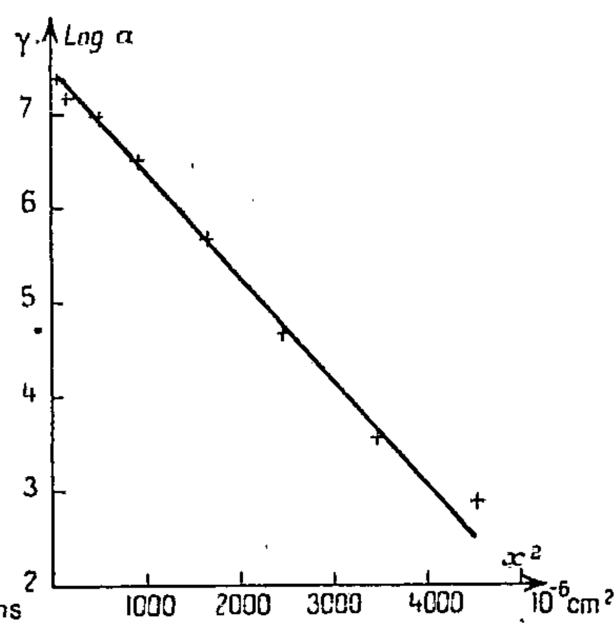


Fig. 2.

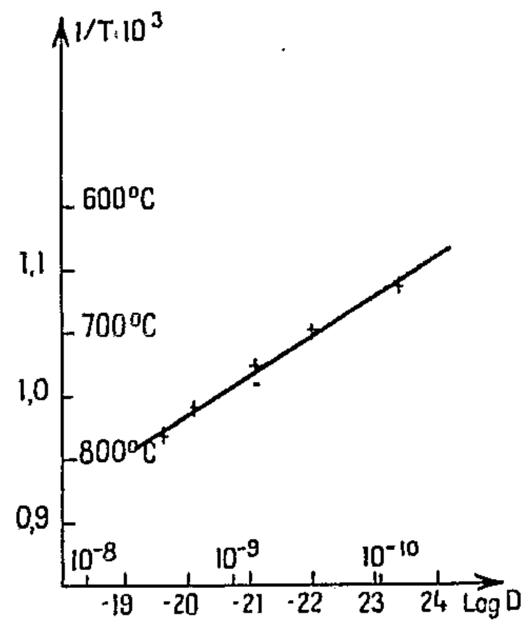


Fig. 3.

Fig. 1. — Répartition du $^{36}Cl^-$ après diffusion 96 h à 703°C.
Fig. 2. — Détermination du coefficient de diffusion.
Fig. 3. — Variation de Log D en fonction de 1/T.

Les valeurs de D ainsi déterminées sont rassemblées dans le tableau, elles sont environ 100 fois plus faibles que celles trouvées pour ^{32}P et ^{35}S, ce qui montre, à nouveau, que la constante d'autodiffusion est bien inférieure au coefficient de diffusion de tout ion étranger.

Coefficients de diffusion de $^{36}Cl^-$.

Température °C......	650	681	703	735	762
D (cm².s⁻¹)........	$7{,}25.10^{-11}$	$2{,}84.10^{-10}$	$6{,}76.10^{-10}$	$1{,}67.10^{-9}$	$2{,}52.10^{-9}$

Sur la figure 3 on a construit la droite représentant Log D en fonction de 1/T; elle permet le calcul de l'énergie d'activation que nous avons trouvée égale à 2,70 eV et qui diffère notablement de la valeur (1,49 eV) calculée approximativement par Mott et Littleton [2].

Enfin on constate que les coefficients de diffusion de Cl^- sont environ cinq fois plus faibles que ceux de Na^+ [donnés par Mapother [3]], ce qui confirme les expériences de Tubandt [4] et montre bien que dans ClNa la conductivité anionique est négligeable.

(2) *Trans. Farad. Soc.*, 34, 1938, p. 485.
(3) *J. Chem. Phys.*, 18, 1950, p. 1231.
(4) *Z. Anorg. Chem.*, 197, 1931, p. 225.

ANALYSE CHIMIQUE. — *Chromatographie de partage des substances liposolubles.* Note de MM. **Joseph Spiteri** et **Giacomo Nunez**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La chromatographie de partage sur papier et sur colonne ne peut être appliquée aux substances insolubles dans l'eau. Il ne peut y avoir partage car le solvant organique constituant la phase mobile aura un pouvoir dissolvant considérablement plus grand que la phase aqueuse stationnaire. En remplaçant la phase aqueuse par un solvant des substances insolubles dans l'eau, la chromatographie de partage devient possible. Ce solvant stationnaire doit évidemment être insoluble ou peu soluble dans la phase mobile.

En utilisant comme phase mobile les alcools méthylique, éthylique et propylique à diverses concentrations et, comme phases stationnaires, les triglycérides, le chloronaphtalène, le bromonaphtalène, etc., nous sommes arrivés à réaliser la chromatographie de partage des groupes de substances suivants : acides gras supérieurs, chlorophylles et caroténoïdes, vitamines liposolubles.

Actuellement, nous étudions l'extension de la méthode aux stérols, terpènes, alcools supérieurs, hydrocarbures, etc.

Pour réaliser la chromatographie de partage sur papier des acides gras supérieurs, nous avons utilisé comme phase solvante stationnaire : les triglycérides de l'huile d'olive, la trioléine, la tristéarine, le monochloronaphtalène α et comme phase solvante mobile : l'alcool méthylique, l'alcool éthylique et l'alcool propylique.

Le solvant constituant la phase stationnaire est débarrassé des impuretés par lavage à l'aide du solvant constituant la phase mobile. Une quantité, variable suivant les cas, de la phase fixe est dissoute dans une quantité déterminée de toluène. Le papier trempé dans la solution ainsi obtenue est égoutté et séché. Il se trouve imprégné d'une quantité déterminée de phase fixe.

Le développement a lieu d'une manière normale.

La révélation des spots se fait à l'aide de l'hydrate d'argent ammoniacal fraîchement préparé. Les feuilles sont trempées une à deux minutes dans la solution ammoniacale d'hydrate d'argent, lavées abondamment à l'eau distillée. L'argent fixé par les acides gras est transformé en chlorure par une solution aqueuse légèrement chlorhydrique. On révèle, enfin, les spots en noir sur fond gris en trempant les feuilles dans une solution diluée de sulfure d'ammonium.

En faisant varier la concentration de la phase stationnaire, d'une part,

et la richesse alcoolique de la phase mobile, d'autre part, on a toute une gamme de séparations possibles.

Nous donnons, à titre d'exemple, les résultats que nous avons obtenus avec cinq acides gras : les acides laurique, myristique, oléique, palmitique et stéarique. La phase fixe étant le mélange de glycérides de l'huile d'olive (15 cm^3 d'huile pour 100 ml de toluène), les Rf observés furent les suivants pour diverses concentrations en alcool éthylique :

	Laurique.	Myristique[1].	Oléique.	Palmitique.	Stéarique.
Alcool à 80°.........	0,65	0,26 à 0,48	0,35	0,10	0,00
» 85°.........	0,73	0,30 à 0,50	0,46	0,28	0,24
» 90°.........	0,86	0,77 à 0,92	0,56	0,55	0,30
» 95°.........	0,93	0,85 à 0,95	0,82	–	–

On peut tracer des courbes de séparation pour chaque concentration en phase fixe et pour chaque concentration en alcool.

Ces courbes indiquent la solution à adopter dans chaque cas particulier. Avec des acides plus lourds, il faut accroître le titre alcoolique du solvant mobile ou abaisser la teneur du papier en phase fixe. Remarquons de plus que l'alcool propylique est plus efficace que l'alcool éthylique et que le méthanol est le moins efficace des trois.

Conclusions. — La chromatographie des substances liposolubles est possible si l'on utilise un papier imprégné de substances dans lesquelles elles sont solubles. Nous avons réalisé la séparation des acides gras supérieurs par chromatographie de partage sur papier en nous inspirant de ce principe.

CHIMIE MINÉRALE. — *Complexes de cobalt et d'arginine.* Note de Mlle **Jeanne Brigando**, présentée par M. Paul Pascal.

Deux complexes ont été préparés de formules :



$$\left[\mathrm{Co}\begin{matrix}4\ \text{arginines}\\ 2\ H_2O\end{matrix}\right]Cl_3 \quad (\mathrm{I}) \qquad \text{et} \qquad \left[\mathrm{Co}\begin{matrix}3\ \text{arginines}\\ 2\ H_2O\\ OH\end{matrix}\right]Cl_2 \quad (\mathrm{II})$$

L'arginine est un acide aminé de basicité voisine de celle de l'ammoniaque. Sa courbe de titrage potentiométrique (C_M 1/100) par un acide fort est comparable à celle d'une solution d'ammoniaque à la même concentration. Les constantes de dissociation pK'_1 : 2,17 (COOH), pK'_2 : 9,04 (NH_3^+), pK'_3 : 12,48

(1) L'acide myristique « pur » essayé donne quatre spots de Rf différents. Il semble donc que nous nous trouvions en présence d'un échantillon très impur. Néanmoins, les Rf des quatre spots ne correspondent pas à ceux des autres acides gras étudiés.

(guanidine) indiquent d'ailleurs que le groupe guanidique est peu dissocié (1). Les différentes fonctions chimiques de l'arginine m'ont incitée à l'associer en complexe avec le cobalt et à déterminer sa coordinence. J'ai eu recours à deux techniques employées pour la préparation des cobaltihexammines :

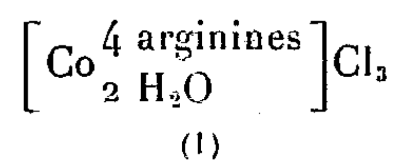
1° Oxydation par passage d'air d'un mélange $CoCl_2$ et arginine en présence de chlorhydrate d'arginine et de charbon actif;

2° Action de l'arginine sur le chlorure de CoIII chloropentammine au bain-marie à 100°.

Les proportions des substances sont dans le premier cas : 1 M chlorure cobalteux, 2,5 M arginine, 5 M chlorhydrate d'arginine et dans le deuxième cas : 1 M de sel purpuréo, 3,5 M arginine. Les solutions sont précipitées par l'alcool. Les composés isolés, très hygroscopiques ne peuvent pas être cristallisés dans l'eau; il est nécessaire d'effectuer plusieurs précipitations. Le cobalt est à l'état trivalent. Une solution (C_M 1/100) de chaque produit est altérée par un volume égal de soude N, il se forme un précipité brun de sesquioxyde de cobalt. Ces corps résistent à l'action des acides. Les mêmes solutions (C_M 1/100) ne paraissent pas modifiées par l'addition d'un même volume d'HCl concentré.

Les éléments Co, C, H, N, Cl sont dosés. Le chlore est déterminé électrométriquement à froid et également après destruction de la matière organique. Les résultats identiques par les deux méthodes et pour les deux complexes permettent de présumer que le chlore n'est pas dissimulé. Les résultats analytiques sont : Complexe I (première technique) 1 Co, 4 arginines, 3 Cl, $2H_2O$. Complexe II (deuxième technique) 1 Co, 3 arginines, 2 Cl, OH, $2H_2O$. J'ai essayé de déterminer la formule de constitution de ces corps.

Complexe I. — Afin de préciser si l'eau fait partie de l'ion complexe, j'ai appliqué la méthode proposée par P. Job (2). Cet auteur a indiqué que les complexes qui contiennent de l'eau de constitution ont la propriété de s'hydrolyser facilement. L'addition d'une base favorise cette réaction qui se poursuit jusqu'à la transformation complète et qui peut être suivie par des mesures de conductibilité. La conductibilité d'une solution (prise d'essai M/10 000) est déterminée en fonction du nombre de centimètres cubes de soude N/10 ajoutés. La courbe de neutralisation débute par un palier qui caractérise deux fonctions acides pour 1 M de complexe. Ce résultat, joint à ceux relatifs aux dosages de Cl, m'autorise à assigner au complexe le schéma suivant qui satisfait à la systématique de Werner



$$\left[Co\begin{matrix}4\ \text{arginines}\\ 2\ H_2O\end{matrix}\right]Cl_3$$

(I)

L'arginine aurait la coordinence 1.

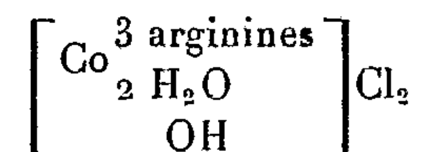
---

(1) SCHMIDT, APPLEMAN et KERK, *J. Biol. Chim.*, 81, 1929, p. 249.

(2) *Recherches sur quelques cobaltammines. Thèse*, Lyon, 1921, p. 35.

Le produit est une poudre rose, très soluble dans l'eau. Il est stable à l'étuve à 118° et se décompose vers 200° sur bloc Mecker. Bien que la courbe de titrage ne soit pas celle d'une base faible, la solution a une réaction alcaline ($pH = 8,8\ C_M\ 1/500$).

Complexe II. — Une solution à la concentration M/500 a un pH 9,2. Ce corps est une base faible. La neutralisation, effectuée par $SO_4H_2N/10$, est suivie par la méthode des conductibilités. Le palier du début de la courbe traduit une fonction basique faible. Cette dernière peut être attribuée au groupe OH indiqué d'autre part par le résultat analytique. L'eau est dosée par gravimétrie automatique ([3]). Par la technique déjà mentionnée ([2]), j'ai recherché si l'eau est dissimulée; la courbe de conductibilité, établie en fonction de la quantité de soude ajoutée, présente le palier dû à la substitution des ions hydroxyles à l'eau associée en complexe. Le complexe correspondrait au schéma :



$$\left[Co \begin{matrix} 3\ \text{arginines} \\ 2\ H_2O \\ OH \end{matrix} \right] Cl_2$$

L'arginine aurait la coordinence 1.

Le produit est une poudre rouge violacé, très soluble dans l'eau. Il est plus hygroscopique que le précédent. Il ne paraît pas s'altérer à l'étuve à 118°, mais commence à se décomposer vers 210° sur bloc Méker. Ce résultat confirme celui de la gravimétrie automatique

Spectres d'absorption ([4]). — (I) a deux bandes d'absorption, l'une dans le visible, l'autre dans l'ultra violet; les maxima se trouvent respectivement vers 5200 Å et 3720 Å. (II) a un spectre différent; la courbe d'absorption indique une bande d'absorption dans le visible avec un maximum situé vers 5240 Å et, d'autre part, une inflexion dans l'ultraviolet vers 3600 Å.

CHIMIE MINÉRALE. — *Les réactions du germanium.*

Note de M. **Pierre Bevillard**, présentée par M. Paul Pascal.

Le pH d'une solution d'oxyde de germanium s'abaisse d'une façon remarquable en présence des orthodiphénols.

Pour assurer la neutralisation d'une solution d'oxyde de germanium en excès, il faut une quantité de soude proportionnelle à la quantité d'orthodiphénol introduite; à deux molécules de soude correspondent trois molécules d'orthodiphénol.

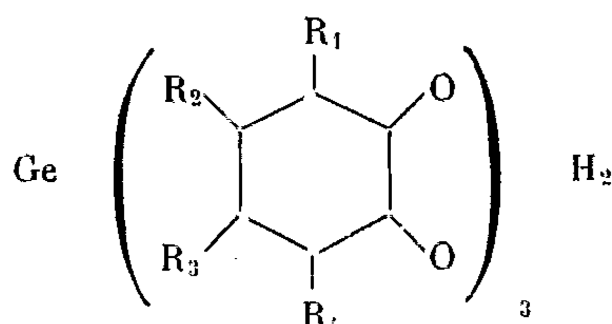
En présence d'un excès d'orthodiphénol, la quantité de soude nécessaire à la neutralisation est proportionnelle à la quantité d'oxyde de

([3]) Cl. Duval *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1824.

([4]) Déterminations effectuées avec la collaboration technique de Mme M. Morel.

germanium présente; à un atome de germanium correspondent deux molécules de soude.

Ces faits expérimentaux laissent prévoir l'existence de composés du type germanium-orthodiphénol qu'il convient de représenter par la formule



que nous appellerons acides germanidiphénoliques.

Cette réaction très générale a été étudiée avec les phénols suivants : Pyrocatéchol-pyrogallol-hydroxyhydroquinone-dihydroxynaphtalènes (1), (2) et (2), (3).

Dérivés des acides germaniphénoliques. — Les sels d'ammonium, de pyridine, de quinoléine ont été isolés et analysés. Il existe aussi des combinaisons insolubles rouges obtenues avec la phénanthroline ferreuse. Ce sont encore des sels, la phénanthroline ferreuse·jouant le rôle d'alcali. Il semble exister des dérivés analogues dans lesquels le zinc remplace le fer.

L'existence de telles molécules permet un dosage commode du germanium et des orthodiphénols. Pour doser le germanium, on procédera volumétriquement, par neutralisation, en présence d'un excès de pyrocatéchol et d'un indicateur dont le virage se situe autour de pH 6. On pourra également déterminer la courbe de pH.

Les méthodes conductimétriques donnent des résultats moins satisfaisants.

Les acides germaniphénoliques étant suffisamment forts, on pourra titrer l'iode libéré par le mélange iodure-iodate en leur présence.

Pour doser les orthodiphénols, on opérera en présence d'un excès de solution d'oxyde de germanium, on titrera l'acidité par la soude avec le pourpre de bromocrésol pour indicateur. On doit remarquer que les réactifs du germanium étudiés dans des Notes précédentes présentent une fonction orthodiphénol, susceptible d'engendrer des acides germaniphénoliques qui, s'ils ne constituent pas les termes finaux de la réaction, en sont probablement des modifications simples et de structure globale analogue.

On doit enfin modifier les rapprochements établis dans la dernière Note (4) à la lumière des constatations suivantes : les quinones non benzé-

---

(1) TCHAKIRIAN-BEVILLARD, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 256.

(2) *Loc. cit.*, p. 1033.

(3) *Loc. cit.*, p. 1112.

(4) *Loc. cit.*, 234, 1952, p. 216.

niques ne déterminent pas de précipitations colorées en présence des orthodiphénols et de germanium et les quinones benzéniques halogénées fournissent des précipités ne contenant pas d'halogènes. Il s'agit donc dans ce cas d'une réaction d'oxydation qui, par ailleurs, n'est peut-être pas sans relations avec les réactions des *o*-diphénols transposables.

Les fonctions quinone-imine, susceptibles de remplacer les quinones dans la réaction précédente, fourniraient, en fait, des composés différents; elles donneraient, grâce à leur caractère basique, les sels des acides germaniphénoliques.

Signalons enfin que l'hydroxy-4-azobenzène-sulfoné-4′ ne réagit en présence du germanium qu'en raison de faibles quantités d'acide diazobenzène sulfoné qu'il retient, et que ce dernier doit être substitué au précédent dans la formule du réactif des orthodiphénols.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur une préparation directe du monocarbure de tungstène,* CW, *à partir du wolfram.* Note de MM. **André Chrétien, William Freundlich** et **François-André Josien**, présentée par M. Louis Hackspill.

Nous avons réussi à extraire le tungstène à l'état de monocarbure CW par chauffage de son minerai usuel avec du charbon, suivi d'un traitement à l'eau régale fluorhydrique. Jusqu'alors, ce carbure était obtenu par une succession d'opérations d'une conduite délicate, nécessitant une longue durée, avec de grands risques d'impuretés. La nouvelle méthode est remarquable parce que simple, rapide, et facile à conduire.

Un mélange de wolfram du Pérou, riche en manganèse (72,5 WO_3 %, 22 MnO, 2,6 SiO_3, 2,4 Fe_2O_2, 0,5 CaO-MgO), et de charbon végétal R. P., est chauffé vers 1400° pendant 1 h dans un creuset de graphite en atmosphère réductrice. On obtient au refroidissement une masse compacte dure, craquelée et dense, qui raye le verre, non adhérente au creuset. Cette masse laisse un insoluble après ébullition prolongée dans de l'acide chlorhydrique dilué, qui est un mélange des carbures CW et CW_2 avec la silice du minerai. La quasi-totalité du monocarbure CW reste insoluble après traitement par l'eau régale fluorhydrique (une partie NO_3H 40° Bé, quatre parties HF 40 %) alors que l'hémicarbure CW_2 est dissous complètement; il suffit d'agiter le produit pulvérisé et le liquide pendant 1 h à 15°.

Le monocarbure CW est ainsi susceptible d'être obtenu très pur, comme le montre l'analyse chimique; les titres trouvés pour le carbone et le tungstène correspondent bien à la formule. On trouve, en effet, 0,0660 pour le rapport C/W, au lieu de 0,0652 en théorie. Manganèse et fer sont pratiquement absents. Silice et carbone libre ne comptent chacun que pour 0,2 % au plus. Ce corps donne un bon spectre de rayons X Debye-Scherrer.

Nous avons fait une étude systématique pour déterminer l'influence des facteurs qui interviennent dans cette préparation pour obtenir un produit pur. Le rendement en monocarbure CW donne un critère très satisfaisant.

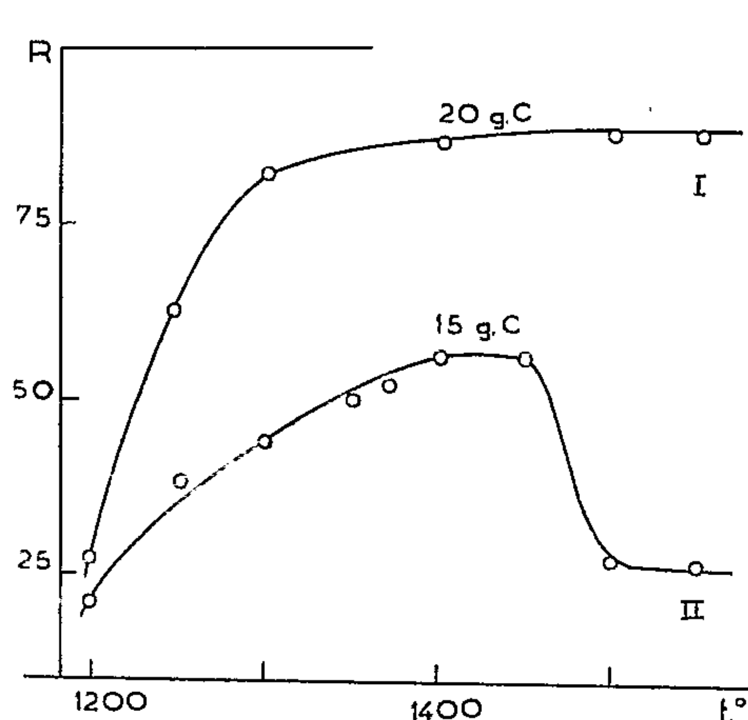


Fig. 1.

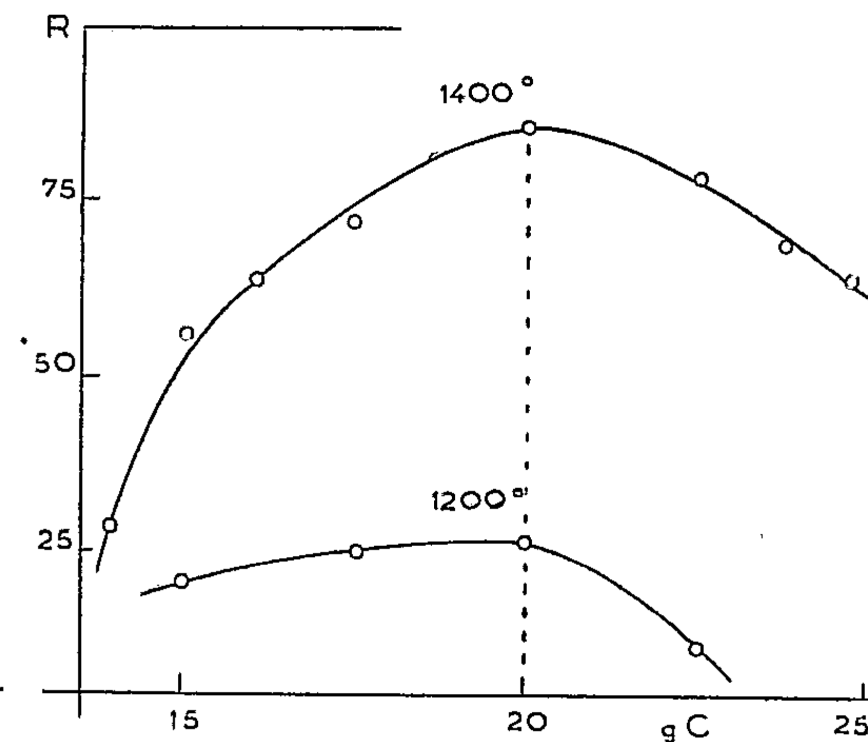


Fig. 2.

Ces facteurs sont essentiellement : la température à laquelle est portée la masse en réaction et la proportion de charbon mis en jeu. Voici les conclusions :

1° Le rendement en carbure CW s'élève toujours avec la température, jusqu'à un maximum atteint vers 1400° où il se maintient si le charbon est en quantité suffisante (*fig.* 1, courbe I), sinon il s'abaisse notablement et rapidement (courbe II).

2° A chaque température, le rendement carbure CW varie notablement avec la proportion de charbon; il s'élève, puis s'abaisse quand la proportion de charbon augmente (*fig.* 2). L'effet est d'autant plus marqué que la température est plus élevée. Un optimum en charbon se révèle, sensiblement fixe : 20 g C pour 100 g de minerai.

3° Le rendement en monocarbure s'élève fortement, pour l'optimum de charbon, de 1200 à 1300°, puis sa variation est de plus en plus faible. Il est donc pratiquement superflu de dépasser 1400° : rendement en CW, 88 % (*fig.* 1, I).

4° La chute du rendement en monocarbure à partir de 1450°, d'autant plus accentuée que la quantité de charbon est plus déficiente, s'accompagne d'une élévation de la teneur en carbure CW_2. Les spectres de rayons X le montrent nettement. Trois faits cohérents permettent d'en saisir la cause : l'insoluble laissé par l'attaque chlorhydrique contient du manganèse si la température de traitement dépasse 1450°, et le rapport C/W s'élève fortement pour atteindre 0,084, le carbure monotungstique CW mélangé à du bioxyde de manganèse se transforme partiellement en carbure ditungstique CW_2, ce qui se reflète bien sur l'attaque nitrique-fluorhydrique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Méthode de synthèse générale et propriétés des méthylène-dioxy-3.4 acétophénones disubstituées.* Note de MM. **Joseph Hoch** et **Georges Tsatsas**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Les éthers méthyléniques disubstitués de la pyrocatéchine se condensent avec l'anhydride acétique en présence de fluorure de bore en donnant des méthylène-dioxy-3.4 acétophénones disubstituées avec d'excellents rendements.

On ne connaissait jusqu'ici que des méthylène-dioxyphénylcétones de formule générale $CH_2:O_2:C_6H_3—CO—R$ obtenues par action des organomagnésiens sur le nitrile correspondant, préparé lui-même à partir du pipéronal d'origine naturelle. Il ne semble pas que l'on ait tenté de préparer ces composés par synthèse directe. En ce qui concerne ces cétones mono et disubstituées sur le carbone méthylénique, aucune d'elles n'avait encore été signalée à notre connaissance.

Ces produits pouvant avoir des propriétés olfactives intéressantes, nous avons essayé de mettre au point une méthode générale de synthèse pour les obtenir dans de bonnes conditions.

Les matières premières pour ces préparations, c'est-à-dire les éthers méthyléniques mono et disubstitués de la pyrocatéchine $(R)(R')C:O_2:C_6H_4$, sont facilement accessibles depuis les travaux de Boeseken et Slooff (C; 1.1933, p. 2091). Pour aciduler ces éther-oxydes, probablement très fragiles, nous avons préféré le fluorure de bore au Cl_3Al.

L'expérience a confirmé nos prévisions. Le pont méthylène-dioxy résiste fort bien à ce réactif et nous avons obtenu ainsi les méthylène-dioxy acétophénones avec d'excellents rendements.

Dans la présente Note nous décrirons l'acétylation des éthers méthyléniques disubstitués de la pyrocatéchine.

La méthode que nous avons mise au point est extrêmement simple.

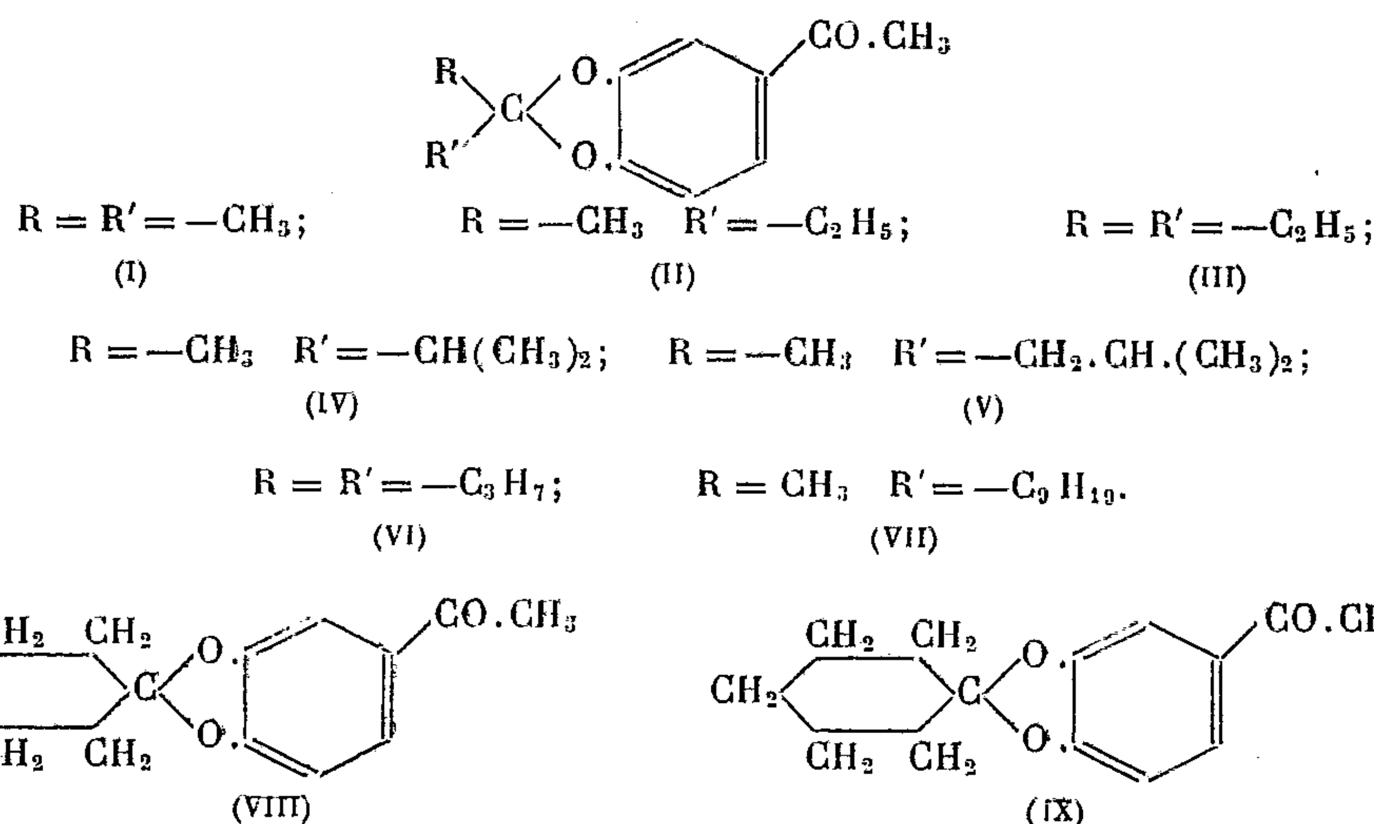
Voici comment nous avons opéré [en prenant comme exemple $(CH_3)_2C:O_2:C_6H_4$] : dans un gros tube à essai, muni d'un agitateur mécanique, d'un thermomètre intérieur, d'un tube à introduction et d'un tube de dégagement, on place le mélange de 1/10 de molécule de diméthylméthylène-dioxybenzène et 1/5 de molécule d'anhydride acétique. On refroidit le tout à — 15° et l'on fait passer dedans, en agitant mécaniquement, un lent courant de fluorure de bore jusqu'à refus, en ayant soin que la température ne dépasse pas 0°. Lorsque rien n'est plus absorbé on laisse encore en contact à froid une heure, puis on décompose le complexe avec une solution concentrée d'acétate de sodium. On épuise à l'éther, on lave les solutions éthérées réunies avec de la soude diluée, jusqu'à ce que cette dernière ne se colore plus, puis finalement à l'eau pure. Après les traitements habituels on obtient une huile qui est la cétone presque pure. On la purifie par distillation sous pression réduite. Le mélange indiqué absorbe 15 g de F_3B.

Nous avons obtenu ainsi : 1° la *diméthylméthylène-dioxy-3.4 acétophénone* (I), F 47°, $É_{12}$ 144-145° (Rdt 86 %), Oxime F 124°, S-carbazone F 229°;

puis : 2° la *méthyléthylméthylène-dioxy*-3.4 *acétophénone* (II) $É_{12}$ 156° (Rdt 61 %) Oxime F 72° S-carbazone F 161°; 3° la *diéthylméthylène-dioxy*-3.4 *acétophénone* (III) $É_{10}$ 160° (Rdt 81 %) Oxime F 53° S-carbazone F 175°; 4° la *méthylisopropylméthylène-dioxy*-3.4 *acétophénone* (IV) $É_{11}$ 161° (Rdt 70 %) Oxime F 80° S-carbazone F 176°; 5° la *méthyl isobutylméthylène-dioxy*-3.4 *acétophénone* (V) $É_{12}$ 167° (Rdt 82 %) Oxime $É_{14}$ 200-202° S-carbazone F 136°; 6° la *dipropylméthylène-dioxy*-3.4 *acétophénone* (VI) $É_{12}$ 181-182° (Rdt 88 %) Oxime $É_{13}$ 205° S-carbazone F 122°; 7° la *méthyl nonylméthylène-dioxy*-3.4 *acétophénone* (VII) $É_{11}$ 225-226° (Rdt 71 %) Oxime $É_{14}$ 238° S-carbazone F 128°; 8° la *cyclopentylidène-dioxy*-3.4 *acétophénone* (VIII) $É_{13}$ 184-185° (Rdt 67 %) Oxime F 112° S-carbazone F 220° et 9° la *cyclohexylidène-dioxy*-3.4 *acétophénone* (IX) F 52° $É_{11}$ 192-193° (Rdt 77 %) Oxime F 135° S-carbazone F 194°.

Fraîchement distillées, toutes ces cétones sont douées d'une faible odeur cuminique.

Pour déterminer la position du groupe acétyle dans ces composés, nous avons saponifié les cétones (I), (II) et (IX) à l'aide du chlorhydrate de pyridine à 180° Dans tous les cas nous avons obtenu le même produit F 116° qui est la dioxy-3.4 acétophénone déjà signalée, que nous avons identifiée par le P. F. après mélange avec un échantillon de ce même composé obtenu par une méthode connue.



Nous avons également tenté d'obtenir les cétones (I) et (VI) en remplaçant l'anhydride acétique par l'acide acétique crist. Ces essais n'ont pas donné de résultat dans le premier cas et 10 % de rendement seulement dans le deuxième.

Afin de comparer la valeur de la méthode décrite avec celle de Friedel et Crafts, nous avons condensé le chlorure d'acétyle avec le méthyléthylméthylène-dioxybenzène et le dipropylméthylène-dioxybenzène au sein du S_2C en présence de chlorure d'aluminium à — 5°. Nous avons eu la surprise

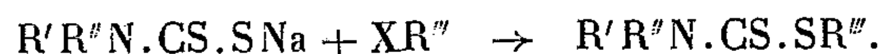
de constater que dans ces conditions le pont méthylène-dioxy résiste au Cl_3Al. Toutefois les rendements sont très sensiblement inférieurs à ceux obtenus à l'aide du F_3B.

Nous poursuivons nos recherches en vue d'étendre cette méthode aux autres anhydrides.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques nouveaux dérivés de l'acide dithiocarbamique* N-*disubstitué*. Note de M. **Pierre Chabrier** et M[lle] **Germaine Nachmias**, présentée par M. Marcel Delépine.

Description de nouveaux dérivés de l'acide dithiocarbamique N-disubstitué renfermant un groupement benzoylpropanoïque.

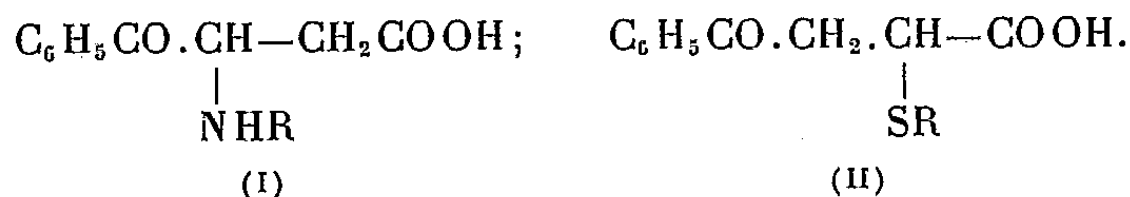
Dans de précédentes Notes [1] nous avons décrit de nouveaux esters de l'acide dithiocarbamique N-disubstitué et étudié leurs propriétés. Ces composés s'obtiennent le plus souvent [2] par action d'un halogénure du type XR sur le sel de sodium d'un acide dithiocarbamique N-disubstitué :



$$R'R''N.CS.SNa + XR''' \rightarrow R'R''N.CS.SR'''.$$

Nous décrirons de nouveaux esters d'acides dithiocarbamiques N-disubstitués obtenus à partir de l'acide benzoylacrylique et de ses dérivés aminés.

Les aptitudes réactionnelles de l'acide benzoylacrylique ont été étudiées par J. Bougault et P. Chabrier [3] qui montrèrent que ce composé fixait notamment les amines primaires (I) et les mercaptans (II) :



$$\underset{\text{(I)}}{C_6H_5CO.\underset{\substack{|\\ NHR}}{CH}-CH_2COOH};\qquad \underset{\text{(II)}}{C_6H_5CO.CH_2.\underset{\substack{|\\ SR}}{CH}-COOH}.$$

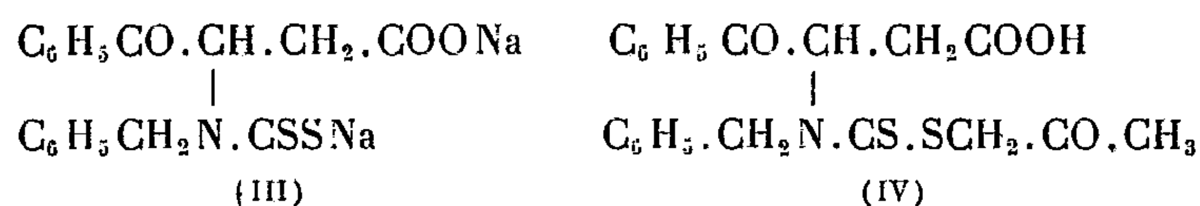
Dithiocarbamates dérivés des amino-acides du type (I). — Si l'on ajoute à une solution alcoolique renfermant 1/10 de molécule d'aminoacide du type (I) dans lequel par exemple R est le radical benzyl, 2/10 de molécule d'alcoolate de sodium en milieu alcoolique, puis 1/10 de molécule de sulfure de carbone, on obtient un abondant précipité. Ce précipité se présente sous forme de cristaux solubles dans l'eau, insolubles dans les solvants organiques, facilement altérables par la chaleur, instables en milieu acide, auxquels les résultats de l'analyse élémentaire conduisent à attribuer la formule (III). On peut obtenir

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 758; **232**, 1951, p. 1118; **233**, 1951, p. 57.

(2) *Bull. Soc. Chim.*, **17**, 1950, p. 51.

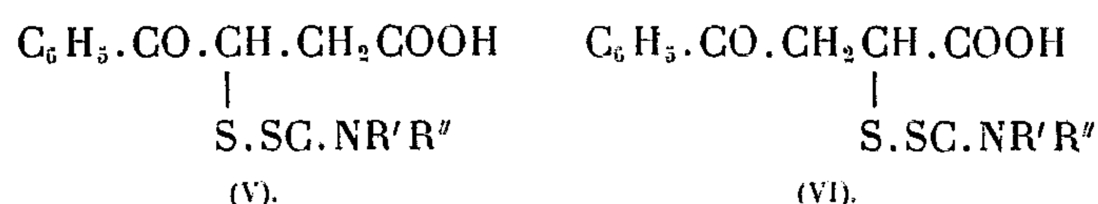
(3) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 395; **224**, 1947, p. 656; **226**, 1948, p. 1378.

les esters de ces sels d'acides dithiocarbamiques en les estérifiant directement par une halogénure RX, ainsi la chloracétone conduit à l'ester (IV), F 131°.



Si dans la formule (I) R est un radical aromatique, la combinaison avec le sulfure de carbone n'a pas lieu dans les conditions décrites.

Acides α ou β (N-dialcoyl dithiocarbamyl) benzoylpropioniques. — Lorsqu'on ajoute à une solution aqueuse de benzoylacrylate de sodium une solution aqueuse du sel de sodium d'un acide dithiocarbamique N-disubstitué, il se forme une combinaison que l'on précipite après quelques heures de contact par l'acide acétique. Le titrage acidimétrique direct des composés ainsi obtenus joint aux résultats de l'analyse élémentaire conduit à leur assigner l'une des formules isomériques (V) ou (VI).



Cette méthode de préparation d'esters d'acides dithiocarbamiques N-disubstitués par fixation de l'acide sur une liaison éthylénique ne semble pas avoir été décrite jusqu'ici. Nous avons de cette façon préparé les composés (V) ou (VI) dans lesquels R'R'' = CH_3, CH_3, $C_5H_{10}N$ (pipéridyl), C_4H_8ON (morpholyl).

Ces substances donnent des sels alcalins qui en solution aqueuse s'altèrent lentement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *α-yohimbine et allo-yohimbine.*

Note de M. **Alain le Hir**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'α et l'alloyohimbine, isomères de la yohimbine, conduisent à la même alloyohimbone. Cette alloyohimbone est réduite par la méthode de Wolff-Kishner en alloyohimbane $C_{19}H_{24}N_2$; F 160°; $[\alpha]_D$ 168° ± 4° (pyridène). Il est démontré que l'alloyohimbane et par conséquent, l'α et l'alloyohimbine correspondent à une *cis*-décahydroisoquinoléine.

L'α-yohimbine [1] [isoyohimbine de Warnat [2] ou corynanthidine [3]] F 236°; $[\alpha]_D$ 18° (py) et l'alloyohimbine [2] F 135-140°; $[\alpha]_D$ 80° (py) sont des isomères de la yohimbine $C_{21}H_{26}O_3N_2$.

L'obtention par déshydrogénation sélénique de yobyrine, tétrahydroyobyrine

(1) Lillig, *Merck's Jahrb.*, **42**, 1928, p. 20; *Ber. Deutsch. Chem. Ges.*, **63**, 1930, p. 2680.

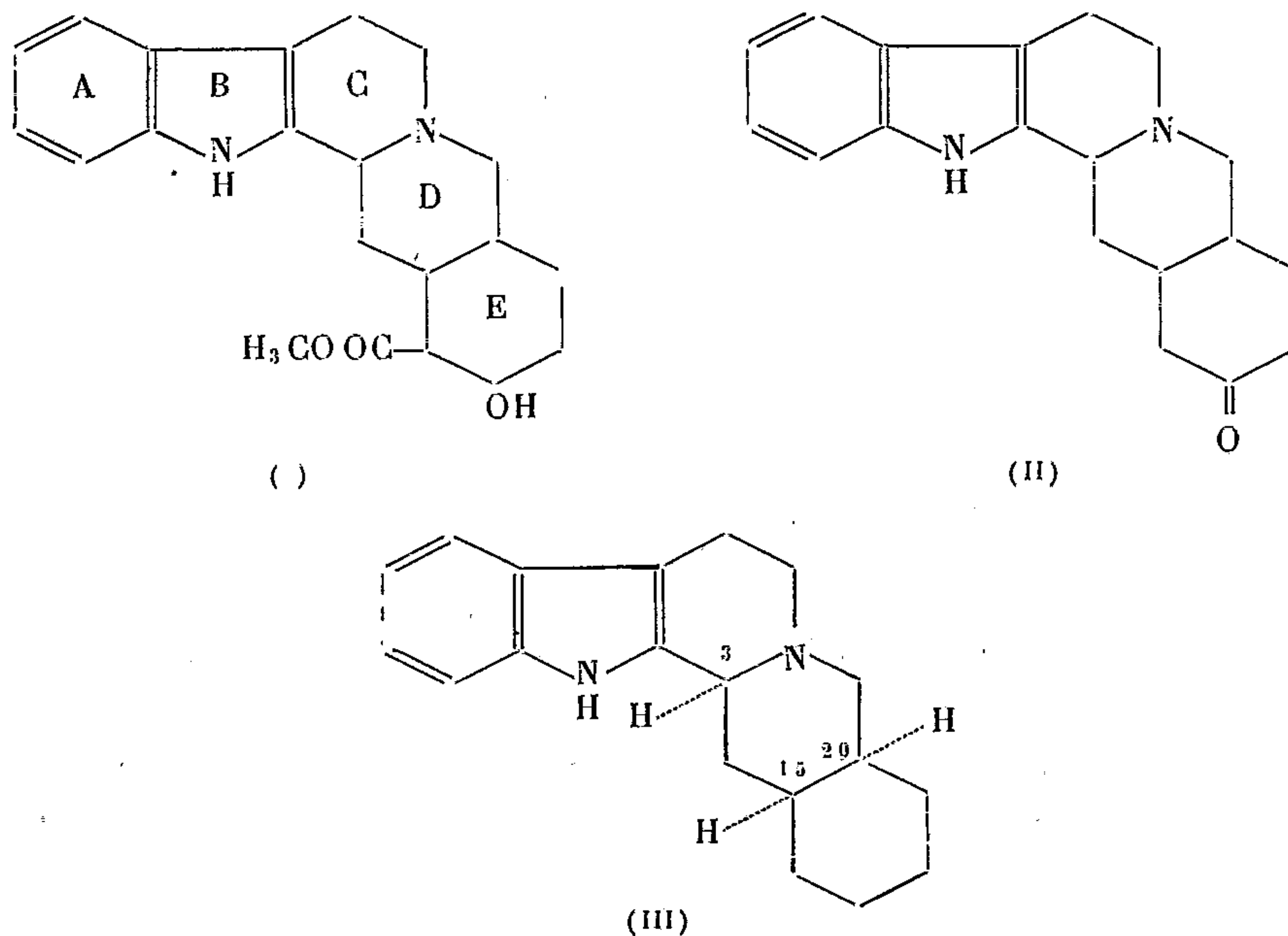
(2) *Ber. Deutsch. Chem. Ges.*, **59**, 1926, p. 2388.

et cétoyobyrine, démontre la structure pentacyclique de ces alcaloïdes; l'isolement de la cétoyobyrine apportant la preuve que le groupe ester méthylique est dans une position identique à celle de la yohimbine (I).

L'oxydation de l'α-yohimbine (corynanthidine) par la méthode d'Oppenauer avait permis à M.-M. Janot et R. Goutarel ([3]) d'isoler une cétone : la corynanthidone. La même méthode avait donné à Witkop ([4]), à partir de l'alloyohimbine : l'alloyohimbone (II). L'obtention de ces deux cétones démontre que la position de l'hydroxyle alcoolique secondaire chez ces deux alcaloïdes est identique à celle de la yohimbine.

La corynanthidone est identique à l'alloyohimbone F 241-242° $[\alpha]_D - 130°$ (py) (superposition des spectres I. R.) et dès lors, le nom d'alloyohimbone plus ancien doit seul être retenu.

La corynanthidone et l'alloyohimbone par réduction par la méthode de Wolff-Kishner conduisent au même alloyohimbane (III).



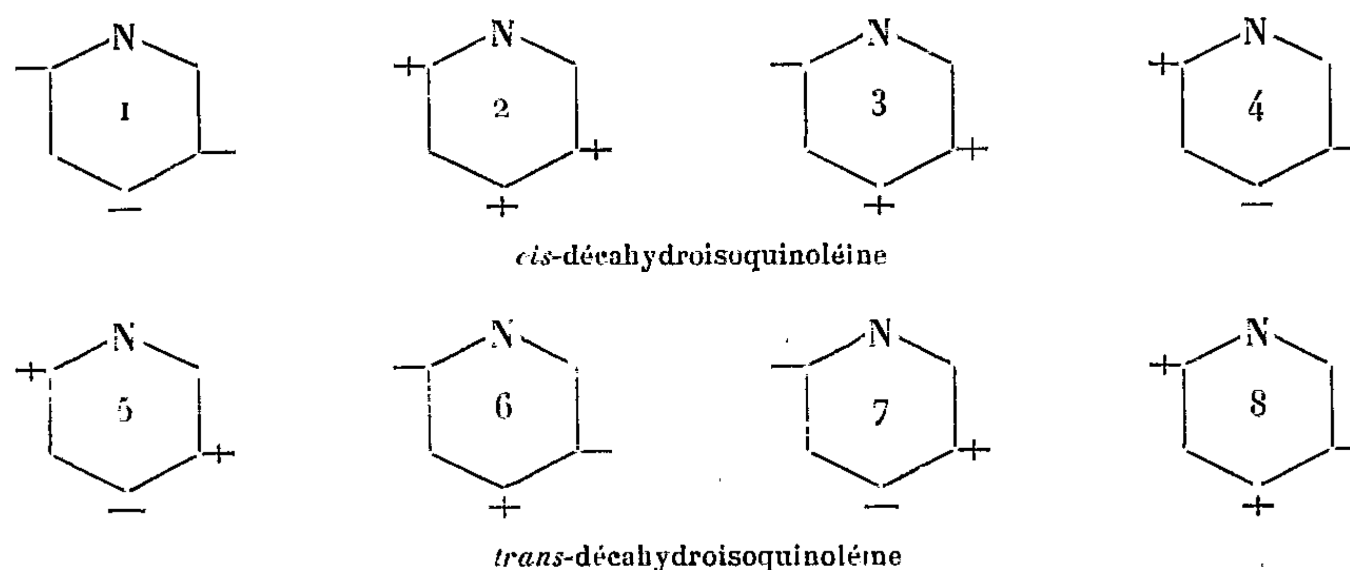
Cet alloyohimbane F 160°; $(\alpha)_D - 168° \pm 4°$ (trouvé %, C 81,2; H 8,5; N 10,0; calculé % pour $C_{19}H_{24}N_2$, C 81,38; H 8,63; N 9,99) est identique à l'alloyohimbane lévogyre synthétique obtenu par hydrogénation catalytique de la sempervirine et conduit au même *l*-tartrate acide F 200°; $(\alpha)_D = -121°$, (py).

Si l'on résume par les schémas suivants les huit isomères possibles compatibles avec les trois carbones asymétriques du cycle D du yohimbane (les

([3]) M.-M. Janot et R. Goutarel, *Bull. Soc. Chim.*, 12, 1946, p. 535.

([4]) *Ann. der Chem.*, 554, 1943, p. 83.

signes + et — indiquant la position de H angulaire en avant ou en arrière du plan), on voit que l'alloyohimbane correspond à une *cis*-décahydroisoquinoléine et vraisemblablement au schéma 1



cis-décahydroisoquinoléine

trans-décahydroisoquinoléine

Il est, en effet, démontré ailleurs ([5]) que la ψ-yohimbine correspond au schéma 5 et la yohimbine au schéma 7.

Les pouvoirs rotatoires de la ψ-yohimbone $(\alpha)_D - 24^\circ$ (py) et du yohimbane $(\alpha)_D - 114^\circ$ (py) permettent d'écarter pour l'alloyohimbane les schémas 6 et 8 représentant les antipodes optiques de 5 et 7.

L'obtention de l'alloyohimbane par voie synthétique à partir de la sempervirine, permet de retenir pour l'α et l'alloyohimbine le schéma 1 dans lequel les trois atomes d'hydrogène angulaires portés par les carbones asymétriques 3, 15, 20, sont en position *l-cis*.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'aldéhyde β-chlorocrotonique.* Note de M. Marc Julia, présentée par M. Marcel Delépine.

L'aldéhyde β-chlorocrotonique a été préparé par oxydation chromique de l'alcool β-chlorocrotylique et caractérisé. Par condensation avec deux molécules d'aniline, on a obtenu un anilinoanile qui a été cyclisé en méthyl-2 quinoléine.

A la suite d'études précédentes ([1]) sur les cétones β-chloro-vinyliques, il était intéressant d'étudier le comportement de certains aldéhydes β-chorovinyliques. Le plus simple de ces corps (la β-chloro-acroléine) est connu, mais on en connaît peu d'autres.

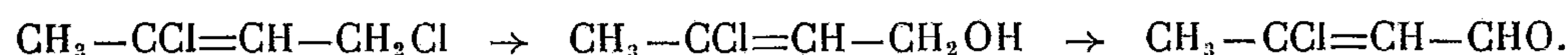
Un des plus facilement accessibles nous a semblé être l'aldéhyde β-chlorocrotonique. En effet, bien qu'il n'ait pas encore été préparé, il devait être possible de l'obtenir à partir du dichloro-1.3 butène-2 qui est maintenant un produit

([5]) V. Prélog, M.-M. Janot, R. Goutarel, A. Le Hir, A. Amin, in *Bull. Soc. Chim.* (sous presse).

([1]) *Ann. Chim.*, (12), 5, 1950, p. 595.

industriel. Ce composé à déjà été saponifié en alcool β-chlorocrotylique par l'action du carbonate de sodium ([2]).

Nous avons pu facilement oxyder cet alcool en aldéhyde β-chlorocrotonique par la méthode qui avait été utilisée pour préparer la β-chloro-acroléine ([3]) : On ajoute une solution sulfurique de bichromate de sodium à un mélange bouillant de chlorobuténol et d'eau.



$$CH_3-CCl{=}CH-CH_2Cl \rightarrow CH_3-CCl{=}CH-CH_2OH \rightarrow CH_3-CCl{=}CH-CHO.$$

L'aldéhyde formé est entraîné aussitôt à la vapeur. C'est un liquide presque incolore, très fortement lacrymogène, qui se résinifie rapidement. É 48-50° sous 35 mm ; n_D^{23} 1,4722.

Les dérivés caractéristiques de la fonction aldéhyde ont été facilement obtenus :

La *semicarbazone* fut cristallisée dans l'alcool dilué puis le benzène en aiguilles incolores fondant à 182°.

Analyse. — Trouvé %, N 25, 62 ; calculé pour $C_5H_8ON_3Cl$ %, N 26, 11.

La *dinitro*-2.4 *phénylhydrazone* cristallisa dans l'alcool dilué en aiguilles rouges fondant à 140°.

Analyse. — Trouvé %, N 19, 40; calculé pour $C_{10}H_9O_4N_4Cl$ %, N 19, 68.

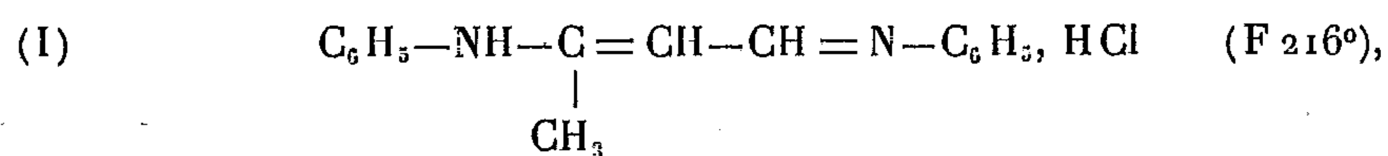
Ce dérivé présente un maximum d'absorption dans l'ultraviolet à 370 m μ, ε=24.850, ce qui correspond bien au dérivé d'un aldéhyde α-β éthylénique ([4]).

La *phénylhydrazone* obtenue par simple mélange des réactifs cristallisa dans l'alcool dilué en feuillets jaune pâle; F 104°.

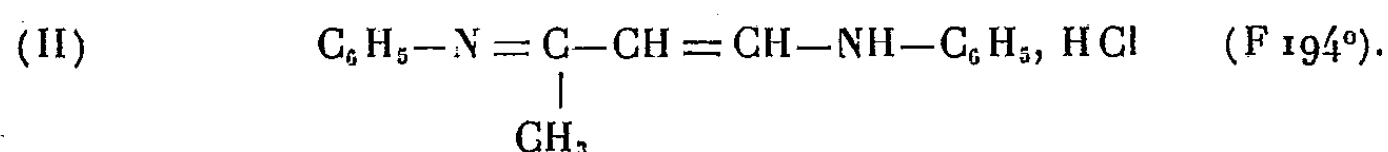
Analyse. — Trouvé %, N 14, 13; 14, 33; calculé pour $C_{10}H_{11}N_2Cl$ %, N 14, 4.

La réaction entre l'aldéhyde β-chloro-crotonique et l'aniline est analogue à celles qui ont été observées avec les cétones β-chlorovinyliques ([1]). En mélangeant les réactifs en proportions convenables dans l'alcool ou l'éther, on obtient, par une réaction exothermique le produit de formule (I).

Analyse. — Trouvé % : N 10, 31 ; calculé pour $C_{16}H_{17}N_2Cl$ % : N 10, 25.

(I) 

$$C_6H_5-NH-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}=CH-CH=N-C_6H_5,\ HCl \quad (F\ 216°),$$

(II) 

$$C_6H_5-N=\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}-CH=CH-NH-C_6H_5,\ HCl \quad (F\ 194°).$$

Il était intéressant de comparer ce produit (I) au produit (II) obtenu par réaction entre l'aniline et la méthyl β-chlorovinyl cétone ([1]). Nous avions

([2]) Hatch et Nesbitt, *J. Am. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 727.

([3]) Schering, Brevet français 886 084.

([4]) Braude et Jones, *J. Chem. Soc.*, 1945, p. 498.

constaté que des corps tels que (II) pouvaient être cyclisés par chauffage à 150° dans l'acide sulfurique concentré pendant 2 h en quinoléines. Le corps (II) avait donné la méthyl-2 quinoléine.

On pouvait penser que le composé (I) donnerait dans ces conditions la méthyl-4 quinoléine. En fait, il a donné de la méthyl-2 quinoléine identifiée par le point de fusion de son picrate (190-191°) et l'épreuve du mélange de celui-ci avec des picrates de méthyl-2 quinoléine (F 190-191°) et de méthyl-4 quinoléine (F 208°) authentiques.

Il faut donc admettre que, dans les conditions de la réaction, les deux composés (I) et (II) se transforment en une même structure intermédiaire pour se cycliser.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation catalytique des nitrosochlorures.* Note de MM. **Roger Perrot** et **Raymond Holbein**, présentée par M. Louis Hackspill.

Les nitrosochlorures sont transformés en amines; la position de l'atome d'azote dans la molécule est ainsi déterminée.

Il est généralement admis que, lors de l'addition de NOCl aux composés éthyléniques, Cl se fixe sur le carbone le moins riche en hydrogène et NO sur le carbone le plus riche de façon à permettre, autant que faire se peut, l'isomérisation en oxime. Des considérations théoriques faisant intervenir la répartition des charges sur les différents atomes laissent bien prévoir que pour le styrolène, par exemple, Cl se fixe en α et NO en ω sur la chaîne, mais la preuve expérimentale doit être faite. L'un de nous a déjà montré la formation d'ω-nitrostyrolène dans l'action de NOCl sur le styrolène [1]; nous avons pensé que la réduction des nitrosochlorures permettrait de passer à des composés plus simples accessibles par d'autres voies. Divers auteurs ont tenté de réduire des nitrosochlorures [2]; ils n'ont décelé que NH_3 ou des produits basiques non identifiés. Nous avons eu en vue l'hydrogénation catalytique en présence de Ni de Raney à température et pression ordinaires. La publication de Notes récentes [3] postérieures à nos premiers travaux [4] nous incite à publier nos résultats.

Cetts Note concerne les nitrosochlorures styroléniques et stilbéniques et quelques composés de même squelette carboné.

---

(1) R. Perrot, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 494 et **203**, 1936, p. 329; *Thèse*, Paris, 1939.

(2) N. Bunge, *Ber.*, **4**, 1871, p. 289; P. Toennies, *Ber.*, **12**, 1879, p. 169; J. Schmidt, *Ber.*, **35**, 1902, p. 3729; M. Tuot, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 697.

(3) G. R. Clemo et J. O. Harris, *J. Chem. Soc*, 1951, p. 22.

(4) R. Perrot et R. Holbein, *Bull. Soc. Chim.*, 1951, p. 578 et 690.

La benzoïne et le benzile sont réduits en hydrobenzoïne, la désoxybenzoïne-oxime en diphényléthylamine, la benzoïne-oxime et la benzilemonoxime en diphénylhydroxyéthylamine. L'ω-chloro (ou bromo)-styrolène est hydrogéné difficilement en éthylbenzène (HCl libéré attaque le nickel); mais l'opération est facilitée par la présence de NH_3, d'amines ou d'oximes.

Nitrosochlorures styroléniques. — Les nitrosochlorures fraîchement préparés (quelques grammes) sont mis en suspension dans du méthanol (l'éthanol est peu avantageux) avec du nickel et agités en atmosphère d'hydrogène. Une absorption lente a lieu, correspondant au bout de plusieurs heures à environ trois moles H_2 par mole de nitrosochlorure. Par évaporation de la solution on isole du chlorhydrate d'amine, souillé de chlorure de nickel, qu'on transforme en dérivé benzoylé. Les amines formées sont du type β-phényléthylamine. L'hydrogénation peut être représentée par le schéma (5)



$$Ar—CHCl—CH_2NO + 3H_2 \rightarrow Ar—CH_2—CH_2—NH_2 + HCl + H_2O.$$

Styrolène. — Nitrosochlorure, F 103° déc. (4) [Nitrolcyclohexylamine, F 184-186° (benzène)].

Dérivé benzoylé (D. B.) de l'amine primaire obtenue par hydrogénation, F 118° (alcool) identique au D. B. de la β-phényléthylamine préparée par hydrogénation du cyanure de benzyle ou de la phénylacétaldoxime, différent du D. B., F 124°, de l'α-phényléthylamine obtenue à partir de l'acétophénone-oxime.

p-tolyléthylène. — Nitrosochlorure, F 102° déc. (1); D. B. de l'amine, F 95-96° (benzène ou ligroïne) identique à celui de la β-paratolyléthylamine préparée à partir du cyanure de *p*-xylyle et différent du D. B. de l'α-paratolyléthylamine, F 122°. $CH_3—C_6H_4—CH_2—CH_2NH_2$, HCl (F 220-223°); $(CH_3—C_6H_4—CH_2—CH_2)_2NH$, HCl (F 280-282°).

p-méthoxystyrolène. — Nitrosochlorure très facile à préparer à — 70°, F 92-93° déc. (benzène). Nitrolpipéridine, F 163-164° (alcool). Nitrolcyclohexylamine, F 104-105° (ligroïne).

D. B. de l'amine, F 125-126° (alcool), identique au D. B. de l'amine primaire provenant du cyanure de *p*-méthoxybenzyle. Chlorhydrate de l'amine primaire, F 208-212°, de l'amine secondaire, F 270-272°.

α-Naphtyléthylène. — Nitrosochlorure, F 103-104° déc. (6); D. B. de l'amine, F 103° (alcool), identique au D. B. de $\alpha—C_{10}H_7—CH_2—CH_2NH_2$ préparée par hydrogénation de l'α-naphtylacétonitrile et dont le chlorhydrate fond à 248-250°.

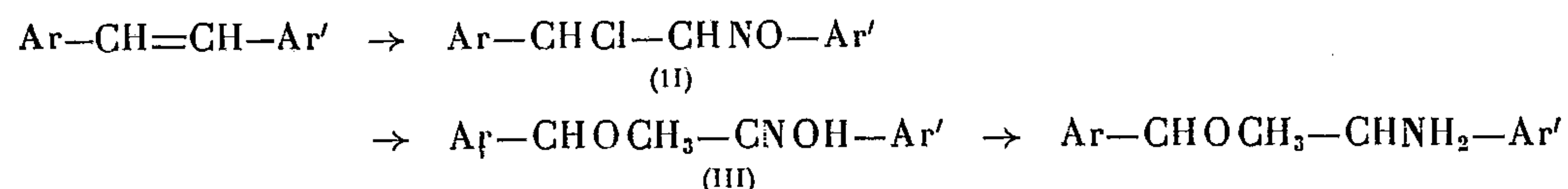
Nitrosochlorures stilbéniques. — Dans les mêmes conditions nous n'avons pas

---

(5) Considérations sur la structure nitrosée ou oximique, *voir* entre autres J. SCHMIDT et R. PERROT, *loc. cit.*

(6) D'après R. Perrot et M. Ansart.

réussi à hydrogéner les nitrosochlorures très peu solubles dans le méthanol. La fixation de H_2 s'arrête alors que la plus grande partie du produit reste inchangée. La présence d'ions Cl^- et Ni^{++} en solution montre qu'il y a eu un début d'hydrogénolyse et qu'une dénitrosochloruration est possible (du stilbène est en effet retrouvé). L'emploi de platine n'a pas donné de meilleurs résultats. Par action de CH_3ONa nous avons d'abord transformé les nitrosochlorures en dérivés méthoxylés qui ne sont pas autre chose que les éthers méthyliques des benzoïne-oximes accessibles par d'autres voies et réductibles en éthers méthyliques d'aminoalcools. Les transformations



permettent de préciser la position de l'atome d'azote (Ar = phényle, *p*-tolyle, anisyle; Ar' = phényle).

Nous avons isolé les aminoalcools sous forme de dérivés benzoylés (IV).

Stilbène. — (II) F 138° déc., (III) F 132° (¹), (IV) brut donne par cristallisation fractionnée dans l'alcool deux diastéréoisomères $C_{22}H_{21}O_2N$ F 207-208° et F 164-165° (% N trouvé 4,31 et 4,33; calculé 4,23).

p-méthylstilbène. — (II) F 119° déc., (III) F 157-159° (méthanol), (IV) F 205-206° (alcool).

Nous avons étudié aussi les nitrosochlorures de l'α-méthylstilbène F 105-106° déc. et du *p*-méthoxystilbène,

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur les propriétés optiques de l'acide parabutyloxybenzoïque à l'état de liquide nématique et de liquide isotrope.* Note de M. **Jean Falgueirettes**, transmise par M. Charles Mauguin.

Les indices de ce produit sont donnés pour les deux phases, cristal liquide et liquide isotrope, en fonction de la température et de la longueur d'onde, ainsi que les résultats qualitatifs de la diffusion de la lumière par une lame orientée. Bien que ce corps ne soit ni absorbant ni dichroïque, les résultats sont semblables à ceux obtenus pour le paraazoxyanisol et confirme les théories faites pour les interpréter.

L'acide parabutyloxybenzoïque fond en donnant naissance à un cristal liquide de type nématique; pour l'échantillon qui m'a été fourni par le Docteur W. Maier de l'Institut de Physique de Fribourg, la fusion a lieu à 146° et le passage de la phase cristal liquide à la phase liquide isotrope à 161°.

Si cette substance est fondue entre lame et lamelle frottées (¹), comme pour le paraazoxyanisol, une lame cristal liquide, d'orientation uniforme, est

(¹) P. Chatelain, *Bull. Soc. franç. Min.*, 66, 1943, p. 105.

obtenue; elle est équivalente, au point de vue optique, à une lame taillée dans un uniaxe positif parallèlement à l'axe, la direction de ce dernier étant celle du frottement.

Ce fait a rendu possible la mesure des indices extraordinaires et ordinaires de la phase nématique par la méthode du prisme utilisée antérieurement pour le paraazoxyanisol ([2]). Il a cependant fallu modifier le prisme de façon à le rendre étanche, ce produit étant très volatil.

Le tableau ci-dessous donne les valeurs de n_e et n_0 pour la phase nématique en fonction de la température et pour diverses longueurs d'onde.

λ........	0,589 μ.		0,546 μ.		0,436 μ.		0,404 μ.	
t (°C).	n_e.	n_0.	n_e.	n_0.	n_e.	n_0.	n_e.	n_0.
			Liquide anisotrope.					
143°.......	1,619	1,449	1,627	1,452	1,663	1,465	1,684	1,472
149°.......	1,615	1,449	1,621	1,452	1,659	1,465	1,681	1,472
153°.......	1,606	1,450	1,614	1,454	1,652	1,467	1,674	1,474
157°.......	1,600	1,451	1,606	1,455	1,644	1,469	1,663	1,477
159°.......	1,591	1,453	1,598	1,456	1,632	1,472	1,651	1,480
160°.......	1,580	1,454	1,588	1,457	1,621	1,473	1,636	1,481
			Isotrope.					
162°.......	1,491		1,495		1,515		1,527	
169°.......	1,484		1,489		1,508		1,521	

Si l'on compare au paraazoxyanisol, on constate que les variations de n_e et n_0 ont la même allure, mais que les valeurs des indices et de la biréfringence sont notablement plus faibles; le produit est non coloré (ce qui a permis de faire facilement des mesures visuelles pour $\lambda = 0,404\,\mu$), tandis que le paraazoxyanisol est absorbant pour le violet et fortement dichroïque.

La diffusion de la lumière par une lame orientée d'acide parabutyloxybenzoïque dans sa phase liquide anisotrope a été étudiée en utilisant le montage de P. Chatelain ([3]) dans les huit cas expérimentaux envisagés par ce dernier; les résultats sont ici encore tout à fait comparables à ceux obtenus pour le paraazoxyanisol dans les mêmes conditions expérimentales. Nous donnons par exemple, les valeurs relatives des intensités dans le cas I_h (l'axe optique de la préparation, d'épaisseur 0,25 mm, est perpendiculaire au plan de diffusion et le faisceau incident vibre perpendiculairement à ce plan).

Le tableau ci-après donne les valeurs de l'intensité I_0 du faisceau diffusé ordinaire vibrant dans le plan de diffusion, en fonction de l'angle de diffusion :

([2]) O. Pellet et P. Chatelain, *Bull. Soc. franç. Min.*, 73, 1950, p. 154.

([3]) *Acta Cryst.*, 1, Part 6, 1948, p. 315.

φ.....	9°	10°	11°	12°	13°	18°	24°	29°	35°	46°	57°
I_0....	119	100	70	66	48,5	28	17,7	13,4	10,8	8,4	6,6

Pour les mêmes angles, l'intensité I_e du faisceau extraordinaire vibrant, comme le faisceau incident, perpendiculairement au plan de diffusion, a des valeurs très faibles variant de 2,2 à 0,7.

Les valeurs absolues des intensités sont approximativement la moitié de celles obtenues avec le paraazoxyanisol dans les mêmes conditions expérimentales.

Le résultat fondamental a été retrouvé : *dans les conditions expérimentales réalisées dans cette étude, la lumière diffusée vibre principalement dans une direction perpendiculaire à celle de la vibration incidente excitant la diffusion.*

Les facteurs de dépolarisation $\rho = I_0/I_e$ atteignent des valeurs de l'ordre de 30 pour les faibles angles de diffusion et vont en diminuant, quand cet angle augmente, tout en restant notablement supérieur à 1.

Le faisceau le plus faible est en réalité dû en grande partie à la diffusion secondaire, s'il était possible d'effectuer cette correction on obtiendrait des valeurs du facteur de dépolarisation très supérieures.

Ce résultat est important; il prouve qu'avec un produit non absorbant et non dichroïque on retrouve pour l'état de polarisation de la lumière diffusée des résultats tout à fait comparables à ceux obtenus pour le paraazoxyanisol absorbant et dichroïque. Il confirme entièrement les vues de P. Chatelain qui fait dépendre ce phénomène des fluctuations d'orientation des molécules dans un milieu fluide ayant un seul axe d'isotropie et non du dichroïsme et de l'absorption (4).

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Étude des hexaborures et de la substitution alcaline.* Note de MM. **Félix Bertaut** et **Pierre Blum**, transmise par M. Charles Mauguin.

Cette Note traite des hexaborures aux points de vue suivants : 1° place dans la classification de Mendéléeff; 2° variation des paramètres de la maille en fonction du rayon des atomes métalliques; 3° substitution alcaline; 4° liaisons du bore.

1° Il est remarquable que les métaux susceptibles de former des hexaborures (alcalino-terreux, terres rares, Y, Th) n'ont pas d'électrons *d* dans la couche située immédiatement au-dessous des électrons de valence. Cette propriété jointe aux points de fusion élevés des hexaborures XB_6 cadre bien avec l'observation que la stabilité des borures, formés avec les métaux de transition,

(4) P. Chatelain, *Acta Cryst.*, 4; Part 5; 1951, p. 453.

décroît avec le remplissage de la couche d (¹) et que les métaux mono- et bivalents à couche d complète (Cu, Ag, Au, Zn, Cd) ne forment pas de borures du tout.

2° La structure est décrite par des files d'octaèdres de B dans les trois directions de l'espace, les lacunes entre octaèdres étant comblées par les atomes métalliques (²). La variation relative des paramètres (³), résumée dans le tableau I est dans le même sens, mais plus faible que celle des rayons atomiques de coordination 12 des métaux (⁴). Cela est dû à la très grande rigidité de l'édifice des atomes de bore.

TABLEAU I.

Paramètres des hexaborures XB_6.

Métal.	Ca.	Sr.	Ba.	La.	Ce.	Nd.	Gd.	Yb.	Y.	Th.
a (Å)...	$4{,}145_0$	$4{,}198_4$	$4{,}268_0$	$4{,}156_6$	$4{,}141_0$	$4{,}128_4$	$4{,}112_3$	$4{,}144_4$	$4{,}113_2$	$4{,}113_2$
r_X (12)...	1,970	2,148	2,215	1,871	1,818	1,818	1,795	1,933	1,797	1,797
r_{BB}....	0,858	0,869	0,884	0,861	0,857	0,855	0,852	0,858	0,852	0,852

3° J. Andrieux, en collaboration avec D. Barbetti (⁵), a signalé pour la première fois que le sodium peut remplacer le métal X. Nous avons trouvé que le sodium est le seul alcalin qui peut se substituer à X, son rayon étant comparable. La proportion de Na dissous augmente avec la valence de l'atome solvant. C'est ainsi que dans les cas de Th et Ba les compositions limites expérimentales sont respectivement $Th_{0,23}Na_{0,77}B_6$ et $Ba_{0,57}Na_{0,43}B_6$.

TABLEAU II.

Substitution alcaline; paramètres de $X_mNa_{1-m}B_6$.

Composition.	$Th_{0,56}Na_{0,44}$.	$Th_{0,37}Na_{0,63}$.	$Th_{0,23}Na_{0,77}$.	$Ba_{0,74}Na_{0,26}$.	$Ba_{0,57}Na_{0,43}$.
a (Å)............	4,127	4,142	4,151	4,256	4,232

Au fur et à mesure que la teneur en Na augmente, le paramètre augmente dans le premier (Th) et diminue dans le second (Ba) cas, conformément à la différence entre les rayons atomiques. La possibilité de la substitution ne

(¹) R. KIESSLING, Rapport K9, *Deuxième Congrès international de Cristallographie*, Stockholm, 1951.

(²) *Strukturberichte*, 2, 1929-1932, p. 37.

(³) Les hexaborures des terres rares nous ont été confiés par M. le Professeur J. L. Andrieux qui les a découverts (*Thèse*, Masson, Paris, 1929).

(⁴) 2ᵉ ligne du tableau I d'après L. PAULING, *J. Amer. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 542.

(⁵) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1573.

prouve pas l'existence d'un hexaborure de Na, mais que les hexaborures sont encore stables pour une concentration électronique inférieure à deux ([6]), la limite se situant vers 1,6. On peut considérer les hexaborures comme étant des réseaux métalliques, dilatés par la présence du complexe B_6 et simplement cubiques, à l'intérieur desquels il peut y avoir formation d'alliages. Tous les hexaborures ont d'ailleurs des propriétés métalliques marquées, telles qu'une conductibilité électrique et un pouvoir émissif thermoionique élevés ([7]).

4° Un problème intéressant est celui des liaisons du bore. Des cinq voisins de chaque B, quatre sont équidistants, parce que équivalents de par la symétrie du groupe. D'après Pauling et Weinbaum ([8]) le cinquième voisin est encore à égale distance dans le cas de CaB_6, car il y a un bon accord entre les intensités observées et calculées dans cette hypothèse.

En utilisant des mesures d'intensités très soignées, nous avons évalué la densité électronique suivant Ox dans le cas difficile de ThB_6 et dans celui de $Th_{0,23}Na_{0,77}B_6$ particulièrement intéressant, aucun borure de Na n'étant connu. Nous avons trouvé ([9]) que dans les deux cas l'hypothèse de l'équivalence des cinq liaisons du bore est encore valable. Les rayons du bore, calculés dans cette hypothèse (tableau I) varient très peu autour de 0,86 Å dans les liaisons B-B. Il serait cependant incorrect d'affirmer que le rayon du bore est toujours de 0,86 Å. Comme il est naturel d'admettre que le rayon du métal X ne peut dépasser $a/2$, le rayon de B pris suivant le vecteur **BX** sera supérieur à $|\mathbf{BX}| - a/2$, quantité qui pour les composés du tableau varie entre 0,97 et 1,01 Å ([10]). De telles variations (0,96 à 1,07 Å) ont été également observées dans les borures du type B_2X, étudiés par Kiessling ([11]). La théorie de Pauling ([4]) aboutit qualitativement [mais non pas quantitativement ([9])] au même résultat. Les moments magnétiques des hexaborures des terres rares sont, d'après des mesures récentes ([12]), en accord avec la trivalence des terres rares dans XB_6. Il n'y a donc pas de transfert d'électrons du réseau des B vers le réseau métallique.

([6]) Rapportée au métal.

([7]) J. M. LAFFERTY, *J. Appl. Phys.*, **22**, 1951.

([8]) *Z. Kristallogr.*, **87**, 1934, p. 181.

([9]) Des détails seront publiés ailleurs.

([10]) Contrairement à la conclusion à laquelle les auteurs ont abouti dans l'étude de la structure UB_{12} (*Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 666), ce n'est pas le rayon de l'uranium qui serait anormalement élevé, mais le rayon du B aurait dans la direction U-B une valeur bien supérieure à celle qu'il a dans les liaisons B-B.

([11]) *Acta Chem. Scandinavica*, **4**, 1950, p. 209.

([12]) R. BENOIT et P. BLUM, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 2428.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Étude radiocristallographique du mélange phosphate tricalcique α/carbonate de calcium.* Note de MM. **Charles Legrand**, **Jean Barraud** et **Pierre Cartier**, transmise par M. Charles Mauguin.

Étude radiocristallographique, dans le cadre de recherches sur l'ossification, du mélange phosphate-tricalcique α/carbonate de calcium. Essai de détermination de la teneur minimum en carbonate de calcium décelable par les rayons X. Comparaison avec d'autres mélanges.

La diffraction des rayons X n'a pas permis, jusqu'ici, de mettre en évidence la présence de CO_3Ca libre dans le « sel de l'os ». On en a tiré argument d'abord pour nier l'existence du carbonate de calcium non combiné dans l'os, puis pour attribuer à ce corps une structure amorphe. La première hypothèse est abandonnée aujourd'hui; notre but n'est pas de nous attaquer à la seconde, mais seulement de montrer que les rayons X ne permettent pas de déceler le carbonate de calcium, même cristallisé si sa teneur n'est pas relativement importante.

Niggli et Brandenberger ([1]) ont montré dès 1934, que le diagramme d'un mélange hydroxyapatite/calcite ne comporte pas d'autres raies que celle du phosphate si la concentration en calcite ne dépasse pas 10 % de la masse totale.

Il y a là un fait surprenant et nous avons voulu en reprendre l'étude en variant les conditions.

Nous avons utilisé une méthode mise au point par l'un de nous ([2]), dérivée de celle de J. C. M. Brentano ([3]) et qui consiste à enregistrer le diagramme en retour, sous une incidence donnée, fourni par une couche homogène plane de la substance étudiée. Une chambre adaptée à cette fin a été construite.

Dans des conditions identiques d'émergence des rayons diffractés et de grosseur du grain, les corrections d'absorption peuvent être négligées si l'on se borne à des études comparatives. Ainsi, une teneur de 1 % d'anatase a pu être décelée dans le rutile.

Nous avons appliqué cette méthode à des mélanges préparés avec de la calcite et du phosphate tricalcique α $[(PO_4)_2Ca_3, 2H_2O]$ qui nous a été donné par le Professeur M. J. Dallemagne; ce phosphate fournit des raies de diffraction un peu élargies; la calcite, lorsque la préparation est immobile, donne des raies légèrement ponctuées mais bien nettes. (Le dédoublement $\alpha_1\alpha_2$ se remarque déjà pour des angles de Bragg de 30°.)

([1]) *Acta Radiologia*, 15, 1934, p. 351.

([2]) Ch. Legrand, *Bull. Soc. franç. Min. et Crist.*, 74, 1951, p. 20.

([3]) *Proc. Phys. Soc.*, 47. 1937, p. 932.

Nous avons étudié les mélanges à 5 % et à 15 % de calcite.

Le mélange à 5 % de calcite montre à côté du diagramme très apparent de phosphate, quelques rares taches dues au grain assez gros de la calcite. Dans le mélange à 15 %, ces taches augmentent en nombre sans toutefois parvenir à réaliser des raies continues. Cette proportion constitue un seuil approximatif pour la détection de la calcite dans le phosphate.

On voit donc que, malgré une teneur déjà notable, la calcite se détecte difficilement alors que pour d'autres mélanges (TiO_2) la diffraction des rayons X se montre beaucoup plus sensible.

Il est nécessaire dans une telle étude, simplement amorcée ici, de tenir compte de la grosseur du grain, ainsi que de la nature et de la perfection cristallines. Des réactions à l'état solide pourraient aussi expliquer la disparition apparente d'un constituant (formation d'une apatite donnant le même spectre que le phosphate tricalcique α). Afin d'aborder la vérification de cette hypothèse, nous avons exécuté des mélanges totalement différents, peu susceptibles de réagir à l'état solide. Ainsi nous avons remplacé le phosphate par le quartz qui présente une densité du même ordre; la phase dispersée (calcite) occupera donc, à teneur égale, un volume relatif identique à celui qu'elle occupait dans le premier mélange.

A 5 % la calcite n'est pas plus visible dans le quartz que dans le phosphate.

A son tour, nous avons remplacé la calcite par une poudre de NaCl de grain comparable. NaCl se discerne mieux sur les diagrammes, aussi bien dans le cas des mélanges phosphate-NaCl que dans celui des mélanges SiO_2-NaCl. Ce fait est imputable, probablement, à la différence des coefficients d'extinction.

Ces quelques résultats expérimentaux sont insuffisants pour fournir une explication certaine du phénomène. Ils permettent toutefois de faire un choix entre les hypothèses en présence.

1° *Chimique* : une réaction à l'état solide peut être possible, mais ne saurait tout expliquer.

2° *Physicochimique* : une adsorption superficielle, plausible dans le cas du sel de l'os ne pourrait intervenir pour les autres mélanges expérimentaux.

3° *Physique* : la considération des données cristallographiques : facteur de structure, grosseur des cristallites, texture, extension, etc, doit fournir une explication plus générale.

C'est dans cette voie que l'étude sera poursuivie.

Limitée à notre objet essentiel : l'étude du « sel de l'os », ce travail confirme un résultat négatif mais non dépourvu d'intérêt : la diffraction des rayons X est impuissante à déceler du carbonate de calcium, sous une forme bien cristallisée (calcite) dont la teneur par rapport au phosphate tricalcique n'atteint pas 10 à 15 %.

GÉOLOGIE. — *Note préliminaire sur les granites associés à des coulées rhyolitiques précambriennes au Sud de Ouarzazate (Anti-Atlas central) et dans le Sarho.* Note de MM. **Édouard Fauvelet** et **Jean Hindermeyer**, transmise par M. Paul Fallot.

On sait que le Sarho est une boutonnière où affleure un élément de la chaîne formée par la dernière orogénèse précambrienne (Précambrien II = chaîne huronienne ?); constituée de schistes peu métamorphiques la chaîne a été granitisée à la fin des paroxysmes de cette orogénèse. Elle est enveloppée par une série de formations volcaniques (rhyolites, andésites, tufs, cinérites, etc.) et détritiques (grès, conglomérats, etc.) groupées sous le nom de Précambrien III; ce serait l'équivalent du Torridonien ou du Jotnien (Infra-Cambrien de P. Pruvost). Cette série est elle-même recouverte, en discordance souvent visible, par le Géorgien marin (1).

Sur près de 150 km, de Ouarzazate au Bou Gafer, des observations nouvelles (1950-1951) montrent que certains granites sont associés au volcanisme acide du Précambrien III :

1. Au Sud de la route Ouarzazate-Skoura, dans le Tifernine et la Tarhia du Dra, le Précambrien III forme un puissant ensemble plissé de six ou sept « complexes » discordants entre eux. Certaines coulées rhyolitiques des complexes inférieurs sont traversées, au Sud-Ouest de Skoura, par de minces filons et de petits massifs d'un granite rose alcalin (orthose, albite, biotite chloritisée rare, hornblende verte accessoire) qui sont allongés sur 2 à 3 km selon la stratification des coulées. La zone de contact de quelques mètres entre granite et laves encaissantes montre des roches à grains irréguliers, à structure intermédiaire entre celle des microgranites et des rhyolites, et où la pâte séparant les phénocristaux (et les corrodant souvent) est généralement très riche en micropegmatite [« granophyres » des auteurs (2)]; du côté du granite, la pâte est plus ou moins finement holocristalline; du côté des laves, elle comprend des zones partiellement vitreuses. Le granite alcalin forme le massif de Skoura, dont le contact avec les coulées rhyolitiques et andésitiques ne fait apparaître ni surface d'érosion continentale, ni conglomérat de base.

2. Dans le Sarho-Ouest (région de Tagmout), à l'Est de Bouskour, où H. Vincienne avait trouvé, en 1949, des petits pointements de granophyres dans les rhyolites, le Précambrien III comprend *une série inférieure* plissée de rhyolites et niveaux pyroclastiques et une *série supérieure*

(1) G. Choubert, *XVIIIe Congrès Géol. Int.*, 1948, Part XIV.
(2) A. Johannsen, *Petrography*, 2, p. 288 et 299-300.

à peu près tabulaire, discordante sur la précédente, détritique à la base ([3]), surtout rhyolitique au sommet sous le Géorgien marin. Les rhyolites de la série inférieure ont, ici, pour seul substratum visible, un granite rose alcalin analogue à celui de Skoura, affleurant largement dans le bled Aforhal. Les contacts non faillés entre laves et granite ont l'allure de surfaces presque planes ou à grand rayon de courbure, tantôt quasi horizontales (les laves semblant alors flotter sur le granite), tantôt (Jebel Ikftnt) à forte pente (les laves étant comme effondrées par rapport au granite). Comme précédemment, des microgranites à micropegmatite marquent constamment le contact avec les rhyolites. De plus, on trouve dans les coulées des infiltrations granophyriques, de dimension restreinte et d'allongement déterminé, reliées au granite ou en petits massifs isolés.

Deux massifs (massif d'Aforhal et massif du Jebel Korra, au Sud d'El Kelaa) de ces granites alcalins, frais et peu diaclasés, sont séparés par des roches plutoniques mésocrates, formant une série peut-être continue de diorites, granodiorites et granites calco-alcalins. Altérées, diaclasées, parfois mylonitisées, elles appartiennent au cycle éruptif du Précambrien II : elles sont en effet arasées par une surface d'érosion continentale, sur laquelle reposent les coulées rhyolitiques inférieures (quelquefois par un mince conglomérat) et recoupées par les granites liés à ces coulées.

Ainsi, une discordance majeure sépare ici deux ascensions granitiques : une venue calco-alcaline ancienne (Précambrien II) et une *venue alcaline récente associée aux rhyolites du Précambrien III inférieur*.

3. Ces deux venues se retrouvent dans la région d'Iknioun et du Bou Gafer, où L. Clariond et St. Ghika-Budesti avaient déjà émis l'idée d'une liaison pétrographique entre rhyolites et granites ([4]) : la série éruptive ancienne (granodiorites, granites monzonitiques et calco-alcalins), qui a granitisé la chaîne du Précambrien II (schistes légèrement métamorphiques) est recoupée par les granites leucocrates alcalins, passant localement (Akka n'Oullili) à des granites à pyroxène. Là encore (Isk n'Allah, Agoulzi n'Ikaïne, Tizi-Moudou) ces granites récents se relient par quelques mètres de microgranites et granophyres intermédiaires aux coulées de la base du Précambrien III. On observe dans les laves de grands cristaux d'orthose en traînées discontinues (ordre du décimètre) dont l'origine semble indépendante de phénomènes d'injection et des contacts « en baïonnette » entre granite et rhyolites. Enfin, granites anciens, récents et rhyolites inférieures sont recouverts en discordance par les termes supérieurs du Précambrien III, surtout détritiques, mais où la granitisation s'est poursuivie localement (Ouest du Tizi n'Oullili) dans une coulée rhyolitique.

([3]) Des grès de cette série contiennent des organismes en cours d'étude.

([4]) L. Clariond et St. Ghika-Budesti, *C. R. Som. Soc. Géol. Fr.*, 1934, p. 208-210.

Ainsi, de Ouarzazate au Bou Gafer, une venue granitique alcaline, associée aux premières éruptions volcaniques, apparaît postérieure au démantèlement de la chaîne du Précambrien II; elle est contemporaine des premières phases tectoniques du Précambrien III, considérées comme phases posthumes des mouvements paroxysmaux. Il n'est pas exclu (au Bou Gafer en particulier) que cette ultime granitisation ait prolongé, après l'érosion de la chaîne, le cycle éruptif du Précambrien II; ni que certains de ces massifs granitiques soient des foyers de volcans rhyolitiques. Si tel était le cas, il faudrait, de toutes façons, admettre que l'ascension du granite a continué après la consolidation des premières coulées de laves.

GÉOLOGIE. — *La granulométrie des sédiments argilo-vaseux est susceptible d'une expression analytique générale. Notion de faciès granulométriques.* Note de M. **André Rivière**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Les courbes granulométriques cumulatives semi-logarithmiques des sédiments argilo-vaseux se rattachent à trois types caractéristiques ([1]) entre lesquels il existe de nombreuses formes de transition, en sorte que les différentes courbes semblent pouvoir être considérées comme faisant partie d'un ensemble expérimental *continu*, dans lequel prennent place les courbes représentatives des sédiments non évolués. Les courbes représentatives voisines d'une droite (très fréquentes) correspondent à une fonction granulométrique $y = ax + b$, d'où $y' = kx^{-1}$. Les sédiments non évolués, dont les courbes cumulatives en *coordonnées arithmétiques* sont fréquemment voisines d'une droite, ont une fonction granulométrique de la forme $y = ax + b$, d'où $y' = a = a\,x^0$. Les différents types de courbes expérimentales faisant partie d'un ensemble continu, on peut penser que si les fonctions granulométriques qu'elles représentent sont susceptibles d'une expression analytique commune, celle-ci convient aux cas particuliers précédemment étudiés et par suite est nécessairement de la forme $y = \int ax^n\,dx$. Suivant les valeurs de n et en ne considérant que les valeurs correspondant à des courbes réelles, cette expression prend les formes suivantes (en posant $N = 1 + n$) :

	Formes normales.	*Formes réduites.*
(I)	$n = 0, \quad N = 1, \quad y = ax + b, \quad \dfrac{dy}{dx} = a,$	$y = \dfrac{100}{G}x,$
(II)	$0 > n > -1, \quad y = ax^N + b, \quad \dfrac{dy}{dx} = Na\dfrac{1}{x^{1-N}},$	$y = \dfrac{100}{G^N - 1}(x^N - 1),$
(III)	$n = -1, \quad y = c\log x + b, \quad \dfrac{dy}{dx} = \dfrac{k}{x},$	$y = \dfrac{100}{\log G}\log x,$
(IV)	$-1 > n > -2, \quad y = \dfrac{a}{x^{\lvert N \rvert}} + b, \quad \dfrac{dy}{dx} = N\dfrac{a}{x^{1+\lvert N \rvert}},$	$y = \dfrac{100}{G^{\lvert N \rvert} - 1}\left(1 - \dfrac{1}{x^{\lvert N \rvert}}\right)G^{\lvert N \rvert}.$

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1858; **234**, 1952, p. 2298.

Les formes réduites sont obtenues comme suit : dm et dM représentant respectivement les diamètres des particules les plus fines et les plus grosses, d, celui d'une particule quelconque, on prend comme variable indépendante $x = d/dm$ en posant $G = dM/dm$; $g = \log g$. Les expressions obtenues sont indépendantes des unités adoptées. En choisissant pour chaque cas l'échelle des ordonnées de telle manière que 100 unités de pourcentage y représentent la même longueur que g sur l'échelle des abscisses, on obtient des courbes dont la forme ne dépend plus que de N et g ou, plus exactement, que de Ng. Dans le même système de coordonnées, les courbes expérimentales de nombreux sédiments fins coïncident avec les courbes du faisceau ou prennent place entre deux courbes consécutives. Si l'on connaît G, on peut ainsi déterminer N. N peut d'ailleurs être déterminé directement. A et B étant deux points d'une courbe cumulative ordinaire semi-logarithmique, x_0 et x_1 les dimensions de particules correspondantes, t_0 et t_1, les coefficients angulaires des tangentes en A et B, on démontre facilement que $N = (\log t_1 - \log t_0)/(\log x_1 - \log x_0)$. Il est alors facile de calculer G, si celui-ci ne peut être déduit des résultats expérimentaux avec assez de précision.

Les dérivés montrent que : 1° pour les sédiments du groupe (I) (sédiments non évolués, glaciaires, sheet flood, etc.), la fraction Δy correspondant à une fraction peu étendue Δx de l'échelle granulométrique est indépendante de x (dimension des grains); 2° pour ceux du groupe (II) (début d'évolution par transport ou régression par lévigation), la même fraction Δy varie en sens inverse de la grosseur des particules, mais *moins vite* qu'elle; 3° pour le groupe (III) (sédiments de transport évolués, vases fluvio-marines, littorales et marines peu profondes, certains sables, etc.), la fraction Δy se trouve être *inversement proportionnelle* à la dimension des particules correspondantes; 4° pour le groupe (IV) (évolution très avancée par décantation, surtout argiles céramiques fines et peut-être argiles des grands fonds?), la fraction Δy varie en sens inverse de x, mais *plus vite* que lui. On est ainsi amené à distinguer *quatre faciès granulométriques, caractéristiques* d'autant de stades successifs de l'évolution sédimentaire, en quelque sorte indexés par les différentes valeurs de n entre 0 et -2. n apparaît ainsi comme un *indice absolu de l'évolution sédimentaire* qui, avec *l'indice de classement* $g = \log G$, caractérise complètement l'allure de la granulométrie des sédiments dont l'évolution terminale a été exempte du mélange brusque de stocks différents. Il peut d'ailleurs arriver que les différentes parties de la courbe granulométrique d'un sédiment hétérogène correspondent à des valeurs différentes de n; le fait caractérise sans doute des stades intermédiaires d'évolution.

Établis à partir des sédiments fins dont la granulométrie (en raison du nombre des particules) est peu affectée par les phénomènes de dispersion aléatoire, ces résultats peuvent être étendus à des sédiments plus grossiers sous la seule réserve de tenir compte de ces phénomènes. Comme dans bien des cas,

la dispersion s'écarte peu d'une dispersion gaussienne, il est assez facile d'identifier la loi granulométrique fondamentale ou tout au moins le faciès granulométrique caractéristique.

GÉOLOGIE. — *Caractères principaux des terrains cristallophylliens du Rouergue occidental.* Note de M. **Pierre Collomb**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Les métamorphites de la région de Villefranche-de-Rouergue se répartissent entre quatre formations dont nous allons examiner ci-dessous les principaux caractères.

1° *La série de Villefranche.* — Le type de cette formation est une roche gris verdâtre, très fissile suivant des surfaces ondulées chloriteuses et séricitеuses, contenant des amandes et des lentilles quartzo-feldspathiques nombreuses, et montrant une structure de tectonite où la linéation, bien marquée par les plissottements, conserve une direction sensiblement constante (N 10° W en moyenne) dans toute l'étendue de la formation, avec toutefois des plongements variables. Au microscope, dans un fond de quartz et d'orthose en petits éléments granoblastiques, se montrent des chlorites avec auréoles pléochroïques, chargées de produits titanés et tordues (anciennes biotites dont la transformation est parfois incomplète), et de la muscovite abondante dont les paillettes articulées dessinent des microplis. Les lits de quartz suivent également le détail de ces microplis et présentent souvent une structure « en mortier », les grains y ont une extinction franche. Par contre, on remarque quelques plagioclases (oligoclase) amygdaloïdes tordus et brisés : nous sommes en présence d'un ancien gneiss à deux micas qui a subi un *puissant laminage suivi d'un recuit dans des conditions où seuls le quartz et la muscovite pouvaient recristalliser.*

En divers points de cette formation se rencontrent des *leptynites* leucocrates (absence de chlorite) peu micacées, des *roches graphiteuses* peu métamorphiques, dont j'ai déjà signalé l'existence dans une Note antérieure (1) et qui sont probablement d'anciens *phtanites*; enfin, voisines de ces derniers, des *amphibolites* schisteuses, inconnues jusqu'ici dans la région, et qui paraissent interstratifiées dans la série.

2° *Les gneiss du Pont de Vésis*, très mélanocrates, de grain moyen et à foliation généralement peu visible, mais où l'on peut cependant distinguer une linéation, différente de celle de la formation précédente, et dirigée vers l'E 15° S. Ils affleurent au-dessous de la série de Villefranche, 5 km environ à l'Est de cette ville. Le microscope montre beaucoup de biotite, tordue mais inaltérée, pratiquement sans zircons; de la hornblende verte rare;

(1) *C. R. Somm. Soc. Géol. Fr.*, 1950, p. 283.

de nombreux plagioclases (andésine) presque toujours mâclés et parfois zonés. Il y a peu de quartz, mais de nombreux cristaux brisés d'apatite.

En certains points, ils sont spécialement amphiboliques, et l'on y rencontre également des passages graphiteux.

3° *Les gneiss d'injection aplitiques de Morlhon-le-Vieux* dont les roches de la série de Villefranche constituent la trame, apparaissent vers le Sud à la base de cette série; la linéation de celle-ci y est conservée. L'injection se fait par des lits d'une aplite fine, dont les éléments, orthose et quartz, ne sont pas déformés microscopiquement.

4° *Les migmatites granitiques des gorges de l'Aveyron.* — Elles affleurent de façon discontinue en bordure Sud de la portion Nord du batholithe de granite. Ce sont vraiment des roches de mélange, constituées par des fragments, de dimensions variées et plus ou moins abondants suivant les points, des deux premières formations, ayant gardé leur orientation primitive, baignant dans un fond de granite à grain fin. Ce granite ne montre pas de linéation. Je n'ai pu encore préciser les rapports de cette formation avec le batholite; cependant, je dois signaler une roche analogue, à faciès d'agmatite, au contact, visible près de Monteils, des paragneiss de la région de Najac et du bord Ouest du batholithe.

Conclusions. — Confirmant les caractères généraux du Rouergue mis en évidence par M. Roques [2], nous constatons que la série de Villefranche montre des phénomènes de *rétromorphose* (voire de diaphtorèse). D'autre part, je les ai signalés en 1950 [3] dans la région de Najac. Ils sont antérieurs à la mise en place du granite.

Les couches graphiteuses sont localisées dans une bande continue, dirigée à peu près vers l'ENE, du Sud de Villefranche à Prévinquières. Elles *semblent pouvoir constituer un repère stratigraphique valable.* La présence dans leur voisinage immédiat d'amphibolites et de leptynites leucocrates pourrait se rapprocher de l'association phtanites-rhyolithes décrite par G. Mathieu [4] dans le Briovérien de Vendée et rapprochée par lui de celle de phtanites et de diabases en Bohême.

GÉOLOGIE. — *Les Arthrodires du Maroc méridional.*

Note de M. **Jean-Pierre Lehman**, transmise par M. Pierre Pruvost.

En plus des Dinichthydés, la faune d'Arthrodires du Maroc méridional comprend un *Titanichthydé*. Dans le Dévonien du Sahara, des restes d'Arthrodires ont été observés du Sud marocain jusqu'à la Libye.

---

(2) *C. R. Somm. Soc. Géol. Fr.*, 1950, p. 64.

(3) *Voir* à ce sujet : M. Roques, *Mém. Serv. Carte géol. France.*

(4) *Recherches géologiques sur les terrains paléozoïques de la région vendéenne* (*Thèse Univers. Lille*, 1937, 1er fasc., p. 38).

Dans une Note précédente (1) j'avais fait connaître la présence d'Arthrodires Brachythoraci de la famille des Dinichthydés dans le Dévonien supérieur du Tafilalet. Le dégagement du matériel récolté m'a permis d'observer la face inférieure du dermocrâne de ces Poissons : elle présente même relief que chez *Dinichthys intermedius* Nwb. décrit par Heintz (2) (1932). En particulier sous les plaques marginale, postorbitaire et préorbitaire existe un renflement (« lateral consolidated part » de Heintz) se terminant médialement par une ride, d'où se détache au niveau de l'arrière de la plaque pinéale, un fort procès neurocranial. Sous la plaque pinéale, une large plaque dermique représente le parasphénoïde et correspond à la plaque dentée située sous l'hypophyse chez *Kujdanowiaspis* [*cf.* Stensiö (3), 1942, *fig.* 5]. Il y avait à la fois une capsule nasale et une capsule optique ossifiées. Newberry (4) avait décrit chez *Dinichthys* une telle capsule optique ossifiée, mais Stetson (5) considérait qu'il s'agissait plutôt d'une capsule nasale; dans un Dinichthydé du Maroc tout au moins, les deux capsules optique et nasale sont à la fois présentes, fait qui montre que la régression du tissu osseux endocrânien chez ces formes est moins marquée qu'on aurait pu le penser. La capsule optique était entourée de plaques sclérotiques dermiques.

Des Titanichthydés existent aussi dans le Dévonien supérieur du Tafilalet (Maroc méridional). Le meilleur exemplaire des Poissons de cette famille, dans mon matériel, a un toit crânien ayant environ 1,50 m de large au niveau de la plaque nucchale; comme chez *Gorgonichthys clarki* Claypole [Dunkle et Bungart (6), 1940, *fig.* 1], les plaques centrales, paranucchales et postorbitaires étaient séparées par des lacunes impliquant une régression déjà assez avancée du dermocrâne en accord avec le niveau géologique élevé dans le Dévonien de ces Arthrodires. L'inferognathal (mixicoronoïde) est, dans la forme du Maroc, comme chez *Titanichthys agassizii* [Dunkle et Bungart (7) 1942], dépourvu de dents. Comme chez *Homostius* [Heintz (8) 1934], les canaux sensoriels [lignes sensorielles infraorbitaire et supramaxillaire de Stensiö (9) 1947], n'étaient pas confluents dans la plaque sous-orbitaire, ainsi que Dean (10) l'avait déjà observé chez *Titanich-*

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2237.
(2) *Amer. Mus. Nat. Hist.*, 1932, p. 129.
(3) *Kungl. Vetensk. Akad. Handl.*, 20, 1942, 3e série, no 3, p. 23.
(4) *U. S. Geol. Surv. Monog.*, 16, 1889, p. 146-148.
(5) *Cambridge, Mass. Mus. Comp. Zool.*, 7, 1930, p. 26.
(6) *Cleveland Mus. of Nat. Hist.*, 8, 1940, no 3, p. 32.
(7) *Loc. cit.*, no 4, 8, 1942.
(8) *Archiv für die Naturkunde Estlands*, 1re série, 10, 1934, p.38.
(9) *Kungl. Vetensk. Akad. Handl.*, 3e série, 24, 1947, no 3.
(10) *Mém. Amer. Mus. Nat. Hist.*, 9, 1909, p. 270.

thys clarki Nwb. La carapace thoracique du Titanichthydé du Maroc comprend notamment une grande plaque médiodorsale à quille d'insertion musculaire bien développée. *Titanichthys* n'était connu jusqu'ici que dans le Dévonien supérieur des États-Unis (Cleveland shales; peut-être cependant mississipiens).

L'étude des Goniatites accompagnant les Arthrodires est encore incomplète; on peut seulement affirmer la présence des Arthrodires dans la zone IV à Clyménies du Famennien.

Dans la région de Beni Abbès, des observations sur le terrain de M. Pareyn et de Mme Petter montrent que le Dévonien supérieur du Sahara oranais renferme aussi des Arthrodires. M. Follot a, d'autre part, trouvé des fragments d'Arthrodires dans l'Adrar Ahnet et le Mouydir (Famennien inférieur). Des restes d'Arthrodires m'ont aussi été rapportés par M. Lelubre de Fort Polignac (Sahara central; Dévonien) et par M. Freulon, des environs d'Aounet Ouenine (Libye).

L'aire de distribution géographique des Arthrodires dans le Dévonien du Sahara est donc très étendue puisqu'on les connaît maintenant du Maroc à la Libye.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la découverte de Knemiceratinæ (Ammonites albiennes) en Équateur, en Colombie et au Vénézuela.* Note de M. **Maurice Breistroffer**, transmise par M. Léon Moret.

Depuis 1875, le Pérou est connu comme l'un des centres créateurs du genre albien *Knemiceras* J. Bohm 1898 (= *Buchiceras* Fisch. 1882, non Hyatt 1875 s. restr.). L'espèce la plus classique y est le *K.* « *attenuatum* » Hyatt 1903 (non Böhm 1898) = « *Buchiceras* [*Glottoceras*] » *attenuatum* Hyatt 1875 sine fig.; son port engonoceratiforme, avec flancs amincis et pourtour externe rétréci, bordé par deux rangées alternes de tubercules latéro-externes, ses côtes flexueuses et sa ligne suturale l'éloignent assez du génotype syrien pour reprendre en sa faveur le sous-genre *Glottoceras* Hyatt 1875 pro gen. accid. : *K.* (*G.*) *typicum* Somm. 1910 pro subsp., excl. *K. spinosum* (Somm. pro var.). Autrefois assignée avec doute au Cénomanien ou à l'Aptien, elle appartient typiquement au Mésoalbien basal à *Lyelliceras*, *Eubrancoceras*, *Oxytropidoceras* et *Dipoloceroides*.

Toutes les autres espèces péruviennes sont à peu près contemporaines puisque *K. Bassleri* Knecht., attribué à l'Aptien par Knechtel (1947), a été trouvé à 400 pieds au-dessus du Douvilléiceratien (Singewald 1947) et diffère à peine de *K. semicostatum* Somm. pro subsp. *K. attenuatum* Hyatt in Gabb 1887 sp., J. Böhm 1898 (= *K. Gabbi* Hyatt 1903) a des cloisons d'allure parengonoceratiforme. *K. libertadense* n. n. (= *K. attenuatum* R. Douv. 1906, p. 151 text.-*fig.* 4, *pl.* III, *fig.* 1 = *K. Aramburgi*

Basse 1940 pars) en diffère par l'énorme développement de ses tubercules ombilicaux et par ses cloisons plus simples avec lobes rectangulaires à base élargie. *K.* (?) *ziczag* n. n. (= *K.* sp. in R. Douv. 1906, p. 154, *pl.* IV, *fig.* 1 = *K. attenuatum* H. Douv. 1911, p. 316 text., *fig.* 63) est une espèce hypertuberculisée, à bourrelets en ziczag entre les tubercules latéro-externes en alternance et à cloisons présentant une très forte remontée des éléments internes vers l'ombilic.

Dans le « Napo » de l'Équateur (coll. Shell Quito), 5 ex. de *K.* (*G.*) *typicum*, espèce peu spécialisée et de forte longévité, semblent avoir atteint le Néoalbien basal à *Venezoliceras Acostæ* d'Orb. sp. em. et *Neophlycticeras* aff. *Brottianum* d'Orb. sp.

En Colombie (coll. Shell Bogota et Breistr.), *K.* (*G.*) *typicum* a vécu dans le Cundinamarca vers le Mésoalbien basal à *Lyelliceras* et *Oxytropidoceras*. *K. crassinodosum* Somm. pro subsp. (= *Engonoceras G.-Stolleyi* R. Douv. 1906 pars; incl. var. *sihuasensis* nob. : in Somm 1910, p. 362 text., *fig.* 19 et *pl.* XIII, *fig.* 1-2) a été trouvé dans le Boyaca, vers le contact de l'Eoalbien à *Hypacanthoplites* et du Mésoalbien basal à *Lyelliceras Lyelli* Desh. sp. *K. Raimondii* Liss., très trituberculisé, a vécu vers ce dernier niveau dans le Cundinamarca. Trois espèces inédites du Tolima caractérisent le Néoalbien inférieur à *Hysteroceras Orbignyi* Spath; encore plus minces et plus engonoceratiformes que *K.* (*G.*) *typicum*, elles sont très discoïdales, fortement comprimées, souvent très involutes, ornées de bourrelets périombilicaux très peu saillants ou nuls, d'un grand nombre de très fines stries flexueuses et de tubercules latéroexternes en alternance très régulière, avec des cloisons peu découpées en ligne droite; leur port annonce celui des Forbesiceratidæ cénomaniens (*Forbesiceras*), sans parenté.

Knemiceras est accompagné, dans le Mésoalbien basal du Cundinamarca, par un genre monotypique très discoïdal, fortement comprimé et involute, à ornementation réduite à de très fines stries flexueuses, à pourtour externe très étroitement plan-concave et bordé de deux carènes continues. Ses cloisons très découpées, avec forte courbure descendante des éléments principaux, l'écartent du *Protengonoceras Gabbi* Böhm sp. et son port évoque bien plus les *Mogharæceras* du Bédoulien (?) et les *Subpulchellia* du Barrémien que les Gastroplitinæ albiens ou les Deshayesitinæ aptiens (*Dufrenoyia*), dans lesquels on avait recherché la souche problématique des Engonoceratidæ.

Toujours en Colombie, les *Parengonoceras*, à cloisons très découpées d'allure hypengonoceratiforme, sont représentés en Cundinamarca par une espèce reliant *P. Ebrayi* Loriol sp., du Protohoplitien de France, à *P. pernodosum* Somm. sp., de l'Oxytropidoceratien du Pérou, et ayant vécu sur les confins de l'Eoalbien terminal à *Douvilleiceras inæquinodum* (Quenst.) et du Mésoalbien basal à *Lyelliceras Ulrichi* Knecht.

Au Vénézuela (coll. Shell Caracas), les Knemiceratinæ ne sont connus que par un seul *Parengonoceras* aff. *tetranodosum* Liss. sp., du Mésoalbien inférieur à *Oxytropidoceras* cf. *carbonarium* Gabb sp.

Ces découvertes précisent l'âge des Knemiceratinæ américains. Dans le « Glen Rose » moyen et supérieur du Texas (G. Scott 1940), *Knemiceras* (*Glottoceras*) *Roemeri* Crag. sp. précède de fort peu *K.* (*G.*) *nodosum*, *azlense* et *trinitense* Scott du Mésoalbien inférieur, entre l'Eoalbien supérieur (à *Douvilleiceras Spathi* Scott et *Trinitoceras rex* Scott) et le « Paluxy », situé sous le « Walnut » ou Mésoalbien moyen (à *Engonoceras emarginatum* Crag. sp. et *Metengonoceras* aff. *Hilli* Böhm sp.).

Tous ces *Glottoceras* semblent un peu moins anciens que les espèces égyptiennes du groupe de *Knemiceras Douvillei* (Basse em.) Breistr. et de *K.* (s. l.) *Rittmanni* Gam. Mahm., concentrées dans deux niveaux du Douvilléiceratien à *Eotetragonites*, *Valdedorsella*, *Neosilesites* (incl. *Neposiella* : gr. *nepos* H. Douv. sp.) *Goretophylloceras* (incl. *Aphroditiceras* : gr. *Aphrodite* P. Fall. et Term. sp.), etc. (Dr Gamal Mahmoud, *Thèse* Grenoble, 1952).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'influence du gemmage sur la répartition de l'oléo-résine dans le bois du Pin maritime*. Note (*) de M. **Roger David**, présentée par M. Henri Devaux.

Le traumatisme mécanique seul (technique française de gemmage) ou mécanique et chimique (gemmage activé à l'acide sulfurique) effectué dans le tronc du Pin maritime provoque l'apparition d'oléo-résine dans la lumière des trachéides voisines du traumatisme; le nombre des trachéides contenant de l'oléo-résine est nettement plus grand dans le cas du gemmage activé à l'acide.

A la suite de leurs recherches sur le « système sécréteur oléo-résineux du Pin maritime », Devaux et Bargues (1) ont signalé que toutes les cellules vivantes de la tige peuvent former de l'oléo-résine. Ils ont en outre remarqué qu'il s'agit d'une substance acide dans la cavité des canaux sécréteurs du bois, tandis que cette substance est neutre dans celle de la plupart des canaux du liber et chez toutes les cellules vivantes.

Nous avons voulu rechercher l'influence qu'exerce le gemmage sur la formation et la répartition de cette oléo-résine dans le tronc de l'arbre. Dans ce but, des prélèvements ont été effectués à l'aide d'une tarière sonde dans le tronc de divers Pins : au niveau de la care, sur le côté et au-dessus de cette dernière; certains Pins expérimentés étaient gemmés par la méthode française courante, d'autres par une méthode de gemmage activé à l'acide sulfurique (2).

(*) Séance du 23 juin 1952.

(1) *Procès-verbaux de la Soc. des Sc. Phys. et Nat. de Bordeaux*, 1925-1926, p. 174.

(2) La méthode française courante consiste à effectuer une care qui entame le bois; dans

Pour déceler la présence de l'oléo-résine dans les coupes effectuées dans ces prélèvements, nous avons utilisé la solution alcoolique de rouge Soudan, la solution aqueuse d'acide osmique, la réaction de Storch-Morawski, et la solution aqueuse d'acétate de cuivre.

Lorsque les prélèvements sont effectués dans les cares, on constate (comme l'indiquent Devaux et Bargues, dans le cas de la tige normale) que le Soudan III colore des substances se trouvant dans les canaux sécréteurs du bois, les cellules bordantes du canal et les cellules des rayons médullaires; mais on remarque également que le rouge Soudan colore aussi une substance contenue dans les trachéides qui se trouvent au voisinage de la care. Cette substance, qui se colore en noir par l'acide osmique, est soluble dans l'alcool. Par évaporation de cette solution alcoolique, on obtient un résidu soluble dans l'anhydride acétique pur, qui donne une réaction de Storch-Morawski positive : il s'agit donc d'une substance résineuse.

Lorsque les coupes sont traitées à chaud par la solution d'acétate de cuivre, le contenu de ces trachéides se colore en vert. Puisque les trachéides contiennent, comme nous venons de le voir, une substance résineuse, il s'agit donc d'acides résiniques qui donnent avec l'acétate de cuivre des résinates de cuivre verts. Cette résine présente donc la même réaction acide que celle du contenu des canaux sécréteurs du bois ([1]).

Quelquefois, certaines cellules des rayons médullaires contiennent aussi de l'oléo-résine acide. Ceci permet de penser que l'oléo-résine des trachéides pourrait provenir des canaux sécréteurs par passage à travers les cellules des rayons médullaires et les ponctuations des trachéides.

Le nombre des trachéides dont la cavité contient des acides résiniques varie suivant la nature de la care et le lieu du prélèvement. En outre, tandis que les trachéides qui se trouvent au voisinage immédiat de la care contiennent toujours toutes de la résine, par contre, dans certains cas, celles qui sont situées à une certaine distance de la blessure n'en contiennent que lorsqu'il s'agit d'éléments formés à l'automne.

Le tableau ci-contre donne pour diverses régions de la care et à son voisinage, l'épaisseur moyenne (pour 5 arbres) des couches de bois dont les trachéides contiennent de la résine. Ces prélèvements ont été effectués le 14 janvier sur des cares de 3 ans, trois mois après la dernière « pique ».

Ainsi, l'épaisseur du bois dont les trachéides contiennent de la résine est plus grande dans le cas de la care activée à l'acide que dans le cas de la care française. Elle est nettement plus grande lorsque le prélèvement est effectué

---

la méthode de gemmage activé utilisée, on enlève seulement l'écorce et le liber (« bark-chipping » américain) et on pulvérise sur la blessure (en général sur le cambium) une solution d'acide sulfurique à 60%.

au milieu de la care (à 1,10 m du sol) ou à son sommet (à 2 m du sol) que lorsqu'il est fait à la base.

Épaisseur du bois (en mm) *dont les trachéides contiennent de l'oléo-résine.*

	Lieu du prélèvement par rapport à la care					
Nature la care.	Base.	Milieu.	Sommet.	Immédiatement au-dessus.	20 cm au-dessus.	Sur le côté.
Care française....	4,1	7,6	5,6	0	0	0
Care activée......	5,6	10,3	13,1	9	0	0

Dans le cas de la care française, l'épaisseur des couches de bois imprégné de résine est sensiblement plus faible au sommet qu'au milieu ; c'est l'inverse pour la care activée.

Dans la région située immédiatement au-dessus de la care française les trachéides ne contiennent pas de résine; elles en contiennent dans la care activée; mais, 20 cm au-dessus, on n'en observe plus.

Ainsi, le traumatisme mécanique (care française) provoque l'apparition de résine dans les trachéides voisines situées au même niveau. Le nombre de ces trachéides injectées d'oléo-résine est plus important lorsque le traumatisme est accentué par l'acide sulfurique.

On peut d'ailleurs constater à l'aide de l'hélianthine que l'acide pénètre dans le bois jusqu'à une profondeur de 6 mm environ et au-dessus de la pulvérisation jusqu'à une distance de 8 à 9 mm dans les 24 h qui suivent le traitement. L'acide disparaît ensuite progressivement : on ne peut le déceler que sur une profondeur de 1 mm seulement un mois après la pulvérisation. Il est donc soit neutralisé, soit éliminé par l'écoulement de la gemme. L'acide accroît donc l'effet du traumatisme mécanique.

Lorsque les prélèvements sont effectués sur le côté des cares, les trachéides ne contiennent pas de résine. L'influence du traumatisme est donc à peu près nulle dans le sens tangentiel.

PHYSIQUE VÉGÉTALE. — *Variation de la quantité d'amidon dans les cellules stomatiques au cours des mouvements induits par la lumière.* Note de M. **Igor Mouravieff**, présentée par M. Roger Heim.

La mesure des grains d'amidon dans les cellules stomatiques d'*Aponogeton distachyus* montre que la quantité d'amidon est notablement plus grande dans les stomates fermés (à l'obscurité) que dans les stomates ouverts.

Malgré l'attrait que présente l'hypothèse de l'équilibre amidon $\rightleftharpoons$ sucre pour expliquer les mouvements des stomates induits par la lumière et le

nombre élevé d'observations consacrées à ce sujet (1), celle-ci ne peut être admise qu'avec les plus grandes réserves.

Les principales difficultés rencontrées dans l'étude de ce problème résident dans l'absence de méthodes précises d'évaluation du volume de l'amidon dans une cellule et le fait qu'il est souvent très difficile de séparer des mouvements stomatiques induits par la lumière des mouvements provoqués par d'autres facteurs (température, hydratation de l'épiderme) et de mouvements périodiques à première vue autonomes. Les espèces étudiées semblent souvent avoir été prises au hasard. C'est ainsi que chez les plantes généralement choisies, comme *Pelargonium*, *Zebrina*, *Vicia*, etc., l'amidon est si abondant dans les stomates, ou ses grains sont de formes si irrégulières, que toute tentative d'évaluer quantitativement, avec quelque exactitude, les changements du volume de l'amidon est inévitablement vouée à l'échec (2). De là proviennent sans doute les contradictions relevées dans la bibliographie.

Au cours de nos recherches sur l'appareil stomatique d'*Aponogeton distachyus* L. f., nous avons pu constater que cette plante à feuilles nageantes constitue un matériel favorable pour l'étude quantitative des variations de l'amidon en rapport avec les mouvements des stomates. Le nombre des grains d'amidon est relativement peu élevé (26 à 40 pour les deux cellules chez nos plantes) et ceux-ci sont suffisamment distants les uns des autres pour qu'il soit possible de les mesurer individuellement avec une précision suffisante. Tout au plus sont-ils parfois groupés par deux ou trois. Leur forme est assez régulière, en général globuleuse ou elliptique. On réalise une belle coloration de ces grains avec le réactif de Heath (3), mais les stomates se ferment un peu dans ce réactif. Pour cette raison, nous préférons mesurer l'état d'ouverture, non dans ce réactif, comme le préconise Heath, mais dans l'huile de paraffine et faire ensuite la coloration.

Nous avons dénombré et mesuré les grains d'amidon dans 100 stomates ouverts à la lumière et dans 100 stomates fermés à la suite d'un séjour des feuilles de 6 h à l'obscurité.

Le nombre des grains ne varie guère; nos moyennes donnent 29 grains par stomate ouvert et 31 grains par stomate fermé. Par contre, leur longueur varie de façon manifeste, comme le montrent les courbes ci-contre dont chacune rassemble les mesures faites sur la totalité des grains de 100 stomates, soit sur environ 3 000 grains.

Notons que quelques grains deviennent si petits dans les stomates

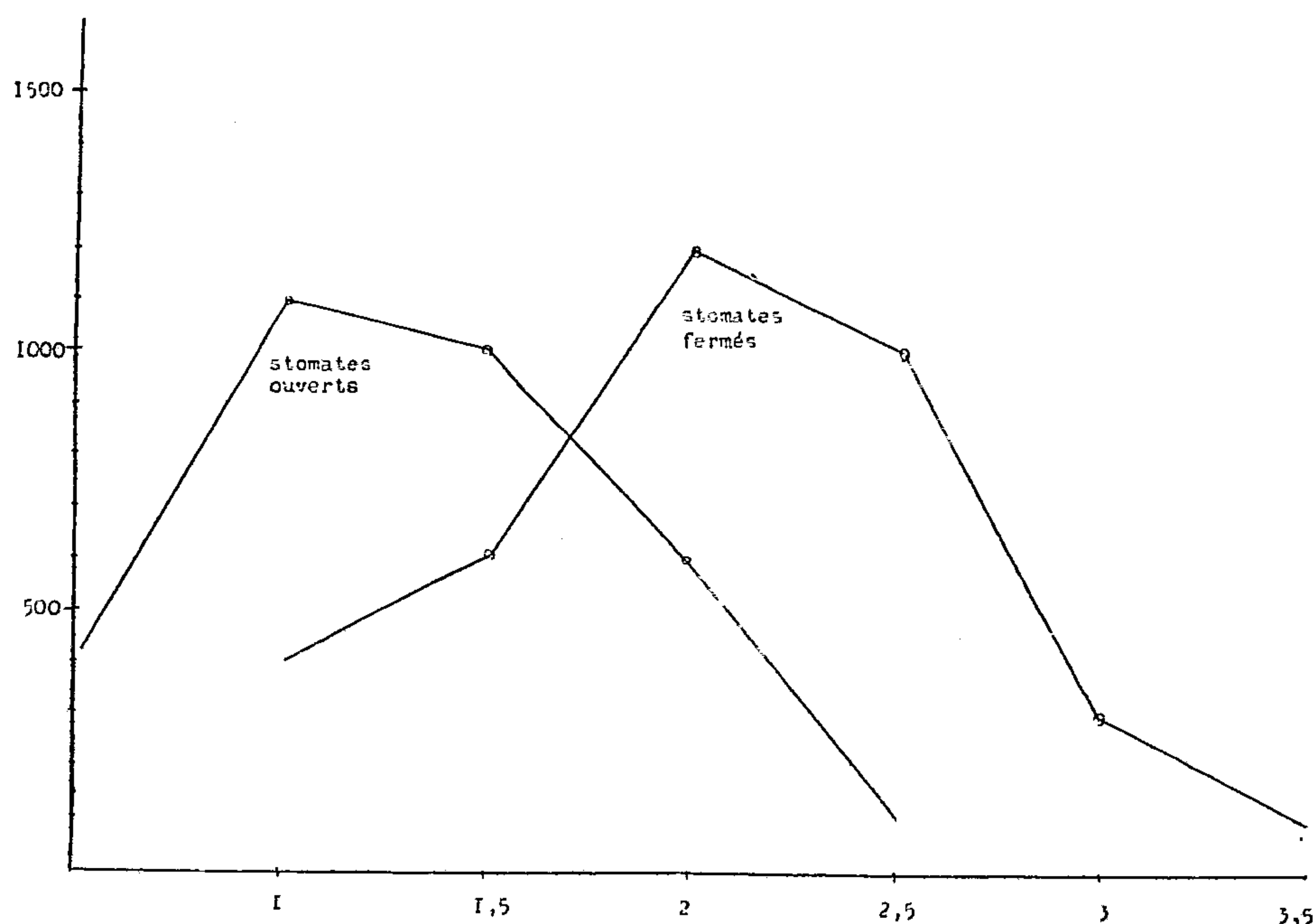
(1) *New Phytol.*, 48, 1949, p. 186-211.

(2) W. T. Williams et G. S. Spencer, *Nature*, 166, 1950, p. 34-35.

(3) *Nature*, 159, 1947, p. 647-648.

ouverts qu'il n'est plus possible de les mesurer, bien que l'iode les mette encore nettement en évidence.

Les variations de largeur sont trop faibles en valeur absolue (la largeur moyenne passe de 1 à 1,2 μ quand la longueur passe de 1,2 à 1,9 μ) pour que nous jugions utile d'en tenter la représentation graphique.



Courbes permettant de comparer la longueur de grains d'amidon dans les stomates ouverts et fermés. En *ordonnées*, nombre des grains d'amidon; en *abscisses*, longueur des grains.

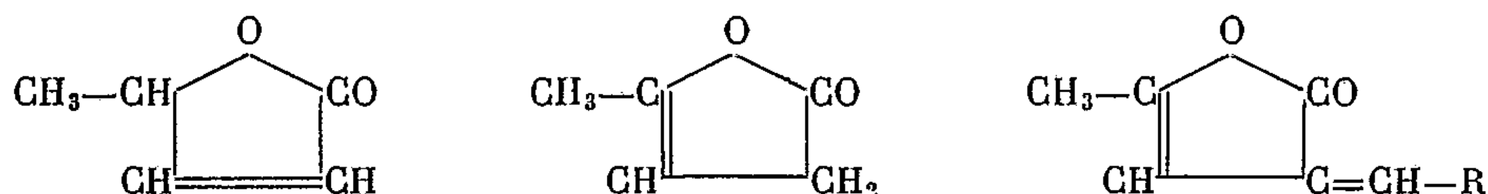
Notons, d'autre part, qu'il est impossible de donner une idée précise des variations de volume correspondant à ces variations de longueur et de largeur; cependant, nos calculs nous conduisent à l'idée que dans le stomate ouvert le volume de l'amidon est deux fois plus faible que celui du stomate fermé.

PHYTOCHIMIE. — *A propos de l'activité des corps digitaliques.* Note de M. **Marcel Frèrejacque**, présentée par M. Roger Heim.

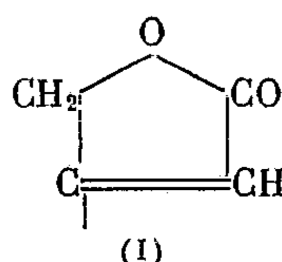
On a montré depuis fort longtemps [1] que les lactones angéliques peuvent se combiner à certains aldéhydes, en présence des amines secondaires, pour donner naissance à des corps colorés en jaune, auxquels on attribue la formule

[1] Thiele, Tischbein et Lössow, *Liebigs Ann.* 319, 1901, p. 185; Oettinger, *J. Amer. Chem. Soc.*, 52, 1930, p. 2024 et *J. Pharm.*, 39, 1930, p. 59.

d'olides deux fois éthyléniques ([2]) :



Comme il est maintenant bien établi que les génines des hétérosides digitaliques possèdent une chaîne lactonique (I) qui a une certaine analogie avec les lactones angéliques, on pouvait espérer que ces génines étaient également capables de se combiner aux aldéhydes :



Nous avons effectivement obtenu, en chauffant à 100° une solution méthanolique de digitoxigénine, d'aldéhyde anisique et de pipéridine un corps cristallin jaunâtre qu'on peut aisément recristalliser de l'éthanol. C'est l'anisylidène-digitoxigénine $C_{31}H_{40}O_5$; F (anhydre) 250-252° ; $[\alpha]_D^{20}$ ($CHCl_3$) + 11°,8, qui présente à l'état solide une belle fluorescence bleue en lumière de Wood. Les résultats analytiques s'accordent bien avec la formule attendue : C 75,4 ; H 8,3 ; OCH_3 6,1 ; Calculé C 75,6 ; H 8,2 ; OCH_3 6,3. On obtient aisément, par acétylation pyridinée, l'acétylanisylidène digitoxigénine $C_{33}H_{42}O_6$ qui recristallise de l'éthanol en feuillets brillants peu solubles F 237 ; $[\alpha]_D^{20}$ $CHCl_3$ + 27°,5 ; C 74,0 ; H 8,1 ; calculé : C 74,1 ; H 7,9.

A partir de la strophanthidine, nous avons préparé de façon analogue l'anisylidène strophantidine, $C_{31}H_{38}O_7$, F (anhydre) 270-278° ; $[\alpha]_D^{20}$ ($CHCl_3$) + 24° ; C 71,1 ; H 7,4 ; calculé C 71,2 ; H 7,4.

Naturellement, on peut aussi obtenir des combinaisons analogues avec les hétérosides digitaliques eux-mêmes. Nous avons préparé, à titre d'exemple, l'anisylidènedésacétyltanghinine $C_{38}H_{50}O_{10}$; C 68,6 ; H 7,6 ; calculé C 68,5 ; H 7,6 qui se présente sous forme de cristaux franchement jaunes, présentant une intense fluorescence verte en lumière de Wood. F 168-170° ; $[\alpha]_D^{20}$ ($CHCl_3$) — 43°.

Il est remarquable que toutes les combinaisons ainsi préparées ne présentent plus aucune des réactions colorées caractéristiques de l'aglucone, que donnent les corps de départ avec certains dérivés nitrés (réactions de Legal, Raymond, Baljet, etc.). Ceci ne peut être dû à la transformation des digitaliques en isodérivés, car, d'une part la digitoxigénine n'est pas isomérisée dans les conditions où nous opérons, et d'autre part, dans ces mêmes conditions l'isodigitoxi-

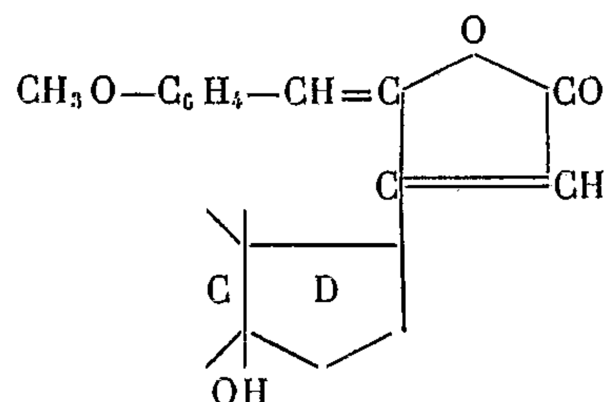
---

([2]) Dans un cas particulier, un composé d'une autre nature a été obtenu par D. H. MARRIAN et P. B. RUSSEL, *J. Chem. Soc. London*, 1946, p. 753.

génine ne s'unit pas à l'adéhyde anisique. Par contre, les solutions alcooliques de ces dérivés, chauffées avec la potasse diluée, se colorent en violet.

Il est également remarquable que les corps qui viennent d'être décrits ne sont plus amers ni sternutatoires. *Ils ont également perdu toute toxicité* aussi bien vis-à-vis du Chat que vis-à-vis de la Grenouille ([3]).

La formule des corps préparés est schématisée ci-dessous :



On voit donc que la présence du groupement $—CH_2—\overset{|}{C}=CH—$ est nécessaire pour que persiste l'action digitalique.

PHYTOPATHOLOGIE. — *Une cause nouvelle de dépérissement des œillets à Nice : la maladie à sclérotes.* Note de Mme **Mireille Moreau**, présentée par M. Roger Heim.

De récents voyages dans le Sud-Est de la France nous ont permis de suivre les symptômes d'une maladie des Œillets apparue il y a une dizaine d'années chez quelques planteurs et qui, accroissant tous les ans ses méfaits, cause maintenant des pertes graves dans la région niçoise.

Il y a 4 ans, le planteur chez lequel nous avons fait la plupart de nos observations a noté deux pieds malades sur une terrasse de 250 m². L'extension de la maladie s'exagère chaque année; en février 1952, nous avons noté les premiers cas de dépérissement; en avril, toute la planche comportant plusieurs milliers d'œillets était détruite.

Ce sont la variété *Anita* et ses hybrides qui semblent les plus touchés. Or, l'intérêt de cette variété, d'origine italienne, réside en ce fait qu'elle résiste assez bien aux maladies fusariennes si dangereuses pour la plupart des autres variétés.

L'œillet, normalement d'un beau vert glauque, pâlit, devenant d'un vert jaune chlorotique; puis la plante s'affaisse, semblant manquer d'eau. En quelques jours, elle est totalement desséchée, gardant son ton verdâtre. Jusque-là, le système radiculaire ressemble macroscopiquement à celui d'un œillet sain, mais des coupes montrent un mycélium abondant dans

([3]) M. Chen, d'Indianapolis, a bien voulu étudier pour nous la toxicité de ces produits.

les vaisseaux du bois. Dès la mort de l'œillet, de nombreuses ponctuations noires se manifestent au niveau du système vasculaire; elles s'étendent des racines jusqu'aux premières ramifications de la tige et envahissent alors tous les tissus jusqu'à l'écorce et la moelle. En quelques jours, la racine subit une désagrégation fibreuse très caractéristique; c'est alors qu'apparaît tout un cortège de bactéries et de Champignons saprophytes qui achèvent la besogne.

Ce type spécial de destruction du collet et des racines pourrait s'expliquer par la formation des sclérotes entre les fibres du bois, leur rapide croissance dissociant les tissus, liée à une puissante action cellulolytique du Champignon.

Les isolements pratiqués à partir du collet et des racines d'œillets aux premiers stades de dépérissement nous ont fourni un mycélium hyalin, cloisonné, de 1 à 3 μ de diamètre, produisant des stromas globuleux noirs semblables aux sclérotes observés sur œillets.

Aussi bien à la température du laboratoire qu'en étuve à 37°, laissé à la lumière du jour, le Champignon pousse mal et très lentement, donnant des cultures intramatricielles avec peu de sclérotes, alors que la plupart des milieux de culture à température ambiante, mais à l'obscurité, se sont montrés favorables à une culture vigoureuse et très riche en sclérotes.

Le jeune sclérote a une origine assez semblable à celle d'un périthèce, avec tortillon de type ascogonial et filaments recouvrants; puis, par division successive et par brunissement des cellules, on obtient des sclérotes adultes assez polymorphes, soit sphériques, soit ovales et dont la taille varie de 30 à 210 μ de long sur 25 à 125 μ de large. La moyenne des tailles, établie sur les échantillons prélevés sur neuf milieux de culture différents, est de 119×78 μ.

Ce Champignon, par son type d'attaque et par ses caractères culturaux, a pu être identifié à *Sclerotium bataticola* Taubh. Il n'est connu, en France, que depuis le travail récent de Vinot et Bernaux [1] qui le signalent sur pommes de terre, aubergines et poivrons en Provence au cours des étés 1943 à 1947.

Les recherches bibliographiques permettent de suivre la propagation de *Sclerotium bataticola* sur des hôtes et dans des pays nouveaux. Originaire des Indes, ce parasite occupait, dès 1925, la partie méridionale du bassin méditerranéen; en 1930, la Palestine était atteinte; le Champignon était ensuite signalé en 1933 en Roumanie, en 1935 en Grèce, en 1936 en Bulgarie; il apparaissait, en 1938, en Italie.

Il ne semble pas avoir été jusqu'ici signalé sur Œillet sauf une mention faite en Palestine [2].

---

[1] *Ann. Epiphyties*, 14, 1948, p. 91-102.

[2] J. Reichert et E. Hellinger, *Palest. J. Bot.*, 6, 1947, p. 107-147.

Très pléophage, il paraît réaliser, selon les hôtes, tous les termes de passage entre le saprophytisme et le parasitisme : chez certains, il n'apparaît qu'après la mort de la plante; chez d'autres, il semble que l'on puisse lui attribuer un rôle symbiotique, tandis que dans bien des cultures intertropicales et méditerranéennes, il se comporte en parasite actif.

Dans le cas des œillets à Nice, on doit le considérer comme un grave agent pathogène. Les publications actuelles lui attribuent son optimum de croissance à une température de 37°; or, notre souche s'est bien développée à 20° à condition d'être maintenue à l'abri de la lumière; il s'agirait donc d'une adaptation de ce parasite tant à un hôte nouveau qu'à des conditions climatiques plus rudes, ce qui lui assurerait une aire de répartition de plus en plus étendue.

MICROPHYSIOLOGIE RADIOLOGIQUE. — *De l'enregistrement graphique des phénomènes microscopiques et en particulier de la mobilité des globules blancs.* Note de MM. Maurice Marchal et Roger Robineaux, présentée par M. René Leriche.

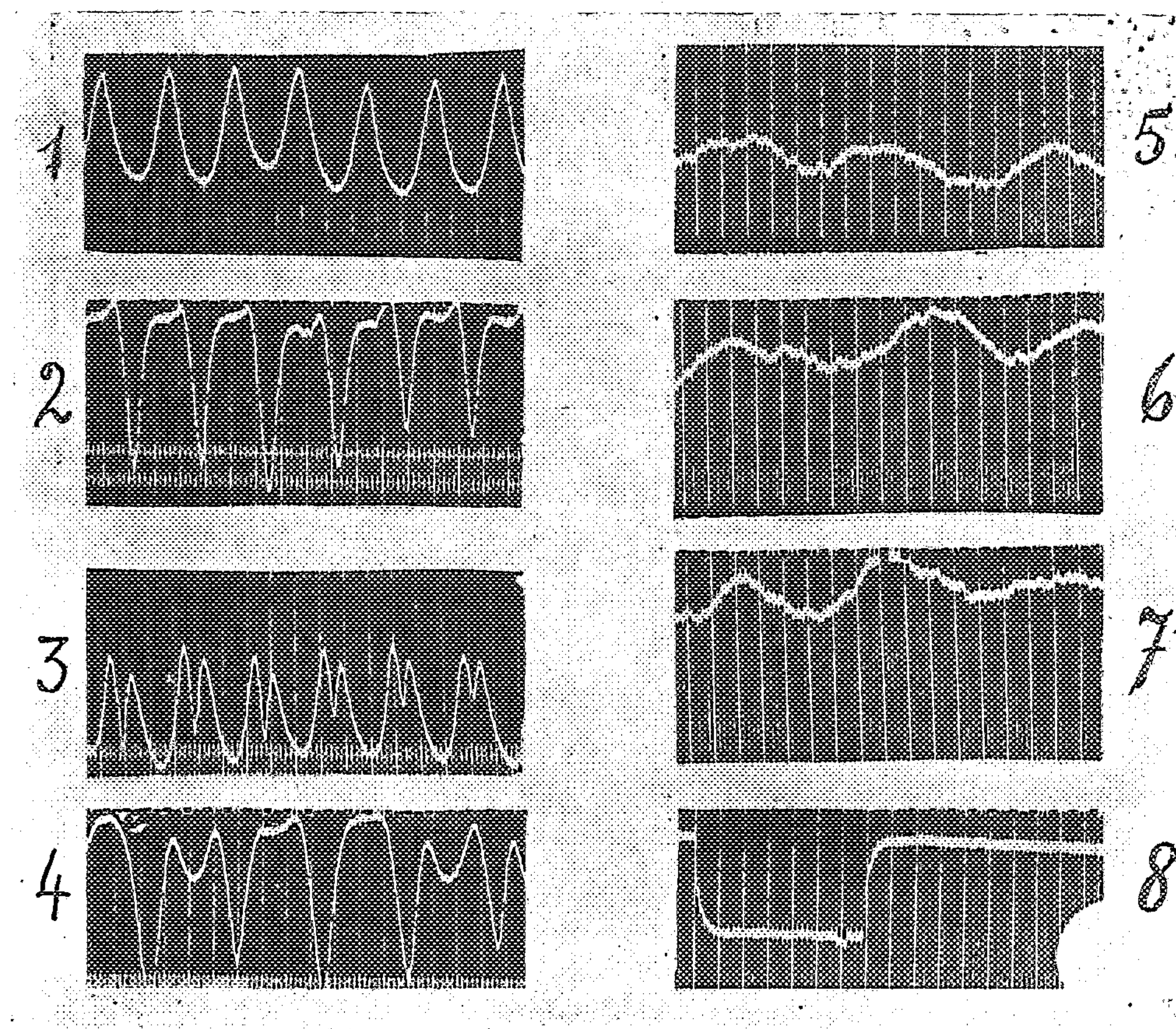
La physiologie radiologique peut être définie comme une science qui obtient des renseignements d'ordre physiologique grâce à l'utilisation des variations du spectre électromagnétique sans autre intermédiaire. Parmi ces radiations, les rayons X ont été utilisés par l'un de nous (1) depuis de nombreuses années pour enregistrer les variations des organes profonds de l'Homme. C'est ainsi qu'est née une méthode qui enregistre à la fois la cinétique et les variations de densité des tissus grâce à une cellule photoélectrique spécialement adaptée aux rayons X. Nous avons donné le nom de Ciné-densigraphie à cette méthode.

En utilisant des procédés analogues, on peut enregistrer la cinétique de phénomènes biologiques uniquement visibles au microscope. Le principe de cette microphysiologie radiologique est le suivant : On reçoit l'image microscopique de la préparation étudiée à grandissement choisi sur le verre dépoli d'une chambre photographique. On place en regard de l'image encadrée dans un cache convenable, un multiplicateur d'électrons spécialement adapté et muni d'une fente réglable. Ce multiplicateur d'électrons est en rapport avec un amplificateur à courant continu à grand gain, et les variations induites sont ainsi enregistrées grâce à un oscillographe sur un film photographique où s'inscrivent simultanément des repères chronologiques.

Nous avons ainsi obtenu l'enregistrement des contractions agoniques d'un muscle d'araignée en utilisant un grandissement de 200 diamètres.

(1) M. Marchal, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 973 et 1314.

Nous avons dans une autre série d'essais, enregistré en contraste de phase, avec un grandissement de 2 000 diamètres, les mouvements de leucocytes polynucléaires. Les leucocytes utilisés provenaient d'exsudats inflammatoires provoqués chez le Cobaye par injections intrapéritonéales



A gauche : contraction d'un muscle d'araignée (grandissement : 200 diamètres). 1 et 2, début; 3 et 4, fin de l'enregistrement avec période agonique en 4.
A droite : mouvements hyaloplasmiques de globules blancs en contraste de phase (grandissement : 2000 diamètres). 5, 6 et 7.
En 8, retrait de la préparation. Top, d'étalonnage et vérification de la stabilité de la source lumineuse, Temps : 1 intervalle = 1/5 de seconde.

de bouillon peptoné stérile. En plaçant une très petite goutte de cet exsudat entre lame et lamelle, on obtient rapidement l'étalement spontané des polynucléaires. L'organisation cellulaire est alors parfaitement visible en contraste de phase. On centre, grâce à un dispositif simple, la fente du multiplicateur sur la région que l'on désire examiner, et, après avoir fait un étalonnage du multiplicateur et un étalonnage de la lumière incidente, on procède à l'enregistrement. On obtient ainsi une courbe

(mouvement des organites intra-cellulaires, mouvements hyaloplasmiques), et les variations de densité optique du cytoplasme. En isolant telle ou telle partie de la cellule, l'enregistrement de mouvements particuliers est possible, par exemple ceux de voiles hyaloplasmiques.

Cette méthode peut être appliquée à d'autres cellules que les leucocytes. Elle permet, en outre, d'étudier l'action de substances susceptibles d'agir sur les mouvements cellulaires.

HÉMATOLOGIE. — *Nouvelles données sur le mécanisme d'agglutination des érythrocytes. (Examen au microscope à contraste de phase et au microscope électronique.)* Note de MM. **Éric Ponder, Marcel Bessis, Michel Bricka** et Mme **Jeannine Gorius**, transmise par M. Albert Policard.

L'agglutination résulte du fusionnement de deux couches visqueuses situées à la surface du globule rouge. Les aspects sont identiques, que l'agglutination résulte de facteurs spécifiques (antisérum), ou non spécifiques (trypsine, métaux lourds).

L'agglutination des érythrocytes, qu'elle soit spécifique (due à un antisérum) ou non spécifique (trypsine, glucose, métaux lourds) se traduit morphologiquement d'une manière identique (1). On observe au microscope électronique et au microscope de phase, une série de modifications de la surface qui ont lieu dans l'ordre suivant, en fonction de l'intensité de la réaction : l'aspect de la surface globulaire se modifie, les cratères (2) à forme et aspect constants dans le globule normal (diamètre entre 2 000 et 7 000 Å) deviennent plus grands, plus nombreux, plus accentués et s'entourent d'une couche de substance particulière. Pour simplifier, nous appellerons le premier aspect, cratère I et le deuxième, cratère II. Si la cellule est sphérique, la forme du cratère II est modifiée : elle prend l'aspect d'une empreinte de patte d'oiseau. Ces cratères II et ces formes en patte d'oiseau sont à l'origine des formes myéliniques ou hématexodies. Enfin, lorsque l'action est très puissante et que les hématexodies sont très nombreuses, on observe des figures en tête de méduse et, quelquefois, une frange homogène, se développant sur toute la périphérie globulaire et pouvant atteindre un diamètre de 1 μ environ.

Les cratères I sont relativement stables, mais les cratères II et les structures en patte d'oiseau sont caractérisés par une grande instabilité; la transformation progressive de ces formes en hématexodies est inéluctable dans un délai plus ou moins long.

Sous l'effet des substances agglutinantes quelles qu'elles soient, les

(1) M. Bessis, *C. R. Soc. Biol.*, 144, 1950, p. 79-81.
(2) M. Bessis, M. Bricka et A. Dupuy, *C. R. Soc. Biol.*, 145, 1951, p. 1509.

cratères II, les structures en patte d'oiseau et les hématexodies, peuvent présenter une modification qui les rend visqueuses et qui leur permet de couler à la surface du globule formant les franges déjà décrites. Elles présentent, en outre, des capacités d'adhésion et entourent le globule d'une sorte de glu. L'agglutination tient à la fusion des substances dérivées des cratères II ou des structures en patte d'oiseau. Ainsi s'expliquent l'apparition des fils d'agglutination et des érythrocytes en fuseau lorsque les cellules sont écartées mécaniquement (1).

En conclusion, le phénomène de l'agglutination résulte du fusionnement de deux couches visqueuses, rendues telles par des substances spécifiques ou non. Ces résultats suggèrent que les facteurs agglutinants ne sont pas localisés à un point particulier et fixe de la surface du globule, mais liés à des substances qui peuvent se déplacer sur la surface du globule rouge.

PROTISTOLOGIE. — *Mise en évidence, par le microscope électronique, de plaques de revêtement à la surface du corps des Astomes.* Note de M. **Pierre de Puytorac**, présentée par M. Louis Fage.

Les premiers protistologues (Ehrenberg, Dujardin, Cohn, Frey, Claparède, Stein, Maupas) ont admis l'existence d'une pellicule de revêtement ou « *cuticule* » à la surface de nombreux Infusoires, pour des raisons théoriques, ou à la suite d'observations précises, surtout après emploi de certains réactifs (alcool, acide acétique, acide chromique) qui font apparaître à la périphérie des Paramécies et des Vorticellides une lamelle membraniforme. Certains auteurs (Cohn, Dujardin. etc.) ont même reconnu dans cette formation une structure réticulée, dont les lignes correspondant à des sillons creux délimitent par leurs entre-coupements de petits rhombes saillants. Dans des cas particuliers enfin, comme chez les *Colepidæ*, où le tégument est une vraie cuirasse minéralisée, Ehrenberg (1830-1833) a facilement constaté qu'il était formé de petites plaques résistantes et rigides.

Par la suite, Klein (1906) ayant mis en évidence, par imprégnation argentique, à la surface d'un grand nombre de Ciliés, un système plus ou moins compliqué de lignes argyrophiles, Chatton et Lwoff ont montré que, contrairement à ce que pensait cet auteur, la substance de cet argyrome n'est pas la matière première des cinétosomes. Ils croient (1936) qu'elle serait plutôt un ciment qui unirait les plaques pelliculaires dont serait revêtu le corps des Ciliés et non un appareil de coordination sensorielle et motrice du fonctionnement des cils comme le voulait, en outre, Klein.

Les recherches de Fauré-Frémiet et Hamard sur *Coleps hirtus* (1944) ont montré que chez ce Cilié, les territoires correspondant aux plaques de recouvrement dessineraient un relief plus complexe que celui qui pourrait correspondre aux éléments ciliaires et aux mailles d'un réseau argentophile.

Bretschneider (1950), étudiant au microscope électronique des coupes de Paramécies, retrouve le « Silberliniensystem » de Klein et en note la difficulté d'observation, sans apporter d'autres indications.

Or, récemment ([1]), nous avons précisé que l'argyrome était une structure réelle, pouvant être étudiée, non seulement, comme on l'avait fait jusqu'alors, par imprégnation argentique, mais aussi par observation vitale ou colorations.

Nous avons donc essayé de rechercher cette structure au microscope électronique, sans autres artifices de préparations, par examen direct, en surface, de fragments de *Radiophrya prolifera* (Clap. et Lachm.) fixé par dessiccation. Par ce procédé, nous avons effectivement mis en évidence à la périphérie de cet Astome, un réseau de mailles polygonales ou rectangulaires, qui n'est autre, vraisemblablement que l'argyrome (*fig.* 1).

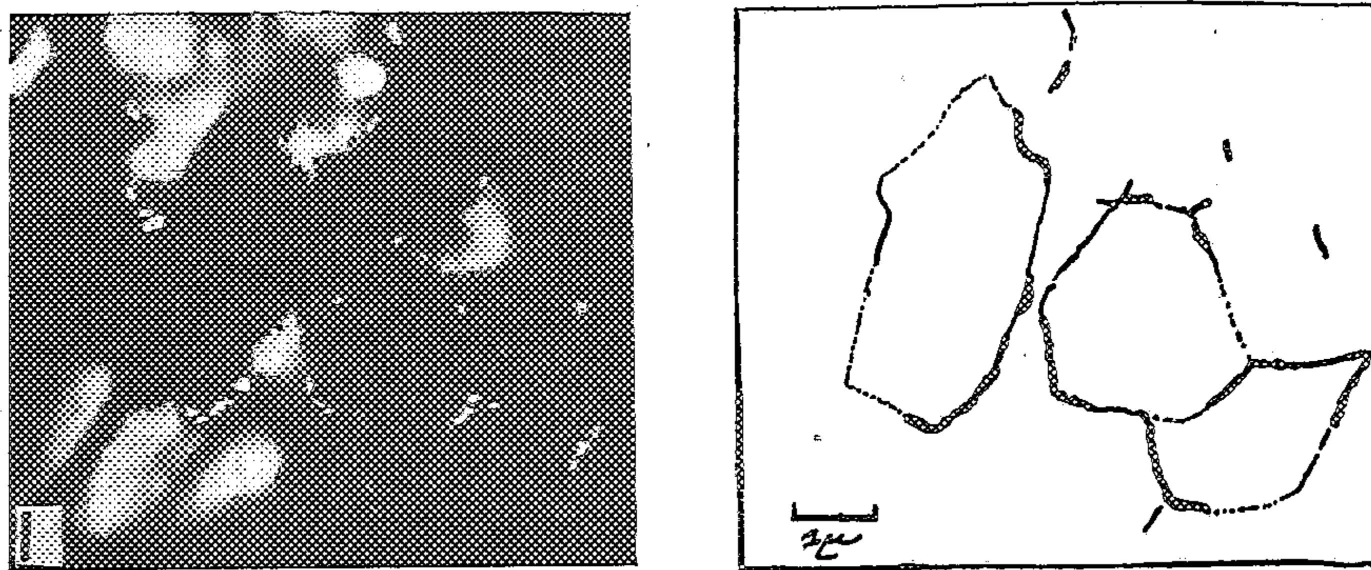


Fig. 1. — Trois mailles (une rectangulaire, deux polygonales) du réseau vu au microscope électronique par examen direct de la surface de *Radiophrya prolifera*. G : 6500; (à droite : schéma de la photographie).

D'autre part, par dilacérations de ces Ciliés, nous avons isolé une pellicule intimement appliquée à la surface ectoplasmique, dont le microscope électronique révèle la structure tabulée (*fig.* 2). Les plaques qui la constituent, rectangulaires ou polygonales, disposées en files longitudinales, ont une longueur de 1 à 3 μ et une largeur d'à peu près 1 μ pour une épaisseur de 160 Å. Il n'est pas sans intérêt de rappeler que Maupas (1883) observant des différences considérables dans la structure, la consistance, l'élasticité et la contractibilité du tégument des infusoires, avait constaté qu'il possède une épaisseur (0,002 mm) et une solidité notables chez certaines espèces parasites, tel *Haptophrya gigantea*, autre Cilié Astome justement. Ces plaques ne sont pas homogènes, mais possèdent une structure alvéolaire serrée donnant l'impression qu'elles sont poreuses et respon-

([1]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1583.

sables peut-être de la souplesse, de l'élasticité et de la perméabilité qu'il leur faut admettre. Leur grandeur, leur disposition et leur forme sont celles des mailles que limite, chez cette espèce, le réseau argentophile. Ce dernier suit, ainsi, dans sa course, d'une façon assez exacte le bord des plaques pelliculaires. C'est là le premier fait objectif important formulé à l'appui de l'hypothèse de Chatton et Lwoff sur la nature de l'argyrome.

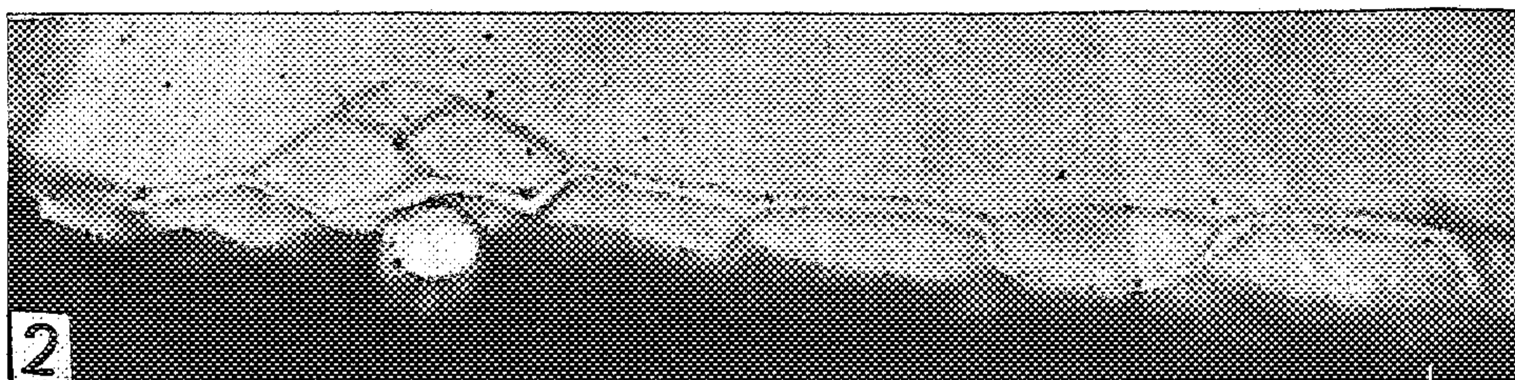


Fig. 2. — Plaques de revêtement de *Radioprhya prolifera*, vues au microscope électronique. G : 6 500.

En résumé, ces observations complètent nos recherches sur l'argyrome des Astomes. Elles montrent sa visibilité au microscope électronique sans imprégnation ni coloration, conformément à nos précédents résultats. Elles mettent en évidence d'une façon qui paraît indiscutable l'existence d'une pellicule tabulée à la surface de certains Ciliés. Elles apportent enfin le premier appui sérieux à l'hypothèse de Chatton et Lwoff, l'argyrome semblant bien ici devoir être considéré comme un ciment unissant les plaques de revêtement.

ÉCOLOGIE MARINE. — *Sur l'autoécologie d'une Spirogyre d'eau saumâtre.* Note de M. Anwar Abdel Aleem, présentée par M. Roger Heim.

La plupart des Spirogyres vivent en eau douce. On en a signalé très peu d'espèces en eau saumâtre. Dans « Rabenhorst », Kolkwitz et Krieger (¹) rapportent que Oltmanns a trouvé une Spirogyre dans des eaux dont la salinité varie entre 5 et 7,5 ‰. Trahms décrit *S. weberi* vivant et pouvant même réaliser la conjugaison à des salinités de 8 ‰. Pour des salinités plus élevées rien ne semble avoir été signalé. En France d'ailleurs, à ma connaissance, on ne cite aucune espèce d'eau saumâtre.

En mars 1952, j'ai pu d'abord identifier une espèce de *Spirogyra*, parmi des filaments de *Chaetomorpha* et *Cladophora* poussant dans l'étang du Canet (Roussillon). Par la suite j'ai suivi sa distribution et son écologie pour différentes localités, aux salinités suivantes :

(¹) *Rabenhorst's Krypt. Fl.*, Bd., 13, 1941, p. 42.

Localités (²).	Salinités (°/₀₀) (avril-mai).
Étang du Canet :	
Station 101	5,9- 6,6
» 2	10,2-10,9
» 5 et 6	9,6-10,1
» 70 *a*	10,2-10,6
» 70 *b*	14,2-15,4
» 52	12,9
Étang de Salses :	
Station 1	11,6-12,9
» 10	9,5

Dans ces différentes localités le pH varie entre 7,2 et 8,4. La plante montre des variations morphologiques dans les différentes salinités. La salinité maximum ainsi atteinte par cette espèce, dans la nature, était de 15,4 °/₀₀ (Station 70 *b*). Cette station correspond à une mare, large et assez profonde, d'eau salée, près de la mer, au Canet, mais sans aucune connexion avec un canal d'eau douce; l'eau parvient là par infiltration. La Spirogyre était la plante la plus dominante en avril et mai dans cette pièce d'eau. Cependant, cette *Spirogyra* ne pousse pas dans d'autres étangs voisins où la salinité dépasse 20 °/₀₀ (Leucate, Sigean). Il semble que cette espèce se soit installée dans l'étang du Canet depuis un an environ en raison de la dessalure des eaux provoquée par l'irrigation des rizières. En examinant des échantillons de plancton (G. Petit, mai 1951) j'ai réussi à trouver des zygospores mûres (salinité 17 °/₀₀).

Dans toutes les stations citées ci-dessus la Spirogyre montre, en particulier au milieu de mai, des conjugaisons et forme des zygospores à différents degrés.

En outre, j'ai pu observer des zygotes à développement parthénogénétique, deux zygotes identiques dans une même cellule ainsi que des conjugaisons entre trois filaments sous différents aspects.

La zygospore (*fig.* 1 et 2) est brun rougeâtre; sa mésospore est sculptée, ainsi que le montre la figure 3. Sous ce rapport cette espèce se rapproche de *S. esthonica* (Skuja) Czurda; cependant elle en diffère sous certains autres aspects.

La période de croissance maximum est atteinte au commencement de mai, alors que la plante envahit toutes les stations du Canet, se trouvant en quantité abondante, à la fois parmi les *Ruppia* et les *Phragmites* sur les bords de l'étang, flottant sur de larges espaces au milieu d'*Ulva lactuca*, à la surface de l'eau ou

(²) Les stations mentionnées ont été définies par G. Petit.

même dans le plancton. Des zygospores ou des filaments végétatifs ont été trouvés ainsi dans des échantillons de plancton.

A la fin de la période de reproduction sexuelle les plantes diminuent considérablement, disparaissent même totalement pour certaines stations. Cela fin mai, début de juin.

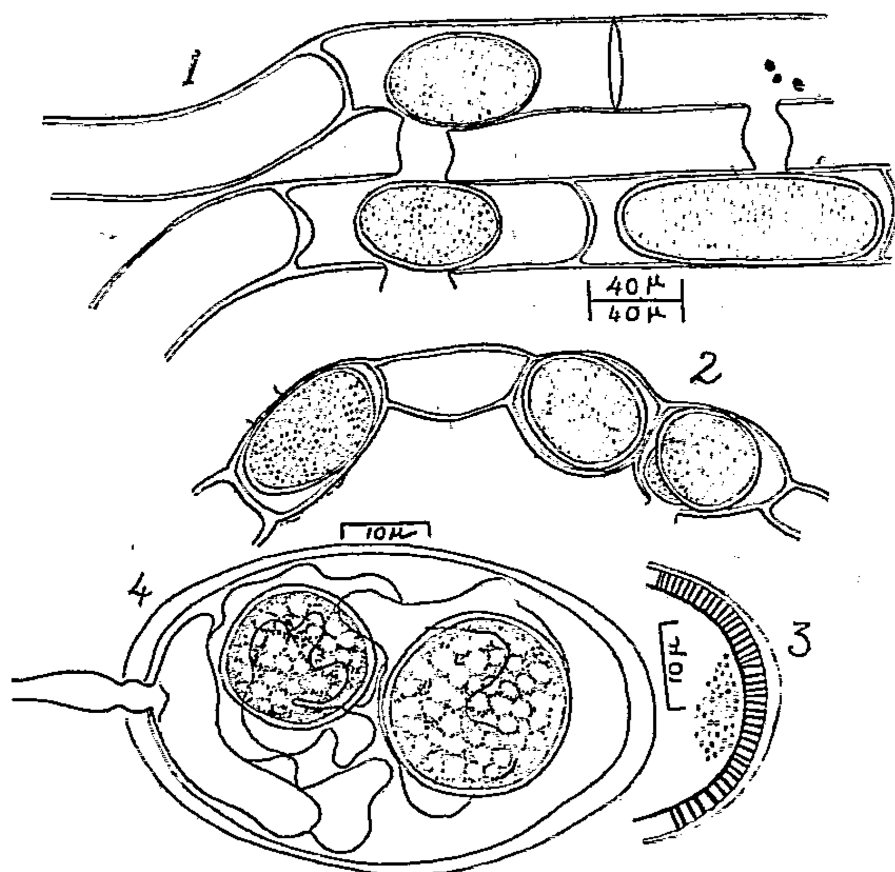


Fig. 1-2. — Variation en forme et taille de zygospores [noter deux zygospores dans la même cellule (*fig.* 2, à droite)].

Fig. 3. — Sculpture de mésospore (vue latérale et verticale).

Fig. 4. — Zygospore envahie par *Lagenidium entophytum* (Pringsh.) Zopf; noter le tube de décharge du champignon pénétrant la paroi de la zygospore et deux spores durables du parasite.

La disparition de cette plante semble grandement favorisée dans certaines stations, par des champignons parasites détruisant soit les zygospores (*fig.* 4), soit les cellules végétatives.

Ceci s'est présenté, sous forme d'une véritable épidémie, aux stations 5 et 6, alors que toute la population de *Spirogyra* (pratiquement chaque cellule même) se trouvait envahie par *Myzocytium proliferum* Schenk. Les Spirogyres malades forment de grandes taches d'écume brune à la surface de l'eau.

Parmi d'autres champignons, parasites de cette *Spirogyra* au Canet, signalons : *Lagenidium entophytum* (Pringsh.) Zopf. (parasite de zygospores) (*fig.* 4) et *Rhizophydium Couchi* Sparrow (nouvelle pour la France).

Des expériences sont actuellement en cours pour étudier l'effet de la salinité sur la reproduction sexuelle de cette *Spirogyra*.

BIOLOGIE. — *Survie de cellules du cœur d'embryon de Poulet après un séjour de quatre semaines dans l'azote liquide.* Note de MM. **Federico Gonzalès** et **Basile Luyet**, présentée par M. Louis Lapicque.

Nous avons montré précédemment (¹) que des morceaux d'environ un tiers de millimètre cube de cœur d'embryon de Poulet, immergés pour 1 ou 2 minutes dans une solution de glycol à 30 %, puis plongés dans l'azote liquide à 195° au-dessous de zéro, où ils étaient maintenus pendant 1 minute et, enfin, réchauffés dans du Ringer à la température de la chambre, proliféraient abondamment en culture.

Dans ce travail, comme dans plusieurs autres effectués dans ce laboratoire, il avait été décidé de laisser les tissus (ou les organismes) pendant 1 minute seulement dans l'azote liquide, pour la raison que le temps requis pour refroidir des objets de la dimension donnée était de moins de 1 s et qu'il était nécessaire de faire un grand nombre d'expériences. Dans quelques cas, on avait prolongé la durée du séjour aux basses températures pendant plusieurs heures sans observer de différence appréciable dans les résultats. Mais l'argument que, si les résultats restaient les mêmes lorsque la durée d'une expérience variait de 1 à 10 000 (de 1 s à plus de 3 h), ils resteraient probablement les mêmes si l'on prolongeait le temps de 10 000 à 1 million, ne paraissait à personne aussi convaincant qu'une démonstration expérimentale. Nous avons donc décidé d'étudier la survie de tissus maintenus pendant 4 semaines dans l'azote liquide.

Les méthodes de préparation, de refroidissement, de réchauffement et de culture ont été les mêmes que celles employées précédemment et nous renvoyons le lecteur au travail sus-mentionné pour plus de détails. Essentiellement, nous découpions le cœur d'un embryon de 10 jours en morceaux de la dimension indiquée; nous placions chaque morceau sur une lame mince de mica et, après avoir absorbé avec du papier filtre le liquide qui mouillait le tissu, nous déposions, sur ce dernier, une goutte de solution hypertonique de glycol (30 %) pour le déshydrater par exosmose; après 1 minute, nous absorbions le glycol avec du papier filtre et nous plongions la préparation dans l'azote liquide.

Pour les expériences de longue durée, nous attachions la feuille de mica à l'une des extrémités d'un fil de cuivre mince qui pénétrait au fond d'un vase de Dewar de 30 cm de profondeur contenant de l'azote liquide; l'autre extrémité du fil était accrochée aux bords du vase. Vingt préparations étaient placées au début de l'expérience dans l'azote liquide; cinq en étaient retirées à la fin de chaque semaine. Comme les trois quarts

(¹) B. Luyet et F. Gonzalès, *Biodynamica*, 7, 1951, p. 61.

environ du contenu du vase s'évaporaient en 12 h, le vase était rempli matin et soir.

Le réchauffement se faisait par immersion de la préparation dans du Ringer à la température du laboratoire.

Pour la culture des tissus, nous avons employé la méthode classique de la goutte pendante, en utilisant comme milieu de culture du Tyrode auquel étaient ajoutés de l'extrait embryonnaire et du plasma de Poule.

La migration et la multiplication de cellules vivantes dans les expériences témoins, où les morceaux de tissu avaient été traités par le glycol et avaient séjourné pendant 1 minute dans l'azote liquide, résultaient en un réseau abondant de fibroblastes s'étendant, après 2 jours de culture, sur une distance de plus de 1 mm autour du morceau de tissu et après 4 jours, sur une distance de plus de 3 mm. Les témoins soumis ni au glycol ni au froid avaient un réseau légèrement plus dense et en avance de quelques heures sur les témoins traités. Les morceaux soumis, au glycol, pendant 1 minute et au froid pendant 1, 2, 3 ou 4 semaines ne pouvaient être distingués des témoins refroidis 1 minute, ni par la densité, ni par l'étendue du réseau de cellules en migration ou en croissance.

Un séjour de 4 semaines dans l'azote liquide ne réduit donc pas, d'une façon qui soit appréciable, avec les méthodes d'observation employées, le pouvoir des tissus embryonnaires étudiés de survivre à la congélation.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étapes intermédiaires, au cours de la transformation de la* 3.4-*dihydroxyphénylalanine* (Dopa), *en pigment rouge*. Note de M. **Maurice Rangier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Dans un précédent travail j'ai décrit les étapes intermédiaires au cours de la transformation de l'adrénaline en adrénochrome ([1]). Dans des conditions expérimentales identiques, on peut transformer la 3.4-dihydroxyphénylalanine en pigment rouge. Ce corps semble s'identifier à un corps isolé par Mazza et Stolfi ([2]) d'un polychète, l'*Halla Partenopea* et qui a reçu le nom d'Hallachrome.

Pour effectuer la réaction, on opère sur 10 cm^3 d'une solution de Dopa au 1/10 000, en milieu acétique à pH 6,5, à la température de 0°. On ajoute une pincée de bioxyde de plomb, on agite : en opérant rapidement et par centrifugation pour éliminer l'oxyde de plomb insoluble, on obtient un liquide rouge foncé. La solution rouge obtenue laisse déposer spontanément, de la même façon que les solutions d'adrénochrome, un pigment noir (mélanines).

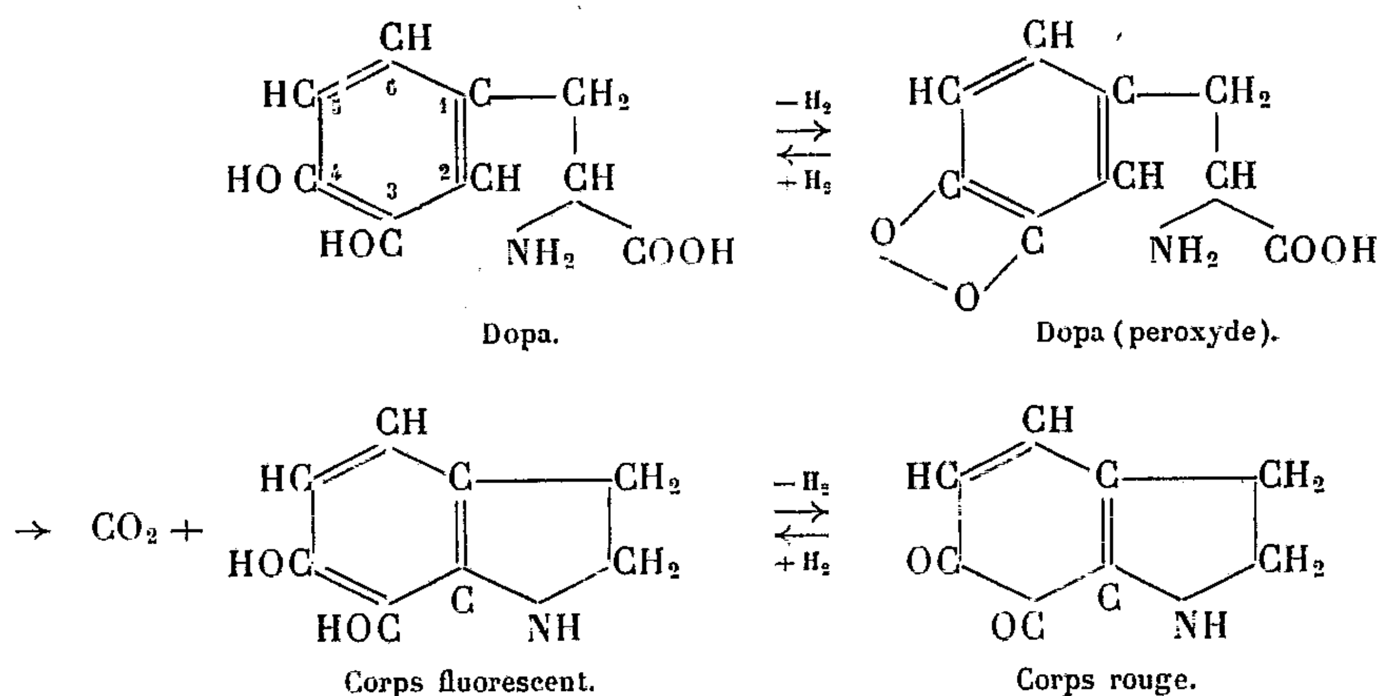
([1]) *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 246.

([2]) *Arch. Sc. Biol.*, 16, 1931, p. 183.

Le liquide rouge récemment préparé, examiné à la lumière de Wood, ne présente, comme les solutions d'adrénochrome, aucune fluorescence.

Si à la solution rouge obtenue, on ajoute une goutte de bisulfite de sodium en solution concentrée, il y a décoloration avec formation d'un léger précipité de sulfate de plomb. Après centrifugation, le liquide incolore présente, à la lumière de Wood, une fluorescence jaune très stable et très intense.

Les étapes intermédiaires sont identiques à celles que j'ai décrites dans la transformation de l'adrénaline en adrénochrome, on peut les représenter de la façon suivante :

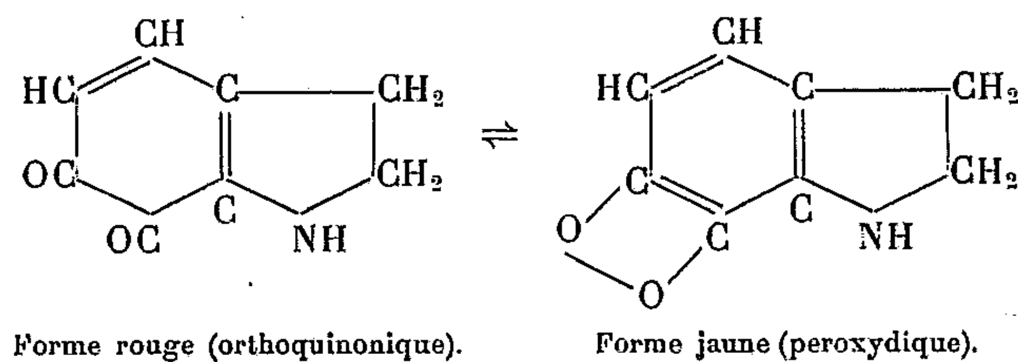


Dopa. Dopa (peroxyde).

Corps fluorescent. Corps rouge.

On observe, au cours de la réaction, un dégagement de gaz carbonique. La réduction bisulfitique du corps rouge donne, comme avec les solutions d'adrénaline, le corps fluorescent à noyau indol.

Les solutions obtenues se mélanisent très rapidement, alors qu'avec l'adrénochrome la transformation était très lente. La solution rouge vire spontanément à l'orangé, au jaune, au brun, puis des flocons de mélanines apparaissent. Avec la solution refroidie et récemment préparée, la teinture de gaïac et l'acétate de benzidine virent au bleu, mettant ainsi en évidence d'une façon très nette, l'existence d'un peroxyde instable. Il existe donc au sein de la solution les deux formes en équilibre :



Forme rouge (orthoquinonique). Forme jaune (peroxydique).

La mélanisation s'effectue donc par la forme jaune peroxydique instable. L'équilibre entre les deux formes dépend de plusieurs facteurs, en parti-

culier de la température et du pH; par acidification, la solution vire au jaune et se mélanise rapidement. Du côté alcalin, si l'on additionne la solution d'une goutte d'ammoniaque, la mélanisation est presque instantanée, le peroxyde est détruit et une coloration brune apparaît. Je préciserai ultérieurement ces données.

Si l'on effectue l'oxydation plombique à des pH décroissants en augmentant la quantité d'acide acétique, la coloration rouge obtenue est moins intense. L'oxydation plombique à pH 2,2 (trois gouttes d'acide sulfurique et 1 cm^3 d'acide acétique) donne un liquide coloré en jaune. En alcalinisant progressivement le milieu, on constate au voisinage de pH 4 que le liquide prend une teinte rouge. Examiné à la lumière de Wood, le liquide présente une fluorescence jaune verdâtre et l'addition de bisulfite le décolore en augmentant l'intensité de la fluorescence. Ainsi donc, en l'absence d'oxydant et par simple variation du pH, on observe la fluorescence; par migration moléculaire et par un mécanisme d'oxydoréduction interne, il y a eu cyclisation du noyau indol. La coloration rouge était due à l'oxydation spontanée de cette substance au contact de l'air, la réduction par le bisulfite qui décolore le liquide augmente l'intensité de la fluorescence.

Enfin, la cyclisation s'effectue du côté des pH acides (solutions jaunes) et par l'intermédiaire de la forme peroxydique de la Dopa qui ne peut pas exister sous la forme quinonique, puisqu'il y a modification du noyau par alcalinisation qui conduirait à la forme rouge.

MICROBIOLOGIE. — *Lyophilisation des antigènes bactériens brucelliques pour les sérodiagnostics.* Note (*) de M. **Paul Hauduroy** et M[me] **Francine Tanner**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Après différents essais, nous avons réussi à mettre au point une technique de lyophilisation des antigènes bactériens brucelliques permettant d'obtenir un matériel dont l'agglutinabilité n'est pas changée, se conservant intact pendant longtemps et présentant une résistance particulière aux agents physiques.

Les émulsions bactériennes sont préparées sous une forme concentrée. Après centrifugation, les culots bactériens sont repris avec du sérum de Lapin ne contenant aucun anticorps antibrucellique. Le matériel ainsi obtenu est distribué en ampoules en quantités variables.

Il est ensuite lyophilisé suivant la technique indiquée par l'un de nous (1) (congélation brutale, dessiccation rapide en moins d'une heure sous un

---

(*) Séance du 16 juin 1952.

(1) P. Hauduroy, *Ann. Biol. Clinique*, 9, 1951, p. 100.

vide de l'ordre de 10^{-5} mm de Hg, scellage sous vide). Après lyophilisation, l'antigène se présente comme une pellicule blanchâtre se brisant facilement. L'adjonction, au moment de l'emploi, d'une quantité d'eau physiologique déterminée permet la reconstitution instantanée d'une émulsion en tous points comparable à une émulsion fraîche.

Nous avons soumis comparativement des émulsions fraîches et ces mêmes émulsions après lyophilisation et reconstitution à l'action de sérums agglutinants expérimentaux et de sérums d'homme ou d'animaux suspects ou atteints de brucellose.

Les résultats obtenus dans les deux séries d'expériences ont été en tous points comparables (limite du taux de l'agglutination, agglutination à 50 %, vitesse d'agglutination).

Les antigènes lyophilisés se conservent au moins une année à la température du laboratoire et à 37° sans altération. Ils résistent à un chauffage à 50° au bain-marie pendant 6 jours et à la température de l'eau bouillante pendant au moins 10 minutes.

La mise au point de la technique que nous venons de décrire, ses applications pratiques possibles doivent, à notre avis, faciliter les études sur la standardisation des méthodes de diagnostic des brucelloses.

A 16 h l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

L'Académie, informée de ce que MM. *Bernard Decaux* et *Édouard Picault*, précédemment désignés pour faire partie de la délégation de la France à l'Assemblée générale de l'Union Radioscientifique internationale, se trouvent empêchés d'accomplir cette mission, adjoint M. **Jean-Louis Steinberg** à la délégation.

La séance est levée à 16 h 30 m.

R. C.

ERRATA.

—

(*Comptes rendus* du 26 mai 1952.)

Note présentée le 19 mai 1952, de Mme *Yvette Andrillat*, Étude spectrale d'étoiles de Wolf-Rayet dans le proche infrarouge :

Page 2154, 14e ligne, *au lieu de* proposé, *lire* proposée.
» » 16e ligne, *au lieu de* quatre étoiles de WC, *lire* quatre étoile WC.

(*Comptes rendus* du 4 juin 1952.)

Note présentée le même jour, de M. *André Charrueau*, Formules matricielles relatives aux complexes linéaires et aux faisceaux de complexes linéaires :

Au bas de la page 2253, dans la matrice $\mathcal{A}'_0$:
1re ligne, 3e terme, *au lieu de* B_0^1, *lire* B'_0 ;
3e ligne, 1er terme, *au lieu de* B'_0, *lire* $-B'_0$;
3e ligne, 4e terme, *au lieu de* E'_0, *lire* F'_0.

(*Comptes rendus* du 9 juin 1952.)

Note présentée le même jour, de M. *Félix Pollaczek*, Fonctions caractéristiques de certaines répartitions définies au moyen de la notion d'ordre. Application à la théorie des attentes :

Page 2335, 1re ligne, *au lieu de* $\left(q - \sum_{k \neq 1', \ldots, \lambda'}^{1, n} z_k\right)^{-1}$, *lire* $\left(q - \sum_{1}^{n} z_k\right)^{-1}$.

» » 2e ligne, *au lieu de* $\prod^{n\,(\lambda)}$, *lire* $\prod_{k \neq 1', \ldots, \lambda'}^{1, n}$.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JUIN 1952.

Bibliothèque scientifique. 23. *Leçons sur les principes de l'Électrodynamique*, par ANDRÉ MERCIER. Préface de LOUIS DE BROGLIE. Paris, Dunod, et Neuchâtel, Le Griffon, 1952; 1 vol. 24 cm.

Le hasard et les causes rythmées, par GASTON BAUDEZ. Paris, Dunod, 1952; 1 vol. 21,5 cm.

Canada Department of Mines and technical Surveys. Geological Survey of Canada. Radioactivity Division. *Prospecting for uranium in Canada*, by OFFICERS OF THE RADIOACTIVITY DIVISION. Ottawa, Edmond Cloutier, 1952; 1 vol. 16,5 cm.

National Bureau of standards Report. *Bibliography on Geiger-Mueller photon counters*, by EDWARD J. WALKER. Washington, National Bureau of Standards, 1952; 1 fasc. 26,5 cm.

Traité de paléontologie, publié par JEAN PIVETEAU. T. I: *Protistes, Spongiaires, Cœlentérés, Briozoaires*. Paris, Masson et Cie, 1952; 1 vol. 25 cm.

Guide pour l'étude expérimentale du sol, par ALBERT DEMOLON et DÉSIRÉ LEROUX. Deuxième édition. Paris, Gauthier-Villars, 1952; 1 vol. 21 cm.

Comité national de la chimie. Constitution et activité du Comité national de la chimie. *Rapport annuel*, par PIERRE JOLIBOIS. Paris, 1952; 1 fasc. 27 cm.

Régence de Tunis. Protectorat français. Direction des travaux publics. *Étude hydrologique de l'Oued El-Lil et de l'Oued Rhezala*, par A. DE MONTMARIN, Tunis, Imprimerie S.A.P.I., 1952; 1 fasc. 27 cm.

Wenner-Gren Foundation for anthropological Research Incorporated. The first ten years 1941-1951 *as the Viking Fund, Inc. Report*. New York, The Viking Fund, 1952; 1 vol. 26 cm.

Précisions sur les rivages de la mer nummulitique dans les Alpes de Savoie pendant l'éocène moyen, par LÉON MORET, in Eclogæ geologicæ Helvetiæ. Vol. XXXI, nº 1, 1938; 1 fasc. 25 cm.

Les synclinaux fermés et inapparents des massifs cristallins externes des Alpes occidentales, par LÉON MORET; 1 fasc. 25 cm.

Sur la stratigraphie du Lias inférieur des environs de Grenoble et spécialement du massif du Grand-Serré, par LÉON MORET et GEORGES MANQUAT; 1 fasc. 25 cm.

Sur certaines stratigraphies analogues aux « cones in cones » et sur le rôle probable des courants de convection dans leur genèse, par LÉON MORET, in *Trav. Labor. Géol. Univ. Grenoble*. T. XXVIII, 1950; 1 fasc. 25 cm.

Sources thermales alpines et grands travaux de barrages, par LÉON MORET; 1 fasc. 25 cm.

La structure de l'île d'Elbe à propos de la réunion de la Société géologique italienne de septembre 1951, par LÉON MORET. Extrait de la *Revue de géographie alpine*. T. XL. Fasc. II, 1952, et Travaux de *Laboratoire de géologie de la Faculté des sciences*. T. XXIX, 1952. Grenoble, Imprimerie Allier, 1952; 1 fasc. 25 cm.

Union géodésique et géophysique internationale. *Bulletin*, nº 1, 1952; 1 fasc. 24,5 cm.

Traité de Zoologie. Anatomie. Systématique. Biologie, publié sous la direction de Pierre-P. Grassé. T. I, premier fascicule. *Phylogénie. Protozoaires : généralités. Flagellés*. Paris, Masson et Cie, 1952 ; 1 vol. 25 cm.

La vie privée des champignons, par Georges Becker. Paris, Librairie Stock, 1952 ; 1 vol. 20 cm.

Sciences d'aujourd'hui. *La constitution physique de la Terre*, par Jean Coulomb. Paris, Éditions Albin Michel, 1952 ; 1 vol. 19 cm (présenté par M. Ch. Maurain).

Observatoire de Paris. Section d'astrophysique, à Meudon. *Cartes synoptiques de la chromosphère solaire et Catalogue des filaments de la couche supérieure*, par Lucien d'Azambuja et R. Servajean. Vol. I. Fasc. 9, années 1940 à 1944. Orléans, Imprimerie Nouvelle, 1952 ; 1 fasc. 31 cm.

Leçons d'analyse fonctionnelle, par Frédéric Riesz et Béla Sz. Nagy. Budapest, Académie des sciences de Hongrie, 1952 ; 1 vol. 25 cm.

Atlas de la Lèpre, par D. C. Danielssen et Wilhelm Boeck. *Bergen en Norvège*, 1847. Rio de Janeiro. Édition commémorative du centenaire, 1946, par Héraclidès-César de Souza-Araujo ; 1 fasc. 36 cm.

Historia da Lepra no Brasil. Vol. I. *Periodos colonial e monarquico* (1500-1889). Vol. II. *Periodo republicano* (1889-1946). *Album das organizações antileprosas*, pelo Heraclidès-César de Souza-Araujo. Rio de Janeiro, Imprensa nacional, 1946 et 1948 ; 2 vol. 33,5 cm.

Société d'encouragement pour l'industrie nationale. *L'avenir de la forêt française*, par Philibert Guinier. Paris, Industrie nationale (n° 1, 1952) ; 1 fasc. 27 cm.

The Encyclopedie and the descriptions des arts et métiers, by George B. Watts, in *The French Review*. Vol. XXV, n° 6. may 1952. Published by American Association of teachers of French ; 1 fasc. 24 cm.

Profectorat de la République française au Maroc. Direction de la production industrielle et des mines. Division des mines et de la géologie. Service géologique. Notes et Mémoires, n° 80. *Histoire stratigraphique du Maroc*, par Édouard Roch. Toulouse, Les frères Douladoure, 1950 ; 1 vol. 28 cm.

Protectorat de la République française au Maroc. Gouvernement chérifien. Direction de l'agriculture, du commerce et des forêts. Division de l'agriculture et de l'élevage. *Étude préliminaire des sols du périmètre irrigable de Marrakech*. Rabat, Service de la recherche agronomique et de l'expérimentation agricole, 1951 ; 1 vol. 23,5 cm.

Mémoires du Muséum national d'histoire naturelle. Nouvelle série. Série B. Botanique. T. II. Fascicule unique. *Les couleurs des fleurs et des fruits Anthocyannes et Flavones*, par Charles Sannié et Henriette Sauvain. Paris, Éditions du Muséum, 1952 ; 1 vol. 27,5 cm.

Ministère des travaux publics, des transports et du tourisme. Institut géographique national. *Rapport sur l'activité de l'Institut géographique national en* 1949 (Texte et planches). Paris, Imprimerie de l'Institut géographique national, 1951 ; 2 vol. 26 cm.

La Vie et la Mort, par Maurice Vernet, in *Bibliothèque de Philosophie scientifique*. Paris, Flammarion, 1952 ; 1 vol. 19,5 cm.

Union internationale pour la protection de la nature. *Procès-verbaux et Rapports de la réunion technique tenue à la Haye*, les 20, 21 et 22 septembre 1951. Bruxelles, Comité d'Organisation néerlandais et le Secrétariat de l'Union internationale pour la protection de la nature, 1952.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

DES PUBLICATIONS PÉRIODIQUES REÇUES PENDANT L'ANNÉE 1951.

L'Académie des sciences exprime ses remercîments aux Établissements qui lui ont envoyé leurs Publications.

La cote qui suit le titre de chaque périodique est celle de l'*Inventaire des périodiques scientifiques des bibliothèques de Paris* (1); les cotes du supplément I de cet inventaire portent un indice en chiffres, celles du supplément II, un indice en lettres.

Le titre des périodiques nouvellement créés est inscrit en caractères gras.

Publications des Institutions internationales.

— Académie internationale d'histoire des sciences : *Collection de travaux* (Paris).
— Association internationale de la presse médicale : *Bulletin bibliographique* (Milano).
— Centre international de l'enfance : *Courrier* (Paris).
— Centre international de synthèse : *Revue d'histoire des sciences et de leurs applications* (Paris).
— Conseil international des Unions scientifiques : *Monthly Bulletin of informations* (Paris).
— International astronomical Union. Voir Zurich.
— Organisation des nations unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) : *Le Courrier; Publications de l'Unesco* (Paris).
— Id. Science cooperation office : *Liste des travaux scientifiques publiés en Moyen Orient* (Cairo).
— Union géodésique et géophysique internationale : *Ninth general assembly. General secretary Report* (Richmond).
— Id. Association de volcanologie : *Bulletin volcanologique* (Napoli), B'2542[2].
— Id. Association of terrestrial magnetism and electricity : *Bulletin; Circular* (Göttingen).
— Union internationale des sciences biologiques : [*Publications*] (*Colloques; Section de zoologie; Série* A *générale*).
— Union internationale d'histoire des sciences : *Archives internationales d'histoire des sciences* (Paris).
— Union internationale pour la protection de la nature : *Procès-verbaux et Comptes rendus de l'Assemblée générale; Rapport d'activité* (Bruxelles).

---

(1) Paris, Masson, 1924-1925; 4 fasc. et 2 suppléments (1929-1939), 23cm.

EUROPE.

France.

ANGERS. — Facultés catholiques de l'Ouest : *Bulletin trimestriel.*

AUTUN. — Société éduenne des lettres, sciences et arts et Société d'histoire naturelle : *L'Eduen.*

BESANÇON. — *Annales françaises de chronométrie,* A 1096A.

DIJON. — Université : *Livret de l'étudiant.*

GRENOBLE. — Université : *Annales de l'Institut Fourier.*

JUVISY. — Observatoire : *Annuaire astronomique et météorologique Camille Flammarion,* A 1262.

LE MANS. — Société d'agriculture, sciences et arts de la Sarthe : *Bulletin,* B 1735.

LYON. — Muséum d'histoire naturelle : *Nouvelles archives.*

MARSEILLE. — École d'application du service de santé des troupes coloniales : *Médecine tropicale.*

— Faculté des sciences : *Annales,* A 310.

MOULINS. — Société scientifique du Bourbonnais et du Centre de la France : *Revue scientifique,* R 1558.

MULHOUSE. — Société industrielle : *Bulletin,* puis *Bulletin trimestriel,* B 1634.

NANCY. — École nationale des eaux et forêts et Station de recherches et expériences forestières : *Annales,* A 854[1].

— Id. Commission du châtaignier : *Bulletin technique châtaignier.*

NOGENT-SUR-MARNE. — Ministère de la France d'Outre-mer. Direction de l'agriculture, de l'élevage et des forêts : *L'agronomie tropicale; Bulletin agronomique* (*Annales du centre de recherches agronomiques de Bambey, au Sénégal*).

PARIS. — Académie d'agriculture de France : *Comptes rendus hebdomadaires des séances,* B 1861.

— Académie de médecine : *Bulletin,* B 894; *Règlement et personnel,* R 305.

— Académie de pharmacie : *Annales pharmaceutiques françaises.*

— Académie des sciences : *Annuaire,* I 235; *Comptes rendus hebdomadaires des séances,* C 758.

— Association amicale des anciens élèves de l'École centrale des arts et manufactures : *Bulletin,* B 914.

— Association des chimistes et ingénieurs de sucreries, distilleries et industries agricoles de France et des Colonies : *Industries agricoles et alimentaires.*

— Association des Ingénieurs-docteurs de France : *Annuaire; Bulletin.*

— Association française de normalisation : *Courrier de la normalisation.*

— Bureau des Longitudes : *Annuaire,* A 1370; *Connaissance des temps ou des mouvements célestes à l'usage des astronomes et des navigateurs,* C 921; *Éphémérides nautiques ou extraits de la Connaissance des temps,* C 921.

— Bureau d'études géologiques et minières coloniales : *La chronique des mines coloniales,* C 378A.

— Centre d'information du nickel : *Revue du Nickel,* R 1293A.

— Centre national de la Recherche scientifique : *Colloques internationaux.*

— Id. Centre de documentation : *Bulletin analytique.*

— Collège de France : *Annuaire,* A 1499.

PARIS. — Comité électrotechnique français et Union technique des syndicats de l'électricité : *Revue générale de l'Électricité*, L 183.
— Commission nationale du livre français à l'Étranger : *Rapport général et annexes.*
— Institut d'astrophysique : *Contributions.*
— Institut de recherches du coton et des textiles exotiques : *Coton et fibres tropicales.*
— Institut national de la Recherche agronomique : *Annales* (Série A : *Annales agronomiques*, A 809; Série B : *Annales de l'amélioration des plantes*; Série C : *Annales des épiphyties*, A 1090).
— Institut océanographique : *Annales*, A 873.
— Institut Pasteur : *Annales*, A 874.
— Laboratoire national de Radioélectricité : *Notes préliminaires.*
— Ministère de la France d'outre-mer. Direction de l'agriculture, de l'élevage et des forêts : Voir NOGENT-SUR-MARNE.
— Ministère de l'Éducation Nationale : *L'Éducation nationale.*
— Ministère des Finances : *Statistiques et études financières.*
— Observatoire de Paris : *Bulletin astronomique*, B 854.
— Office de la Recherche scientifique d'outre-mer : *Exposé des activités.*
— Presses universitaires de France : *Bulletin trimestriel : Moisson de l'esprit.*
— Secrétariat d'État à la Marine : *Annuaire de la Marine*, A 1355.
— Service de santé de l'air : *La médecine aéronautique.*
— Service historique de l'État-major de la marine : *La Revue maritime*, R 1025.
— Service hydrographique de la marine : *Avis aux navigateurs*, A 2647.
— Société astronomique de France : *L'Astronomie*, A 2471.
— Société chimique de France : *Bulletin*, S 413.
— Société de biologie : *Comptes rendus des séances*, C 675.
— Société de chimie industrielle : *Chimie et Industrie*, C 342.
— Société de chimie physique : *Journal de chimie physique et de physico-chimie biologique*, J 368.
— Société de géographie : *Annales de géographie*, A 837.
— Société d'encouragement pour l'industrie nationale : *Comptes rendus et conférences.*
— Société de pathologie exotique et de ses filiales : *Bulletin*, B 1488.
— Société des anciens élèves des écoles nationales d'arts et métiers : *Ingénieurs arts et métiers*, puis *Arts et métiers*, A 1400 et B 2506.
— Société des ingénieurs civils de France : *Bulletin*, B 1537; *Mémoires*, M 583.
— Société des ingénieurs pour la France d'outre-mer et les Pays extérieurs : **Technique d'outre-mer.**
— Société française de photographie et de cinématographie : *Bulletin*, B 1608; *Chronique mensuelle.*
— Société française de physique : *Annuaire*, A 1408.
— Société française des électriciens : *Annuaire*, A 1412; *Bulletin*, B 1644.
— Société géologique de France : *Bulletin*, B 1619; *Compte rendu sommaire des séances*, C 767; *Mémoires*, M 535.
— Société mathématique de France : *Bulletin*, B 1658.
— Société philomatique : Voir *Revue générale des sciences pures et appliquées.*
— Union sociale d'ingénieurs catholiques : *Écho* (*Responsables*), E 18.
— Union technique des syndicats de l'Électricité : Voir Comité électrotechnique français et Union technique des syndicats de l'Électricité.
— *Almanach des sciences.*
— *Annales de chimie*, A 832.

PARIS. — *Annales de physique*, A 832.
— *Annales des ponts et chaussées*, A 1473.
— *Anthropologie* (*L'*), M 129.
— *Bulletin des sciences mathématiques*, B 1843.
— *Encyclopédie coloniale et maritime mensuelle.*
— *Forces aériennes françaises.*
— *Mémorial de l'artillerie française*, M 677 *bis*.
— *Nature* (*La*), N 52.
— *Progrès médical* (*Le*), P 684.
— *Revue générale des sciences pures et appliquées et Bulletin de la Société philomatique*, R 1362.
— *Technique* (*La*) *moderne*, T 50.
— *Techniques mondiales* (*Engineers' Digest*).

SAINT-LÔ. — Société d'agriculture, d'archéologie et d'histoire naturelle du département de la Manche : *Notices, mémoires et documents*, N 257.

STRASBOURG. — Université. Faculté des sciences : *Annales de l'Institut de physique du globe.*
— Id. Service de la carte géologique d'Alsace et de Lorraine : *Livrets*; *Mémoires*, A 63.

TOULON. — Académie du Var : *Bulletin*, B 2526.

TOULOUSE. — Observatoire astronomique et météorologique : *Annales*, A 891; *Rapport annuel.*

Allemagne.

BAD KISSINGEN. — Deutscher Wetterdienst in der U. S. Zone. Zentralamt : *Witterungsberichte.*

BAMBERG. — Institut für Erdmessung : *Veröffentlichungen.*

BERLIN. — Deutsche Akademie der Wissenschaften : *Jahrbuch; Sonderdruck aus Miscellanea.*
— Id. Forschungs-Instituts für Mathematik : *Mathematische Nachrichten.*
— Deutsche Aktuarverein : Veroffentlichungen.
— *Chemisches Zentralblatt*, P 178.
— *Zentralblatt für Mathematik*, C 167^A.

GARMISCH-PARTENKIRCHEN. — *Das Elektron in Wissenschaft und Technik.*

HALLE A/SALLE. — *Hallische Monographien.*

HEIDELBERG. — Astronomische Rechen-Institut : *Astronomischer Jahresbericht; Veröffentlichungen*, V 107.

HORB AM NECKAR. — CO_2, *La revue de la carboglace.*

KIEL. — Universität. Institut für Weltwirtschaft : [*Publications*].

LEIPZIG. — Sächsische Akademie der Wissenschaften. Math.-naturwissenschaftliche Klasse : *Abhandlungen*, A 44; *Berichte über die Abhandlungen*, B 185.

MAINZ. — Akademie der Wissenschaften und der Literatur : *Abhandlungen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse.*

MÜNCHEN. — Bayerische Akademie der Wissenschaften : *Festrede.*

POTSDAM. — Astrophysikalische Observatorium : *Mitteilungen.*

Autriche.

WIEN. — Österreiche Akademie der Wissenschaften : *Almanach*, A 427,; *Anzeiger*, A 1930; *Denkschriften*, D 38.
— Id. Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse : *Sitzungsberichte*, S 358.

Belgique.

BRUXELLES. — Académie royale de Belgique : *Bulletin*, B 895; *Mémoires*, M 450.
— Académie royale de médecine de Belgique : *Bulletin*, B 899.
— Institut des Parcs nationaux du Congo belge : *Exploration du Parc national Albert de l'Upemba.*
— Institut pour la recherche scientifique en Afrique centrale : *Rapport annuel.*
— Institut royal des sciences naturelles de Belgique : *Bulletin*, B 2016.
— Ministère de l'agriculture : *Bulletin du Jardin botanique de l'Etat*, B 1995.
— Ministère des Colonies. Commission de géologie : *Carte géologique du Congo belge et du Ruanda-Urundi.*
— Société belge de géologie : *Bulletin*, B 1178.
— Société royale zoologique : *Annales*, A 988.

GAND. — *Archives internationales de pharmacodynamie et de thérapie*, A 2139.

LIÉGE. — Association des ingénieurs électriciens sortis de l'Institut électrotechnique Montefiore : *Bulletin scientifique*, B 936.
— Société géologique de Belgique : *Annales*, M 534 (*Bulletin, Comptes rendus; Mémoires*).
— Société royale des sciences : *Bulletin*, B 1738^A; *Mémoires*, M 557.
— Université. Institut de botanique : *Archives*, A 2116.

LOUVAIN. — Société scientifique de Bruxelles : *Annales*, A 1101; *Revue des questions scientifiques*, R 1252.

UCCLE. — Observatoire royal de Belgique : *Annuaire*, A 1315; *Communications.*

Bulgarie.

SOFIA. — Académie bulgare des sciences : *Comptes rendus* (*Dokladi*) (*sciences mathématiques et naturelles*); **Izvestia.**

Danemark.

KOBENHAVN (COPENHAGUE). — Geodaetisk Institut : *Bulletin of the seismological station*, S 2403^1B; *Meddelelse*, G 219^B.
— *Acta chirurgica scandinavica*, M 398.
— *Acta orthopaedica scandinavica*, A 128^1B.

Espagne.

BARCELONE. — Real Academia de ciencias y artes : *Memorias*, M 693; *Nomina del personal academico.*

GRANADA. — Consejo superior de investigaciones cientificas. Patronato Santiago Ramon y Cajal. Instituto nacional de parasitologia : *Revista iberica de parasitologia.*

MADRID. — Consejo superior de investigaciones cientificas. *Archivos español de morfologia; Genetica iberica.*
— Id. Instituto botanico « Antonio Cavanilles » : *Anales del Jardin botanico de Madrid.*
— Id. Instituto Cajal de investigaciones biologicas : *Trabajos*, R 929.

MADRID. — Instituto de ciencias naturales « José de Acosta » : *Anales de la Real Sociedad española de fisica y quimica* (A : *Instituto de fisica;* B : *Instituto de quimica*); *Boletin de la Real Sociedad española de historia natural,* A 691.

— Id. Instituto de edafologia y fisiologia vegetal : *Anales de edafologia y fisiologia vegetal.*

— Id. Instituto de estudios africanos : *Archivos.*

— Id. Instituto de investigaciones geologicas « Lucas Mallada » : *Estudios geologicos.*

— Id. Instituto español de entomologia : *Eos, revista española de entomologia.*

— Id. Instituto geografico y catastral : *Boletin astronomico del observatorio.*

— Id. Instituto « Jaime Ferran ». Sociedad de microbiologos espanoles : *Microbiologia española.*

— Id. Instituto « Jose Celestino Mutis » : *Farmacognosia.*

— Id. Instituto « Juan Sebàstian Elcano » : *Estudios geograficos.*

— Id. Instituto nacional de ciencias medicas : *Archivos de medicine expérimental.*

— Id. Instituto nacional de geofisica : *Revista de geofisica.*

— Id. Instituto « Nicolas Antonio » : *Bibliotheca hispana.*

— Id. Patronato « Alfonso el Sabio ». Instituto Jorge Juan de matematicas y Real Sociedad matematica española : *Revista matematica hispano-americana.*

— Id. Patronato Juan de la Cierva de investigacion tecnica : *Revista de ciencias aplicada.*

— Id. Id. Instituto del hiero y del acero : *Revista del hiero y del acero.*

— Id. Id. Instituto nacional del Combustible : *Combustibles.*

— Id. Id. Instituto nacional de Racionalizaçion del Trabajo : *Revista.*

— Id. Id. Instituto tecnico de la construccion y del cemento : *Informes de la construccion.*

— Id. Sociedad oftalmologica hispano-americana : *Archivos.*

— Observatorio astronomico : *Anuario,* A 1908; *Boletin astronomico,* B 419^A^.

— Real Academia de ciencias exactas fisicas y naturales : *Memorias,* M 692 et 690^A^; *Revista,* R 755.

— Real Sociedad española de fisica y quimica : Voir Instituto de ciencias naturales « Jose de Acosta ».

— Real Sociedad española de historia natural : Voir Instituto de ciencias naturales « Jose de Acosta ».

— Sociedad astronomica de Espana y America : *Urania.*

SAN FERNANDO (CADIZ). — Instituto y Observatorio de marina : *Almanaque nautico,* A 555.

ZARAGOZA. — Real Academia de ciencias exactas, fisico-quimicas y naturales : *Revista.*

Finlande.

HELSINKI. — Geologinen Tutkimuslaitos : *Bulletin de la Commission géologique de Finlande,* B 1093 *bis*; *Geological map of Finland.*

— Havsforskinstitutets (Merentutkimusleutoksen) : *Skrift* (*Julkaisu*), M 735[1].

— Societas scientarium fennica (Finska Vetenskaps Societeten) : *Årsbok-Vuosikirja;* S 395[1]; *Bidrag till Kännedom af Finlands natur och Folk,* B 318; *Commentationes physico-mathematicae,* C 573 *bis.*

— Suomalaisen Tiedeakatemia (Academia Scientiarum fennica) : *Annales* (*Toimituksia*); S 750; *F. F. Communications; Sitzungsberichte der finnischen Akademie der Wissenschaften,* S 352.

— Id. Geophysikalische Observatorium : *Veröffentlichungen.*

HELSINKI. — University. Institute of meteorology : *Papers* (*Mitteilungen*), M 1053^B.
SODANKYLÄ. — Finnische Akademie der Wissenschaften. Magnetische Observatorium : *Veröffentlichungen.*

Grande-Bretagne.

CAMBRIDGE. — Philosophical Society : *Biological Review*, P 536[1]; *Proceedings* P 536.
EDINBURGH. — Royal Society : *Proceedings*, P 602.; *Year Book.*
GLASGOW. — Royal philosophical Society : *Proceedings*, P 589.
GREENWICH. — Royal Observatory : *Report of the Astronomer Royal to the Board of visitors*, R 429.
— Voir CAPE OF GOOD HOPE.
HARPENDEN. — Rothamsted experimental Station : *Rothamsted memoirs on agricultural science*, R 1713 *bis.*
— Id. Lawes agricultural Trust : *Report.*
LONDON. — British aluminium Company : *Light metals Bulletin.*
— British interplanetary Society : *Annual Report; Journal.*
— Chemical Society : *Journal*, M 601.
— Discovery Investigations : *Discovery Reports*, D 222^A.
— Geological Society : *Abstracts of the Proceedings; Quarterly Journal*, Q 11.
— Institution of electrical Engineers : *Science abstracts* (A : *Physics*; B : *Electrical Engineers*), S 180.
— Institution of mechanical Engineers : *Brief subject and author index of papers in the Proceedings; Journal*, J. 818[4]; *Proceedings*, P 560.
— Id. Applied mechanics : *Proceedings.*
— Id. Automobile division : *Proceedings.*
— Id. Industrial administration and engineering production : *Proceedings.*
— Linnean Society : *Journal* (*Zoology*), J 838; *Proceedings*, P 565.
— Meteorological Office : *Annual Report of the Director*, M 779^E; *Monthly Weather Report*, M 781; *Professional Notes*, M 784.
— National Institute of oceanography : *Annual Report.*
— Ray Society : [*Publications*]; *Report of the Council*, R 453^A.
— Royal astronomical Society : *Monthly Notices*, M 1256.
— Royal geographical Society : *Geographical Journal*, G 231.
— Royal Institution of Great Britain : *Records*, R 196[1].
— Royal Society : *Notes and Records; Obituary Notices of Fellows*, O 0[1]; *Philosophical Transactions*, P 225; *Proceedings*, A 72; *Year Book*, Y 20.
— Id. Symbols Committee : *Report.*
— Royal Society of Medicine : *Proceedings*, P 603.
— Science Museum Library : *Monthly list of accessions to the Library*, S 207 *bis*^A.
— Stationary Office : *The nautical Almanac and astronomical Ephemeris*, N 73.
— *Electrical Review*, T 76.
— *Endeavour.*
— *Nature*, N 51.
— *Research.*
— *Vacuum.*
MANCHESTER. — Literary and philosophical Society : *Memoirs and Proceedings*, M 627.
OXFORD. — *Oxford economics papers.*
RAINHAM. — *Murex review.*

SOUTHPORT. — Auxiliary Observatory (The Fernley Observatory) : *Annual Report and results of meteorological observations*, B 671.

TEDDINGTON. — National physical Laboratory : Notes on applied Science; *Report of the year*, N 26.

Grèce.

ATHÈNES. — Académie d'Athènes : *Praktika*, P 398².

— National Observatory : *Bulletin of the astronomical Institute.*

Hongrie.

BUDAPEST. — Magyar Tudomanyos akademia (Academiae scientiarum hungaricæ); *Acta agronomica;* Acta biologica; Acta chimica; Acta mathematica; *Acta medica*; Acta physica; *Acta physiologica;* Acta technica; Acta veterinaria.

— *Hungarian technical abstracts.*

SZEGED. — Université. Institut Bolyaia : *Acta scientiarum mathematicarum*, A 125ᴬ.

Irlande.

DUBLIN. — Royal Dublin Society : *The economic Proceedings*, E 113; *The scientific Proceedings*, J 845.

— Royal Irish Academy : *Proceedings*, P 600.

Italie.

ASSO. — *Scientia*, R 1665.

BOLOGNE. — Osservatorio astronomico universitario : *Pubblicazioni*, P 784 *bis.*

CATANIA. — Osservatorio astrofisico : *Annuario*, R 175¹; *Contributi.*

CITTA DEL VATICANO. — Specola astronomica Vaticana : *Ricerche astronomiche.*

FIRENZE. — Istituto geografico militare : *Bollettino di geodesie e scienze affini; l'Universo*, U 202.

LODI. — Ministero del agricoltura e del foreste. Stazione sperimentale di praticoltura di Lodi : [*Pubblicazioni*].

MILANO. — Istituto lombardo di scienze e lettere : *Rendiconti*, R 175.

— Istituto vaccinogeno antitubercolare : Notiziario.

— Politecnico : *Pubblicazione delle Istituto di matematico.*

MODENA. — Accademia di scienze, lettere ed arti : *Memorie*, M 710.

NAPOLI. — Societa di scienze, lettere ed arti (Societa Reale) : *Rendiconto dell' Accademia delle scienze fisiche e matematiche*, R 332.

— Societa italiana di biologia sperimentale : *Bollettino*, 618¹.

PADOVA. — Universita : *Rendiconti del Seminario matematico*, R 329ᴮ.

PISE. — Facolta d'Ingegneria : *Pubblicazioni*, R 177 *bis*¹.

RESINA. — Osservatorio vesuviano : *Annali*, A 1134.

ROMA. — Accademia nazionale dei Lincei : *Annuario*, A 1851; *Memorie*, A 2546; *Probleme attuali di scienze e di cultura; Rendiconti*, A 2546.

— Accademia nazionale dei XL : *Rendiconti.*

— Consiglio nazionale delle Ricerche : *La Ricerca scientifica*, B 567ᴬ.

ROMA. — Istituto superiore di Sanita : *Rendiconti.*

— Ministero dell' agricoltura e delle foreste. Direzione generale della produzion agricola : *Annali della sperimentazione agraria,* A 1448^A^.

— *Gazetta chimica italiana,* G 163.

— *Scientia medica italica.*

TORINO. — Accademia delle scienze : *Atti,* A 2547.

TRIESTE. — Istituto geofisico, *puis* talassografico : *Pubblicazioni.*

VENEZIA. — Istituto veneto di scienze, lettere ed arti : *Atti,* A 2571.

Luxembourg.

LUXEMBOURG. — Institut grand-ducal. Section des sciences naturelles, physiques et mathématiques : *Archives,* S 484.

Monaco.

MONACO. — Institut océanographique : *Bulletin,* B 2015.

Norvège.

BERGEN. — Norske Institutt for kosmisk fysikk : *Publikasjoner,* P 882^A^.

— Université : *Årbok*; *Årsmelding.*

OSLO. — Norske meteorologiske Institutt : *Norsk meteorologisk Årbok,* N 214; *Neubøren i Norge,* N 89.

— Norske videnskaps-Akademi : *Geofysiske Publikasjoner,* G 221 *bis; Scientific results of the norwegian antarctic expeditions.*

Pays-Bas.

AMSTERDAM. — Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen : *Proceedings* K 81 ; *Verhandelingen,* V 25.

— *Biochimica et biophysica Acta.*

— *Physica,* P 304^B^.

DE BILT. — Koninklijk Nederlandsch meteorologisch Instituut : *Jaarboek,* M 816; *Mededeelingen en Verhandelingen* [*Publications*]; *Seismic Records at de Bilt,* S 272.

GRONINGEN. — Kapteyn astronomical Laboratory : *Publications.*

— *Simon Stevin, wis-en natuurkundige Tijdschrift.*

HAARLEM. — Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen (Société hollandaise des sciences) : *Acta physiologica et pharmacologica néerlandica.*

— Musée Teyler : *Archives,* A 2162.

— Société néerlandaise de zoologie : *Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles* : IV. *Archives néerlandaises de zoologie,* A 2184^B^.

— Teyler's Tweede Genootschap : *Verhandelingen,* V 32.

LEIDEN. — University. Kamerlingh Onnes Laboratory : *Communications,* C 606.

UTRECHT. — Rijksuniversiteit : *Onderzoekingen gedaan in het physiologisch Laboratorium,* O 166.

Pologne.

GDANSK (DANTZIG). — Ecole polytechnique. Institut de la mécanique appliquée aux constructions (Zaklad mechaniki bridowli) : *Archives de mécanique appliquée.*

KRAKOW (CRACOVIE). — Académie polonaise des sciences et des lettres (Polska Akademija Umiejetnosci) : *Acta monographica musei historiae naturalis; Sprawozdanie komitetu badán fizjograficznych wydziału matematyczno przyrodniczego.*

— Id. Classe des sciences mathématiques et naturelles : *Bulletin international* (*Série A, Sciences mathématiques; Série B, Sciences naturelles*), B 2196; *Materiały do fizjografii Kraju; Mémoires* (*Série B, Sciences naturelles*), M 450[1B]; *Rozprawy wydziału matematyczno przyrodniczego*, R 1741.

— Société géologique de Pologne : *Annales* (*Rocznik polskiego Towarzystwa geologicznego*), R 1704[2].

LODZ. — Nencki Institute of experimental Biology : *Acta biologiae experimentalis*, A 113[E].

LUBLIN. — Université Marie Curie-Sklodowska : *Annales.*

POZNAN. — Uniwersytet poznański : *Spis wykładow.*

TORUN. — Towarzystwa naukowego (Société scientifique) : *Sprawozdania.*

WARSZAWA. — Institut central de documentation technique et scientifique (Glowny Instytut dokumentacji naukowo technicznej). **Polish technical abstracts.**

— Société des sciences et des lettres (Societas scientiarum varsaviensis) : Classe des sciences mathématiques et physiques (Towarzystwo naukowe warszawskie) : *Comptes rendus des séances* (*Sprawozdania z posiedzen*), C 671.

— Warsaw aerodynamical Institute : *Publications.*

Portugal.

COIMBRA. — Observatorio astronomico da Universidade : *Anaïs*, A 655[1C]; *Efemerides astronomicas*, E 303.

LISBOA. — Academia das ciências : *Anuario academico*, A 78[1A]; *Boletim*, B 387[A]; *Memorias*, M 689.

— *Portugaliae mathematica.*

PORTO. — Associacão da filosofia natural : *Boletim.*

— Faculdade de ciencías : *Anaïs*, A 655[1].

SETUBAL. — *A Previsão do tempo.*

Roumanie.

BUCURESTI (BUCAREST). — Academia Republicii populare romane. Section des sciences géologiques, géographiques et biologiques : *Analele*, A 663; *Buletin stiintific*, B 1147.

Suède.

GÖTEBORG. — Chalmers tekniska Högskolas Biblioteks : *Bytesförbindelser.*

— Kungl. Vetenskaps-och Vitterhets-Samhälles : *Bihang*, B 330[A]; *Handlingar*, G 374.

STOCKHOLM. — Svenska geofysiska Föreningen : *Tellus.*

— Observatorium : *Annaler* (*Astronomiska iakttagelser och undersökningar a Stockholms Observatorium*), A 2490.

STOCKHOLM. — K. Svenska Vetenskaps Akademiens : *Arkiv för Botanik*, B 331 ; *Arkiv för Fysik*, B 331 ; *Arkiv för Geophysic*, B 331 ; *Arkiv för Kemi*, B 331 ; *Arkiv för Kemi, Mineralogi och Geologi*, B 331 ; *Arkiv för Matematik*, B 331 ; *Arkiv för Matematik, Astronomi och Fysik*, B 331 ; *Arkiv för Zoologi*, B 331 ; *Arsbok*, K 67 ; *Handlingar*, S 775.

— Sveriges geologiska Undersökning : *Avhandlingar och Uppsatser*.

— *Acta mathematica*, A 126.

UPPSALA. — Botaniska Institutionerna : *Symbolæ Botanicæ upsaliensis*, S 781[1A].

— Läkareförenings : *Förhandlingar* (*Acta Societatis medicorum upsaliensis*), U 212.

— Regiæ Societatis Scientiarum Upsaliensis (Kungl. Vetenskaps-Societeten) : *Arsbok; Nova acta*, A 125.

— Université. Observatoire météorologique : *Bulletin mensuel*, B 2318 ; *Observations séismographiques*, O 81.

Suisse.

BÂLE. — Société de chimie helvétique : *Helvetica chimica acta*, H 52.

— Université. Bibliothèque : *Catalogue des écrits académiques suisses*, C 97.

BERNE. — Chemins de fer fédéraux. Direction générale : *Catalogue de la Bibliothèque*.

— Eidgenössische Veterinäramt : Vorträge.

GENÈVE. — Organisation mondiale de la santé : *Bulletin; Chronique*.

— Société de physique et d'histoire naturelle : *Archives des sciences*, B 313.

— *Enseignement mathématique* (*L'*), E 278.

— *Journal de chimie physique*. Voir PARIS : Société de chimie physique.

LAUSANNE. — Société vaudoise des sciences naturelles : *Bulletin*, B 1862 ; *Mémoires*, M 558[1].

ZURICH. — Eidgenössische Sternwarte. International Astronomical Union : *Quarterly Bulletin on Solar Activity*.

— Schweizerische meteorologische zentral Anstalt : *Annalen*, S 165.

Tchécoslovaquie.

BRNO. — Moravskoslezské Akademie věd přírodnick : *Prace* (*Acta academiae scientiarum naturalum moravo silesiacae*), A 140[1].

— Université Masaryk. Faculté de médecine : *Publications*, puis *Scripta medica*, P 835[2].

— Id. Faculté des sciences : *Publications* (*Spisy*), S 558.

— *Acta universitatis agriculturæ et sylviculturæ*.

PRAHA. — Central astronomical Institute of Czechoslovakia : *Bulletin*.

— Ceska Akademie ved a umeni (Académie tchèque des sciences et des arts) : *Bulletin international*, B 2197.

— Československé akademie zemědělské (Académie tchécoslovaque d'agriculture) : *Vestnik* (*Bulletin*).

— Institut géophysique national tchécoslovaque : *Bulletin séismique des stations seismologiques tchécoslovaques*, B 2492[A] ; *Travaux spéciaux*.

— Jednota ceskoslovenskijch matematiků a fysiků (Comité de l'Union tchécoslovaque des mathématiciens et des physiciens) : *Časopis pro Pěstování matematiky a fysiky*, C 89.

— Masarykovy Akademie práce : *Sbornik*, M 123[1].

Turquie.

ANKARA. — Université. Faculté de médecine : *Acta medica turcica.*
— Id. Faculté des sciences : *Communications.*
ISTAMBOUL. — Teknik Üniversitesi : *Bülteni.*
— Université. Faculté des sciences : *Revue* (*Istambul üniversitesi fen fakültesi mecmuasi*), I 384[B].

Union des Républiques Soviétiques Socialistes.

EREVAN. — Académie arménienne des sciences : *Soobchenie biourakanskoi observatori.*
KASAN. — Université V. I. Oulianova-Lenine. Astronomitcheskoi observatori V. P. Engeligardta : *Bioulleteni,* U 13[B]; *Izvestia* (*Outchenie zapiski*), O 270 et I 405; *Troudi.*
KIEV. — Académie des sciences de l'Ukraine : *Oukraniski Kimitcheski Journal; Troudi poltavskoi gravimetritcheskoi observatori.*
— Id. Institut de physiologie clinique O. O. Bogomolitsie : *Meditchini Journal.*
— Id. Institut mathématique : *Oukraniski matematitcheski Journal.*
— Université T. G. Chevtchenka : *Publikatsi kievsikoi astronomitchnoi observatori.*
LÉNINGRAD. — Académie des sciences. Voir MOSCOU.
— Université : *Outchenie zapiski* (*Série des sciences mathématiques*).
LWOV. — Université : *Naukovi zapiski* (*Séries astronomique, physico-mathématique*).
MOSCOU. — Académie des sciences de l'U. R. S. S. : *Astronomitcheski Journal,* R 1720; *Biokimia; Botanitcheski Journal; Dokladi,* C 628; *Fisiologitcheski Journal,* R 1721[A]; *Izvestia* (*Otdelenia kimitcheskik nauk, Teknitcheskik nauk; Seria biologitcheskaia, fisitcheskaia, geografitcheskaia i geofizitcheskaia, geologitcheskaia, matematitcheskaia*); *Journal analititcheskoi kimi; Journal eksperimentalinoi i teoretitcheskoi fisiki; Journal fisitcheskoi kimi; Journal obtchei; biologi; Journal obtchei kimi; Journal prikladnoi kimi; Journal teknitcheskoi fisiki; Kolloidniai Journal; Matematitcheski Sbornik,* R 225; *Microbiologia; Ouspeki astronomitcheskik nauk; Ouspeki Kimi; Ouspeki sovremennoi biologi; Potchvovedenie; Priroda,* P 479[1A]; *Sovetskaia etnografia; Vestnik* (*Nouvelle*); *Zoologitcheski Journal,* R 1612[1].
— Id. Bureau astronomique : *Astronomitcheski cirkular.*
— Id. Conseil astronomique : *Peremennie zvezdi.*
— Id. Institut astronomique : *Katalog zvezdi.*
— Id. Institut d'astronomie théorique : *Astronomitcheski ejegodnik S. S. S. R.* (*Annuaire astronomique*) : *Bulleteni ephemeridi malik planet.*
— Id. Institut de botanique Komarov : (*Acta*) *Troudi,* T 533 *bis* et A 123[A].
— Id. Institut de géophysique théorique : *Troudi.*
— Id. Institut de mathématique V. A. Steklov : *Troudi,* A 96[3C].
— Id. Institut de mécanique : *Prikladnaia matematika i mekanika.*
— Id. Institut de physiologie I. P. Pavlov : *Troudi.*
— Id. Institut de physique : *Troudi.*
— Id. Institut zoologique : *Opredeliteli po Fauna S. S. S. R.; Parasitologitcheski Sbornik; Troudi.*
— Id. Laboratoire de physiologie I. P. Pavlov : *Troudi.*
— Id. Société panunioniste d'astronomie et géodésie : *Bioulleteni vsesoioznogo astronomo-geodesitcheskogo obchestva.*

MOSCOU. — Id. Société panunioniste de géographie : *Izvestia vsesoioznogo geografitcheskogoobchestva.*

— Id. Société panunioniste de minéralogie : *Zapiski vsesoioznogo mineralogitcheskogo obchestva.*

— Id. Observatoire astrophysique de Crimée : *Izvestia.*

— Université M. L. Lomonosov : *Troudi gosoudarstvennogo astronomitcheskogo Institouta P. K. Chteriberg.*

ODESSA. — Université I. J. Metchnikov. Observatoire astronomique : *Izvestia.*

POULKOVO. — Académie des sciences de l'U. R. S. S. Observatoire astronomique : *Izvestia; Troudi.*

RIGA. — Académie des sciences de Lithuanie : *Vestis.*

STALINABAD. — Académie des sciences de l'U. R. S. S. Filiale du Tadjikstan. Observatoire astronomique : *Cirkular*, T 28 *bis*[A].

TALLINN. — Académie des sciences de l'Esthonie : *Noukogude Teaduse arengust.*

TARTU. — Académie des sciences de l'Esthonie : *Teaduslik Session* (A : *Assemblée générale;* C : *Sciences biologiques et agricoles; Section scientifique*).

— Id. Riikliku Kirjandusmuseum : Aastaraamat (Annuaire).

TASHKENT. — Astronomik observatoriasining : *Cirkular*, A 2453[1B]; *Troudi.*

TBILISI (TIFLIS). — Académie des sciences de Géorgie : *Soobchenia.*

— Id. Institut de botanique : *Notulae systematicae ac geograficae; Troudi,* T 440[A].

— Id. Institut de mathématiques A. M. Razmadzé : *Troudi.*

— Id. Institut de protection des plantes (Zachiti rasteni) : *Troudi.*

— Id. Institut de zoologie : *Troudi*, A 96[3B].

Yougoslavie.

BEOGRAD. — Académie serbe des sciences : *Bulletin* (*classes des sciences mathématiques et naturelles, médicales, techniques*), A 101[A]; *Glas* (*classes des sciences mathématiques et naturelles, techniques*), G 354 *bis*; *Glasnik; Godichniak* (*Annuaire*), G 367 ; *Posebna izdania* (*Monographie*) (*Institut d'écologie et biogéographie; d'ethnographie*, de géologie, *de mécanique; section des sciences mathématiques et naturelles, médicales, techniques*); *Sbornik Radova* (*Recueil de travaux*) (*Institut d'écologie et biogéographie, de géographie, de géologie, d'hydrotechnique, de mathématique, de mécanique*); *Srpski ethnografski Sbornik* (*Recueil ethnographique serbe*), S 573.

— Id. Institut mathématique : *Publications; Série des sciences classiques.*

— Observatoire astronomique : *Publications.*

— Société des mathématiciens et physiciens de la R. P. de Serbie : Bulletin (Vesnik).

LJUBLJANA. — Slovenska akademija znanosti in umetnosti : *Letopis.*

— Id. Razred za matematicne, fizikalne in technicne vede (classe III) : Razprave (Dissertations).

— Id. Razred za prirodoslovne in medicinske vede (classe IV) : Dela (Travaux); Razprave.

SARAJEVO. — Biološki Institut : *Godišnjak* (*Annuaire*).

SKOPJE. — Société des mathématiciens et des physiciens de la R. P. de Macédoine : Bulletin.

— Université : Faculté de philosophie. Section des sciences naturelles : *Annuaire.*

ZAGREB. — Societas scientiarum naturalium croatica : *Arkiv za Kemiju; Glasnik* (*periodicum mathematico-physicum et astronomicum*), G 359.

ZAGREB. — Yougoslavenska Akademiji znanosti in umetnosti (Académie yougoslave des sciences et des arts) : *Predavanja odrzana; Prirodoslovna istraživanje*, P 492[2]. *Rad*, R 6.

ASIE.

Ceylan.

COLOMBO. — National Museum : *Bulletin* (*Spolia zeylanica*), S 560.
— *Ceylan Journal of science*, C 198[1].

Chine.

PEIPING. — Academia Sinica : *Science Record.*
— Id. Chinese chemical Society : *Journal*, J 799[3A].
— Id. Chinese physical Society : *Chinese Journal of physics*, C 350[A].
— National Tsing Hua University : *The Engineering Reports.*

Indes.

ALLAHABAD. — University. Mathematical Association : *The Bulletin.*
BANGALORE. — Indian Academy of sciences : *Proceedings*, P 554[1A].
CALCUTTA. — Geological Survey of India : *Bulletin; Memoirs*, N 620; *Records*, R 193.
DELHI. — National Institute of science of India : *Proceedings*, P 574[A].

Indochine.

HANOÏ. — Service géologique de l'Indochine : *Bulletin*, B 2032.

Iran.

TÉHÉRAN. — Academia asiatica : *Annales-Bulletins.*

Japon.

HIROSHIMA. — University : *Journal of science* (*Série A*), J 775[A].
HUKUOKA. — Kyushu University. Faculty of Engineering : *Memoirs*, M 614.
. — Id. Faculty of science : *Memoirs.*
KAGOSHIMA. — K. Fischeries College : **Journal.**
KYOTO. — Engineering Research Institute : **Technical Reports.**
— University. Faculty of Engineering : *Memoirs*, M 615.
NAGOYA. — University. Faculty of science. Mathematical Institute : *Nagoya mathematical Journal.*
OSAKA. — Kinki University : **Journal of the Osaka Institute of science and technology.**
— University. Department of mathematics : *Osaka mathematical Journal.*
— Id. Faculty of Engineering : **Technology Reports of the Osaka University.**

OSAKA. — Id. Institute of polytechnics : Journal.
— Id. Medical School : *Medical Journal of Osaka University*.
— Union of Japanese scientists and Engineers : Reports of statistical application Research.

SASAYAMA. — Hyogo prefectural University of agriculture : Memoirs.

SENDAI. — Tohoku University. Faculty of Engineering : *The technology Reports*.
— Id. Faculty of science : *Science Reports of the Tohoku University* (1re *série : physics, chemistry, astronomy*), S 215 *bis*.
— Id. Institute of geology and paleontology : *Short Papers*.
— Id. Mathematical Institute : *Tohoku mathematical Journal*, T 180.
— Id. Research Institute : *Science Reports* (*Série A : physics, chemistry and metallurgy*).

TOKYO. — Engineering Society of Japan : *The Japan science Review*.
— Geographical Survey Institute : *Tidal Record*.
— Institute of electrical Engineers of Japan : *Electrotechnical Papers; The Journal*, J 818[A].
— Institute of Technology : *Bulletin;* Report of the Research Institute of Ceramic.
— National Institute of health of Japan : *The Japanese medical Journal*.
— Physical Society of Japan : *Journal*.
— Science Council of Japan : *Japanese Journal of mathematics*, J 245 *ter*[3].
— Tokyo Bunrika Daigaku (Tokyo University of litterature and science) : *Science, Report*.
— University. Astronomical Observatory : *Bulletin*, T 181[1]; *Bulletin of Solar phenomena; Reprints; Tokyo astronomical Bulletin*, T 181[1].
— Id. Earthquake Research Institute : *Bulletin*, B 2360[1].
— Id. Faculty of science : *Journal* (*Sections I, II*), J 810[2].
— Id. Institute for infections diseases : *The Japanese Journal of experimental medicine*, J 245 *ter*[1A].
— Id. Mathematical Society of Japan : *Journal*.
— Waseda University. Faculty of science and Engineering : *Memoirs*, M 615[A].

TSU MIE PREFECTURE. — Prefectural University : *Journal of the Faculty of Fisheries*.

YOKOHAMA. — University. School of Medicine : *Yokohama medical Bulletin*.

Liban.

BEYROUTH. — Service de climatologie : *Bulletin mensuel*, B 2034[1].
— Service météorologique : *Climatologie aéronautique*.

Malaisie.

SINGAPORE. — Malayan meteorological Service : *Frequency Tables and anemogram analysis; Summary of observations*.

AFRIQUE.

Afrique Équatoriale française.

BRAZZAVILLE. — Gouvernement général de l'Afrique Équatoriale française : *Bulletin du Service des mines*.
— Institut d'études centrafricaines : *Bulletin*; Mémoires.

Afrique Occidentale française.

BAMBEY. — Voir FRANCE : NOGENT-SUR-MARNE.

DAKAR. — Institut français d'Afrique Noire : *Bulletin*, *Initiations africaines*, *Mémoires*, *Protection de la nature*.

Algérie.

ALGER. — Institut Pasteur d'Algérie : *Archives*, A 2116[3].
— Observatoire : *Travaux*.
— Service de la carte géologique de l'Algérie : *Bulletin*, B 2030[1].

British East African.

NAIROBI. — Meteorological Department : *Summary of meteorological Observations*.

British South African.

CAPE OF GOOD HOPE. — Royal Observatory : *Annals of the Cape Observatory*, A 1194; *Report of H. M. Astronomer at the Cape of Good Hope to the Secretary of the Amiralty*, R 424.

Cameroun.

DOUALA. — Institut français d'Afrique Noire. Centre du Cameroun : *Études camerounaises*; *Mémoires* (*Série sciences naturelles*).

Égypte.

CAIRO. — Egyptian Academy of sciences : *Proceedings*.
— Institut d'Égypte : *Bulletin*, B 1016.
— U. N. E. S. C. O. : Voir Publications des Institutions internationales.

Madagascar.

TANANARIVE. — Académie Malgache : *Bulletin*, B 2510.
— Service des mines. Bureau géologique : *Annales géologiques du Service des mines*, A 1101[A]; *Cartes géologiques de reconnaissance*.

Maroc.

CASABLANCA. — *Maroc médical*, M 113.

RABAT. — Direction de l'agriculture, du commerce et des forêts. Production agricole : *Les Cahiers de la recherche agronomique*.
— Service géologique : *Notes et mémoires*, P 734[A] et S 306[A].

Maurice (Ile).

PORT-LOUIS. — Royal Society of Arts and Science of Mauritius : *Proceedings*, P 601[1].

Tanganyika.

DODOMA. — Department of geological Survey : *Bulletin*.

Tunisie.

TUNIS. — Direction des affaires économiques. Service botanique et agronomique : *Annales*, A 1089[1]; *Bulletin* ; [*Publications*].
— Direction des travaux publics : *Annales des mines et de la géologie*.

AMÉRIQUE

Argentine.

BUENOS-AIRES. — Escuela industrial de la Nacion « Otto Krause » e Instituto tecnico superior : *Otto Krause, revista technico-industrial*.
— Ministerio de agricultura y ganaderia. Direccion general de investigaciones agricolas : *Revista de investigationes agricolas*.
— Ministerio de guerra. Instituto geografico militar : *Anuario*, A 1903.
— Ministerio de industria y comercio de la Nacion. Direcion general de industria manufactureria. Instituto technologico : [*Publications*].
— Id. Direcion general de industria minera : *Anales; Boletin*.
— Museo argentino de ciencas naturales « Bernardino Rivadavia » : *Revista*.
— Id. Instituto nacional de investigacion de la ciencias naturales : *Biblioteca argentina de ciencias naturales; Comunicaciones* (*ciencias botanicas, zoologicas*); *Publicaciones de extension cultural y didactica; Revista* (*ciencias botanicas, geologicas, zoologicas*).
— Servicio meteorologico nacional : **Revista de meteorologia y geofisica (Meteoros)**.
— Sociedad cientifica argentina : *Anales*, A 687.
— Universidad. Facultad de ciencias exactas, fisicas y naturales : **Contribuciones cientificas (Séries A, B, E)**.

LA PLATA. — Universidad nacional. Facultad de ciencias fisico-matematicas : *Publicaciones especiales*.

TUCUMAN. — Universidad nacional. Facultad de ciencias exactas y tecnologia : *Revista*.

Brésil.

RECIFE. — *Jornal de medicina de Pernambuco*.

RIO-DE-JANEIRO. — Academia brasileira de ciencias : *Anais*, A 748[A].
— Biblioteca nacional : *Anais*, A 749.
— Observatorio nacional : *Anuario*, A 1868.
— Sociedade brasileira de geografia : *Boletim*.

SAO-PAULO. — Museu paulista : *Revista*, R 823.
— Secretaria da agricultura. Departamento de zoologia : *Papeis avulsos*.

Canada.

MONTRÉAL. — Association canadienne française pour l'avancement des sciences : *Annales de l'A. C. F. A. S.*, A 864[A].

— Association des diplômés de polytechnique : *Revue trimestrielle canadienne.*

— Université : *Annuaire général*, A 1328.

OTTAWA. — Canadian Patent Office : *Record and Register of Copyrights and Trade Marks*, C 66.

— Department of mines and resources : *Report of mines, forests and scientific services branch.*

— Department of mines and technical Survey : *Annual report.*

— Dominion Observatory : *Contributions; Publications*, D 137.

— Geological Survey of Canada : *Bulletin; Mémoires*

— Library of Parliament : *Annual supplement to the Catalogue.*

— National Museum of Canada : *Bulletin*, C 53[2], G 249 et M 1327.

TORONTO. — Royal Canadian Institute : *Proceedings*, C 63.

VICTORIA. — Department of Mines and Resources. Dominion astrophysical Observatory : *Contributions; Publications*, P 856.

Chili.

CONCEPCIÓN. — Sociedad de Biologia : *Boletin*, B 465[B].

SANTIAGO. — Universidad. Facultad de biologia y ciencias medicas. Instituto de biologia « Juan Noe » : *Trabajos* (*Biologica*).

— *Investigaciones zoologicas chilenas.*

Colombie.

BOGOTA. — Academia colombiana de ciencias exactas, fisicas y naturales : *Revista*, R 747[A].

— *Universidad nacional de Colombia.*

Cuba.

LA HABANA. — Instituto del Radium : *Archivos cubanos de cancerologia.*

— Universidad. Comision de extension universitaria : *Vida universitaria.*

— *Kuba, Revista de medicina tropical y parasitologia*, B 787 *bis*[1A].

Etats-Unis.

ALBANY. — University of the State of New York. N. Y. State Museum : *Bulletin*, B 2397 *bis*. *Circular; Handbook*, N 161[A].

BALTIMORE. — Johns Hopkins University : *American Journal of Mathematics*, A 598.

BERKELEY. — University of California : *Publications in American Archeology and Ethnology, in Botany, in Zoology*, U 149 et U 149[1].

— Pacific Journal of mathematics.

BOSTON. — American Academy of arts and sciences : *Proceedings*, P 500.

CAMBRIDGE. — Harvard College. Museum of comparative Zoology : *Annual Report of the Director*, A 1748; *Bulletin*, B 2390.

— Harvard College Observatory : *Annals*, A 1192; *Annual Report of the Director*, A 1714; *Circular*, A 2467; *Harvard Reprint; Reprint from the astrophysical Journal*.

— Id. The american Association of variable star Observers : *Quarterly Report*.

— History of science Society : *Isis*.

CHARLOTTESVILLE. — University of Virginia. Leander Mc Cormick Observatory : *Publications*, P 864.

CHICAGO. — Natural History Museum : *Annual Report*, A 1714[1]; *Fieldiana* (*Anthropology, Botany, Geology, Zoology*); *Popular series* (*Botany*); *Publications* (*geological series*), F 57.

— *Bulletin of the atomic scientists*.

EASTON. — American chemical Society : *Chemical abstracts*, R 665 et C 309; *Journal*, J 780.

— American Society of mechanical Engineers : *Applied mechanics Reviews*.

GENEVA. — Cornell University. N. Y. State agricultural experimental Station. : *Annual Report*, N 142; *Bulletin*, N 158[A].

GOLDEN. — Colorado School of mines : *General Catalog*.

LANCASTER. — American mathematical Society : *Mathematical Review*.

— American physical Society : *The Physical Review*, P 307.

MINNEAPOLIS. — University of Minnesota. Astronomical Observatory : *Publications*, P 849[1A].

MORGANTOWN. — West Virginia University. Southern Appalachian botanical Club : *Castanea* (*Journal*).

MOUNT HAMILTON. — University of California. Lick Observatory : *Bulletin*, L 81.

NEW-HAVEN. — American astronomical Society : *The astronomical Journal*.

— Connecticut Academy of arts and sciences : *Memoirs*, M 615[2], *Transactions*, T 300.

— Yale University : *Publications in Anthropology*, Y 4[1A].

NEW-YORK. — Academy of Sciences : *Annals*, A 1200; *Transactions*, T 371.

— American mathematical Society : *Transactions*, T 252. Voir LANCASTER.

— American physical Society : Voir LANCASTER.

— American Society of mechanical Engineers. Voir EASTON.

— Organisation mondiale de la santé : Voir GENÈVE.

— Special Library Association : *Bulletin of the international relations Committee*.

— *Mc Graw Hill overseas Book News*.

OAK RIDGE. — U. S. atomic energy Commission. Technical Information service : *Nuclear Science abstracts; List of research reports*; [*Publications*].

PHILADELPHIA. — Academy of natural Sciences : *Notulae naturae; Proceedings*, P 498.

— American philosophical Society : *Serial list of publications; Transactions*, T 258.

PROVIDENCE. — American mathematical Society : Voir LANCASTER.

RANGELEY. — Orgone energy emergency : **Bulletin**.

SAN FRANCISCO. — California Academy of Sciences : *Proceedings*, P 534.

TROY. — Rensselaer polytechnic Institute : *Bulletin*, R 344.

UPTON. — Brookhaven national Laboratory : *Annual Report; Brookhaven Conference Report; Guide to russian scientific periodical litterature*; [*Publications*]; *Progress Report on waste concentration studies; Quarterly progress Report*.

WASHINGTON. — Carnegie Institution. Department of terrestrial magnetism : *Annual Report of the Director*, D 131.

WASHINGTON. — Department of Agriculture : *Agriculture monograph.*
— Id. Bureau of agricultural Economics : *The agricultural situation.*
— Id. Soil conservation service : *Soil Conservation; Soil Survey.*
— Department of Commerce. Weather Bureau : *Climatological Data National Summary*, C 437; *Library circular; Monthly weather Review*, M 1269.
— Department of the Interior. Geological Survey : *Bulletin*, B 2046; *Professional Papers*, U 86; *Water Supply Papers*, W 7.
— Library of Congress : *Annual Report of the Librarian*, L 79.
— National Academy of Sciences : *Proceedings*, P 574; *Report*, R 492.
— Id. National Research Council : News Report.
— Id. Id. American geophysical Union : *Transactions.*
— U. S. Naval Observatory : *Circular.*
— Id. Nautical Almanac Office : *The american ephemeris and nautical almanac*, A 584; *Astronomical papers*, A 2469.
— Smithsonian Institution. National Museum : *Bulletin*, B 2407; *Proceedings*, P 612, *Reports*, R 553.

Mexique.

MEXICO. — Sociedad mexicana de historia natural : *Revista.*
— Universidad nacional autonoma. Instituto de geologia : *Boletim.*

Panama.

PANAMA. — Division nacional de astronomia y meteorologia : *Almanaque astronomico.*

Pérou.

LIMA. — Academia nacional de ciencias exactas, fisicas y naturales : *Actas.*
— Instituto nacional de investigacion y fomento mineros : Boletin.
— Sociedad de Ingenieros del Peru : *Informaciones y memorias*, I 169.
— Sociedad national de mineria del Peru : *Boletin.*
— Universidad Major de San Marcos. Faculdad de ciencias biologicas, fisicas y matematicas : *Revista de ciencias*, R 721 *bis.*

Uruguay.

MONTEVIDEO. — Facultad de Ingenieria. Instituto de matematica y estadistica : *Publicaciones.*
— Servicio oceanografico y de pesca S.O.Y.P. : *Publicaciones cientificas.*
— Sociedad de biologia : *Archivos*, A 2267[A].
— Universidad de la Republica. Facultad de humanidades y ciencies : [*Publications*].

Vénézuela.

CARACAS. — Academia de ciencias fisicas, matematicas y naturales : *Boletin*, B 433[B].
— Asociacion venezolana para el avance de la ciencia : *Acta cientifica venezolana.*

CARACAS. — Colegio de ingenieros de Venezuela : *Revista*, R 803[1].

— Instituto nacional de nutricion : *Album grafico; Archivos venezolanos de nutricion; Comedores populares; Serie de Publicaciones.*

MARACAÏBO. — Universidad del Zulia : *Gaceta universitaria; Revista.*

OCÉANIE.

Australie.

ADELAÏDE. — The Institute of medical and veterinary science : *Annual Report of the Council.*

— University : *The australian Journal of experimental Biology and medical science*, A 2589[1].

SYDNEY. — Royal Society of New South Wales : *Journal and Proceedings*, T 390.

Hawaï.

HONOLULU. — Pacific science Association : *Information Bulletin; Papers published in the proceedings of the seventh Congress.*

Philippines (Iles).

QUEZON CITY. — National Research Council of the Philippines : *Bulletin*, N 27 *bis*[B].

Indonésie.

BANDOENG. — *Indonesian Journal for natural Science.*

BOGOR (BUITENZORG). — Botanic gardens : Annales bogorienses; *Bulletin du Jardin botanique*, puis *Reinwardtia*, S 376.

— Museum Zoologicum bogoriense : *Treubia*, T 503 *ter*.

DJAKARTA (BATAVIA). — Department of communications. Meteorological and geophysical service : *Observations made at the Royal magnetic and meteorological observatory*, O 48; *Seismological Bulletin*, E 326.

— Kementerian Perhubungan, Tenaga dan Pekerdjaan Umum. Djawatan meteorologi dan geofisik : *Verhandelingen*, K 80.

— Koninklijk Natuurkundige Vereniging : *Chronica naturae*, N 70.

— Organisatie voor Natuurwetenschappelijke Onderzoek in Indonesie (Organization for scientific research) : *O. S. R. Bulletin*; *O. N. O. Mededeelingen* (*O. S. R. News*); *O N. O. Publicatie* (*O. S. R. Publication*).

Nouvelle-Zélande.

AUCKLAND. — Pacific science Association : *Proceedings of the seventh Pacific science Congress.*

FIN DU TOME DEUX-CENT-TRENTE-QUATRIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JANVIER-JUIN 1952.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 234.

I. — PARTIE SCIENTIFIQUE.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

X

Y

Z

II. — PARTIE ACADÉMIQUE.

A

B

C

D

E

F

H

M

N

O

P

S

U



TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

Y

Z



GAUTHIER-VILLARS,
ÉDITEUR-IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.

143911-54.